

# **AMAIERAKO TXOSTENA 2019KO ABENDUA**

**AZTERLAN EPIDEMIOLOGIKOA,  
GIPUZKOAKO INGURUMEN GUNEKO  
BALORIZAZIO ENERGETIKOKO  
INSTALAZIOARI BURUZKOA  
(2017/11-HH-ZE)**

***1. ILDOA:  
AIREKO KUTSATZAILE  
ATMOSFERIKOEKIKO ESPOSIZIOAREN  
EBALUAZIOA***

## Edukia

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | SARRERA .....  | 8  |
| 1.1.  | Material partikulatua (PM) .....                                     | 8  |
| 1.2.  | Metalak .....  | 10 |
| 1.3.  | Hidrokarburo aromatiko poliziklikoak (HAP) .....                     | 13 |
| 1.4.  | Dioxinak eta furanoak .....  | 13 |
| 1.5.  | Bifenilo polikloratuak (PCB) .....                                   | 14 |
| 1.6.  | Baliokidetasun toxikoen faktoreak (TEF) eta baliokide toxikoak (TEQ) | 15 |
| 1.7.  | Egungo legedia .....   | 16 |
| 2.    | HELBURUAK .....  | 17 |
| 3.    | METODOAK.....  | 18 |
| 3.1   | Azterketa-eremua .....   | 18 |
| 3.2   | Aireko kutsatzaileen hartzea.....                                    | 18 |
| 3.3   | Analisi-metodoa .....  | 19 |
| 3.3.1 | PM <sub>2,5</sub> .....  | 19 |
| 3.3.2 | Metalak .....  | 20 |
| 3.3.3 | HAPak .....  | 21 |
| 3.3.4 | PCDD/Fak eta PCBak.....  | 21 |
| 3.4   | Analisi estatistikoa .....   | 23 |
| 4.    | EMAITZAK.....  | 23 |
| 4.1.  | PM <sub>2,5</sub> .....  | 23 |
| 4.2   | Metalak.....   | 27 |
| 4.3   | HAPak.....   | 37 |
| 4.4   | PCDD/Fak eta PCBak.....  | 46 |
| 5.    | EZTABAIDA .....  | 53 |
| 5.1   | PM <sub>2,5</sub> eta horiei loturiko aztarna-elementuak .....       | 53 |
| 5.2   | PCDD/Fak eta PCBak .....   | 55 |
| 6.    | ONDORIOAK.....   | 58 |
| 7.    | ERRREFERENTZIAK .....  | 59 |

## **ERANSKINAK**

**1.1 ERANSKINA: TEF balioak**

**1.2 ERANSKINA: PM<sub>2.5</sub>, metal eta HAPen emaitzak, Excel formatuan**

**1.3 ERANSKINA: PCDD/Fen eta PCBen emaitzak, Excel formatuan**

**1.4 ERANSKINA: PCDD/Fen eta PCBen emaitzak, PDF formatuan (laborategiak sinatuak)**

**1.5 ERANSKINA: 1. ildoan deskribaturiko PCDD/Fen eta PCBen balio anomaloen azterketa**

**1.6 ERANSKINA: PM<sub>2.5</sub>, metal eta HAPen hartze eta zehaztapenari buruzko informazio osagarria.**

**1.7 ERANSKINA: PM<sub>2.5</sub>, metal eta HAPen emaitzak, PDF formatuan (laborategiak sinatuak)**

## TAULA-AURKIBIDEA:

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 1 taula.  | Urtarrilaren 28ko 102/2011 Errege Dekretua .....   | 16 |
| 2. taula. | PM <sub>2,5</sub> , 2018ko urtarrila-abendua.....  | 25 |
| 3. taula. | PM <sub>2,5</sub> en eta analizaturiko elementu edo konpasatu bakoitzaren kuantifikazio-mugak, azteraldian (2017ko iraila - 2019ko iraila) udalerrri bakoitzean kuantifikazio-mugaren (LOQ) azpitik dauden datuen ehunekoarekin (%) batera.....                    | 26 |
| 4. taula. | Eraginpeko eremuan (Lasarte vs. Usurbil) eta kontrol-eremuan (Ordizia vs. Urretxu) analizaturiko kutsatzaile-mailen arteko konparaketa, eta eraginpeko eremuaren eta kontrol-eremuaren arteko konparaketa, 2017ko irailetik 2019ko irailera bitarteko aldiaren.... | 28 |
| 5. taula. | PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m <sup>3</sup> an eta fgTEQ/m <sup>3</sup> an.....   | 48 |
| 6. taula. | PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m <sup>3</sup> an eta fgTEQ/m <sup>3</sup> an, eraginpeko eta kontrol- eremuetan .....   | 49 |
| 7. taula. | PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m <sup>3</sup> an eta fgTEQ/m <sup>3</sup> an, eraginpeko eremuan: Lasarte eta Usurbil.....  | 50 |
| 8. taula. | PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m <sup>3</sup> an eta fgTEQ/m <sup>3</sup> an, neguan eta udan.....  | 51 |
| 9. taula. | PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoa, fg/m <sup>3</sup> an eta fgTEQ/m <sup>3</sup> an, astegunetan eta astebueruetan.....   | 52 |

## IRUDIEN AURKIBIDEA:

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1. irudia. | PM <sub>2,5</sub> en denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila ..... | 24 |
| 2. irudia. | Metalen korrelazioa, udalerrira.....                                     | 29 |
| 3. irudia. | Artsenikoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....         | 29 |
| 4. irudia. | Barioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....             | 30 |
| 5. irudia. | Kadmioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....            | 30 |
| 6. irudia. | Zerioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....             | 31 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| 7. irudia.  | Zinkaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                  | 31 |
| 8. irudia.  | Kobaltoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....               | 32 |
| 9. irudia.  | Kobrearen denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                 | 32 |
| 10. irudia. | Kromoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                 | 33 |
| 11. irudia. | Burdinaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                | 33 |
| 12. irudia. | Manganesoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....             | 34 |
| 13. irudia. | Merkurioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....              | 34 |
| 14. irudia. | Nikelaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                 | 35 |
| 15. irudia. | Berunaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                 | 35 |
| 16. irudia. | Selenioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....               | 36 |
| 17. irudia. | Paladioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....               | 36 |
| 18. irudia. | Banadioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....               | 37 |
| 19. irudia. | Azenaftenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....            | 38 |
| 20. irudia. | Azenaftilenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....          | 38 |
| 21. irudia. | Antrazenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....             | 39 |
| 22. irudia. | Benzo(a)antrazenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....     | 39 |
| 23. irudia. | Benzo(b)fluorantenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....   | 40 |
| 24. irudia. | Benzo(a)pirenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....        | 40 |
| 25. irudia. | Bezo(g,h,i)perilenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....   | 41 |
| 26. irudia. | Benzo(k)fluorantenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....   | 41 |
| 27. irudia. | Dibenzo(a,h)antrazenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila..... | 42 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| 28. irudia. | Fluorantenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....             | 42 |
| 29. irudia. | Krisenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                 | 43 |
| 30. irudia. | Fenantrenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....              | 43 |
| 31. irudia. | Fluorenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                | 44 |
| 32. irudia. | Indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila..... | 44 |
| 33. irudia. | Naftalenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....               | 45 |
| 34. irudia. | Pirenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.....                  | 45 |

**Jesús Ibarluzea Maurologoitia**

**Ikertzaile nagusia**

**Ingurumen Epidemiologiako eta Haur Garapenako Ikerketa Taldea**

**CIBERESP (Sareko Ikerketa Biomedikoko Zentroa, Epidemiologia eta Osasun Publikoa,  
Carlos III. institutua)**

### LABURPENA

Ikerketa-ildo honen helburua da ebaluatzea eraginpeko eremuko (Usurbil eta Lasarte) eta kontrol-eremuko (Urretxu eta Ordizia) aireak zer kalitate zuen 2017ko irailtik 2019ko irailera bitartean GIGEBI abian jarri aurretik. Guztira,  $PM_{2.5}$  partikulen 2.513 zehaztapen egin dira, metal eta HAPen 2.054 zehaztapen eta dioxina, furano eta PCBen (PCDD/F eta PCB)100 zehaztapen. Aztertutako aldian,  $PM_{2.5}$  partikulen batez besteko mailak  $9.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $10.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $12.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eta  $10.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  izan ziren Lasarten, Usurbilen, Ordizian eta Urretxun, hurrenez hurren. Maila horiek legezko mugaren azpitik zeuden ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), baina Osasunaren Mundu Erakundeak gomendatutakoaren gainetik ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Lasarten izan ezik. Metalei dagokienez, arauturiko elementuak (beruna, artsenikoa, kadmioa eta nikela) legez  $PM_{10}$ etako elementu horietarako ezarritako mugaren azpitik zeuden, Ordizian nikelean izan ezik; izan ere,  $PM_{10}$  partikuletarako zenbatetsitako balioek  $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ ko muga gainditu zuten,  $54.91 \text{ ng}/\text{m}^3$ ko batez besteko balioa zenbatetsita. Bentzo(a)pirenoaren batez besteko maila –arauturiko HAP bakarra– mugaren azpitik zegoen aztertutako 4 udalerrietan, eta aztertutako HAPen balioak, oro har, handiagoak ziren Ordizian gainerako udalerriekin alderatuz gero. PCDD/F eta PCBei dagokienez, eraginpeko eremuko mailak handiagoak ziren kontrol-eremukoak baino ( $13.78 \text{ fgTEQ}/\text{m}^3$  Usurbilen vs.  $4.26 \text{ fgTEQ}/\text{m}^3$  Urretxun), eta urtaroeekin zerikusia zuela ikusi zen; alegia, mailak handiagoak ziren udazkenegutan.

### 1. SARRERA

Airearen kutsadura ingurumen-arrisku garrantzitsua da osasunerako. Osasunaren Mundu Erakundeak (OME) zenbatetsi du kutsadura atmosferikoak urtean bi milioi heriotza goiztiar eragiten dituela, gutxi gorabehera, munduan. Aire-kutsaduraren eraginpean egotea arnasketaren ondoriozko heriotza eta morbiditaterako arrisku handiagoarekin lotu da. 2016an, aire-kalitatearen mailak OMEk gomendaturikoaren gainetik zeuden lekuetan bizi zen munduko biztanleen % 91 inguru. Mundu guztiko hiri- eta landa-eremuetako kutsadura atmosferikoak 4,2 milioi heriotza goiztiar eragiten ditu. OMEren ustez, kutsadura atmosferikoari loturiko heriotza goiztiarren % 58, gutxi gorabehera, kardiopatia iskemikoak eta istripu zerebrobaskularrak eragindakoa zen; heriotzen % 18, berriz, biriketako gaixotasun buxatzaile kronikoak eta arnas infekzio akutua eragindakoa, eta heriotzen % 6, biriketako minbiziak eragindakoa (OME, 2018).

Kutsatzaile atmosferikoen sailkapenean, primarioak eta sekundarioak daude. Primarioek foku igorletik zuzenean igortzen dute atmosferara, hala nola beruna, karbono monoxidoa, sufre oxidoak, nitrogeno oxidoak, hainbat hidrokarburo, besteak beste, hidrokarburo aromatiko poliziklikoak (HAP) eta materia partikulatua (PM) edo PCDD/Fak. Sekundarioak, berriz, atmosferako prozesu kimikoen bidez eratzen dira, kutsatzaile primarioengan edota atmosferako espezie ez-kutsatzaileengan eraginda; esaterako, ozono, peroxiazetilnitrato, sulfato, nitrato edota azido sulfurikoarengan. Kutsadura-iturriak finkoak izan daitezke (energia-instalazioak, industria kimikoak, petrolio-findegiak eta lantegiak), edota mugikorak, hots, garraio mota guztiak eta ibilgailu automotorrak (EEA, 2018).

#### 1.1. Material partikulatua (PM)

Material partikulatua (PM) partikula mikroskopiko solido eta likido guztiak dira, gizakiak eragindakoa edo naturalak, airean eskegita geratzen direnak denbora jakin batean. Primario eta sekundario gisa sailkatzen dira. Primarioak hainbat iturritatik zuzenean atmosferara igortzen direnak dira (adibidez, auto eta kamioien ihes-hoditik ateratzen den ke beltza, kaleetako hautsa). Hiri-eremuetan, iturri nagusia zirkulazioa izaten da, eta, ondoren, industria-jarduera (Querol et al. 2004, 2007, 2008). Sekundarioak atmosferan bertan sortzen direnak dira, aitzindari deituriko materia gaseosoetako erreakzio kimikoen ondorioz. Partikulen gas aitzindari nagusiak sufre dioxidoa (SO<sub>2</sub>), nitrogeno oxidoa (NO<sub>x</sub>), konposatu organiko lurrunkorrak (KOL) eta amoniakoa (NH<sub>3</sub>) dira. Batez ere, sulfato eta nitrato partikulek eratzen dituzte, eta partikula eskegi sekundario organikoak ere bai, konposatu organikoen oxidazio fotokimikotik sortuak. PMen osagai nagusiak sulfatoak,



nitratoak, amoniakoa, sodio kloruroa, kedarra, hauts mineralak eta ura dira. Airean esekita dauden substantzia organiko eta inorganikoetako partikula solido eta likidoen nahasketa konplexua dira. Hala, 10 mikroi edo gutxiagoko diametroa duten ( $\leq PM_{10}$ ) partikulak biriketan sartu eta sakon-sakonean gera daitezke, baina badira beste partikula are kaltegarriago batzuk osasunerako, 2,5 mikroi edo gutxiagoko diametroa dutenak ( $\leq PM_{2.5}$ ), alegia.  $PM_{2.5}$  partikulak biriketako barrera igaro eta odol-sisteman sartu daitezke. Partikulen eraginpean egonez gero, bihotz-hodietako eta arnasketaren gaixotasunak garatzeko arriskua dago, bai eta biriketako minbizia garatzeko ere. Lotura kuantitatibo estua dago partikula txikien ( $PM_{10}$  eta  $PM_{2.5}$ ) kontzentrazio handiaren eraginpean egotearen eta hilkortasuna eta morbilitatea igotzearen artean, egunekoa nahiz epe luzerakoa (Burnett et al., 2014; Schwartz et al., 2018).

Ebidentzia zientifikoaren arabera, epe laburrean  $PM_{10}$ en eraginpean egoteak arnas osasunari eragiten dio; hala ere, epe luzean  $PM_{2.5}$ en eraginpean egonez gero, hiltzeko arrisku handiagoa dago  $PM_{10}$ en eraginpean egonda baino. Epe luzean  $PM_{2.5}$  en eraginpean egotea bihotz-biriketako gaixotasunak eragindako heriotza-arriskua areagotzearekin lotzen da, eta uste da heriotza-tasa % 6 eta % 13 bitartean igotzen dela,  $PM_{2.5}$  partikulak  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  igotzen diren bakoitzeko (Beelen et al., 2008; Krewski et al., 2009; Pope et al., 2002).

Hauk dira  $PM_{2.5}$  partikulen iturri nagusiak (van der Werf et al., 2010):

- Nazioarteko eta nazioko abiazioa
- Itsas-garraioa
- Energia (zentral elektrikoaren industria)
- Industria (fabrikazioa, meatzaritza, metal-zementua, disolbatzaileak)
- Lurreko garraioa.
- Bizitegiak (eraikienak eta ekipoak berotu eta hoztea, eraikienak argizatzea eta hondakinen tratamendua)
- Nekazaritza
- Biomasa erretzea

$PM_{2.5}$  partikulen iturriak asko badira ere, mendebaldeko Europan zirkulazioa da  $PM_{2.5}$  partikula gehien isurtzen duen jarduera (Karagulian et al., 2017).

Aire-kalitateari buruzko Europako egungo zuzentarauak urteko batez besteko kontzentrazio objektibo bat zehazten du:  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Balio horrek neurri handian gainditzen ditu Osasunaren Mundu Erakundeak (OME) segurutzat jotzen dituen mailak; urteko batez besteko  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ko erreferentziako kontzentrazioa zehazten du. Europan, airearen kalitatea monitorizaturiko zenbait lekutan, gainditu egiten da  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ko  $\text{PM}_{2.5}$  partikulen muga-balioa, eta estazio gutxi batzuek soilik betetzen dute, gaur egun, OMEren erreferentzia-balioa. Gainera, hiri-eremuetako  $\text{PM}_{2.5}$  kontzentrazioak, askotan, OMEk emandako erreferentzia-balioak baino askoz handiagoak izan ohi dira.

### 1.2. Metalak

Material partikulatuak hainbat elementu metaliko izan ditzake gainazalean itsatsita, sortu direneko prozesuaren arabera. Hala, partikula horien konposizioak  $\text{PM}_{10}$  eta  $\text{PM}_{2.5}$  partikulen isurpen-iturria adieraz dezake.  $\text{PM}_{2.5}$  partikulei lotutako metalen artean, artsenikoa, kadmioa, nikela eta beruna bakarrik arautzen ditu airearen kalitatea hobetzeari buruzko 102/2011 Errege Dekretuak.

Artsenikoa hainbat prozesu industrialetan erabiltzen da, hala nola aleazioetan, beroaren gogortasuna eta beroarekiko erresistentzia areagotzeko. Beste hainbat lanetarako ere erabiltzen da: beira-mota jakin batzuk egiteko; gailu elektrikoaren osagai; adulterazio-agentetzat, egoera solidoan dauden germaniozko eta siliziozko produktuetan, zeramika-industrian eta klorodun artsenio-gaien fabrikazioan; larrua eta egurra kontserbatzeko; mordentetzat, oihalgintzan; intsektizidatzat (kaltzio artsenitoa eta kupre azetoarsenikoa), herbizidatzat eta hosto-galarazletzat; itsasontzi eta urpeko ontzientzako pinturak egiteko; material pirotekniko eta erdieroaleak egiteko; egurra tratatzeko; animalien pentsuetarako. Artsenikoaren toxikotasuna oso handia da. Toxikotasun akutua erabat aldatzen da osagaia zein den. Digestio-hodian ia erabat xurgatzen da artseniko ez-organikoa, biriketara bezalaxe, inhalazio bidez. Toxikotasun akutua eta toxikotasun kronikoa gain, Minbizia Ikertzeko Nazioarteko Agentziak (IARC) artseniko ez-organikoaren konposatuak biriketako eta larruazaleko kantzerigenotzat sailkatzen ditu. Elementuaren toxikotasuna dela eta, aire-kalitatea hobetzeari buruzko araudian dago sartuta (120/2011 Errege Dekretua).

Kadmioa ere legez arauturiko beste elementuetako bat da, eta gizakiarentzat minbizi-eragile gisa dago sailkatua (IARC, 1998). Kadmioa oso erresistentea da herdoilaren aurrean, eta beste metal batzuen estalketa galvanikorako erabiltzen da, batez ere altzairua eta burdinarekin. Torloju, segurtasun-azkoin, krisketa eta motor-ibilgailuen hainbat zati kadmioarekin tratatzen dira, herdoiletik babesteko. Kadmio-konposatuak plastiko-pigmentu

eta -egonkortzailetzat ere erabiltzen dira (% 30 herrialde garatuetan erabiltzen da) eta aleazio batzuetan (% 3). Kadmio guztiaren % 55 bateria txiki, eramangarri eta birkargagarriak egiteko erabiltzen da (esaterako, sakelako telefonoak). PVCzko plastikoen (polibinilo kloruroa) egonkortzaile termikotzat ere erabiltzen da, pigmentutzat plastiko eta tinduetan, eguzki-zeluletan eta argazkietan, fungizidatzat, pirotekniako koloratzailetzat, eztaintze-disoluzioen osagaitzat, eta mordentetzat, oihalak tindatu eta inprimatzeko.

Nikela ere 102/2011 Errege Dekretuak arautzen du, eta toxikotasunari dagokionez, nikel-konposatuak kantzerigenotzat sailkatu dira gizakiarentzat eta nikel metalikoa, berriz, minbizi-eragile posibletzat. Gauza askotarako erabiltzen da nikela. Merkatuan badira 3.000 nikel-aleazio eta -konposatu baino gehiago. Altzairu herdoilgaitza eta Ni-Cr-Fe aleazio batzuk asko erabiltzen dira korrosioari erresistentea den tresneria egiteko; esaterako, arkitekturarako eta sukaldeko tresneriarako. Ni-Cu aleazioak txanponak egiteko erabiltzen dira eta elikaduraren eta esnekien makineria egiteko ere bai. Imanak eta katalizatzaileak egiteko Ni-Al aleazioak erabiltzen dira. Ni-Cr aleazioak berogailuen elementuetan, gas-turbinatan eta erreazio-motorretan erabiltzen dira, eta nikelaren eta metal preziatuen aleazioak, bitxigintzan. Nikel metalikoak eta haren konposatu eta aleazioak erabilera gehiago ere badituzte: galvanizatzeke erabiltzen dira, zinta magnetikoak eta osagai informatikoak egiteko, arku elektrikozko soldaketarako hagaxkak egiteko, protesi kirurgiko eta hortzetakoak egiteko, nikel-kadmiozko bateriak egiteko, margoen pigmentuetarako, zeramikazko eta beirazko ontzien moldeak egiteko, eta ikatzaren gasifikazioan, berriz, hidrogenazio-erreakzioen katalizatzaileak, sintesi organikoak eta azken urratsa den metanizazioa egiteko.

Beruna da 102/2011 El Errege Dekretuan azkena sartu den metala. Berun metalikoa xafla edo hodi moduan erabiltzen da xaflagarritasun handia eta korrosioari erresistente izatea behar denetan; esaterako, kimika-industrian edo eraikuntzan. Kableak estaltzeko ere erabiltzen da, bai eta soldaketako osagaitzat ere, eta enpastetzat ere bai, automobil-industrian. Erradiazio ionizatzaileen babesgarritzat. Metalizatzeko-prozesuetan, estalki babesgarriak eskaintzen ditu; metagailuak egiteko erabiltzen da, eta termo-tratamendua emateko, hari metalikoak irautzean. Beruna aleazio askotan egoten da, eta haren konposatuak, berriz, industria askotan prestatzen eta erabiltzen dira, kantitate handitan. Berunaren % 40 inguru metal moduan erabiltzen da, % 25, aleazioetan, eta % 35, konposatu kimikoetan. Berun-oxidoak bateria elektrikoaren xaflatan eta metagailuetan erabiltzen dira; nahasgaitzat erabiltzen dira kautxua eta pinturak egiteko; bernizen,

esmalteen eta beiraren osagaitzat; intsektizidatzat; detonazioaren kontrako agentetzat, gasolinatan, legez oraindik onarturik dagoen herrialdeetan. Beruna eta beste metal batzuen aleazioetan, hala nola antimonio, artseniko, eztainu eta bismutoarekin, haien propietate mekaniko edo kimikoak hobetzeko erabiltzen da; era berean, beruna beste aleazio batzuetan ere nahas daiteke, besteak beste, latoi, brontze edo altzairutan, ezaugarri jakin batzuk lortzeko. Gasolinatan egon daitekeen berun organikoaren konposatuen gehienezko kontzentrazioa (alkiloak) legez murriztuta dago herrialde askotan eta, beste batzuetan, fabrikatzaileak mugatzen du gobernuen babespean. Espainian, debekatuta dago berundun gasolinak saltzea estatu osoan, 2001eko abuztuaren 1az geroztik (785/2001 Errege Dekretua).

Metal horiek guztiak asko erabiltzen dira ekoizpen metalurgikoan, beste metal batzuekin, hala nola kobre, zink, burdin, manganeso, bario, kobalto eta banadioarekin batera. Horregatik, metalurgia-industria indartsua den lekuetan, hala nola lan honen azterketa-eremuan, atmosferako PM<sub>2.5</sub> partikulek metal horiek daramatzate loturik. Querol eta kolaboratzaileen azterlan batean (2007) ikusi zen nahiko handiak zirela Cr, Mn, Zn, Mo, Se, Sn eta Pb mailak altzairutegien eraginpean zeuden eremuetan. Gainera, V, Cr eta Ni mailak ere handiak ziren altzairu herdoilgaitza egiten zuten industrien eraginpean zeuden eremuetan.

Kobrea beroaren eta elektrizitatearen eroale ona da, eta, elektrizitatean erabiltzeaz gain, aleazio ez-ferrosoetan ere asko erabiltzen da zink, kromo eta beste metal batzuekin batera. Burdina, batez ere, altzairua ekoizteko erabiltzen da, eta oso garrantzitsua da metalurgia-sektorean. Zinka ere erabiltzen da aleazio ferrosoetarako; izan ere, korrosioari erresistente denez, altzairua babestu egiten du galvanizazio bidez. Manganesoa aleazio-agentetzat erabiltzen da altzairu bereziak, aluminioa eta kobrea egiteko. Banadioa, batez ere, ferrobanadio moduan erabiltzen da; zuzenean, batez ere, abiadura handiko altzairuak eta altzairuzko lanabesak egiteko erabiltzen da. Selenioa, nagusiki, korrante alternoa korrante zuzen bihurtzen duten artezgailuetan erabiltzen da, nahiz eta altzairu herdoilgaitzaren eta kobreaken aleazioetan ere erabiltzen den. Barioa nikel-bariozko piezak egiteko aleazioetan erabili ohi da, automobilen pizte-sistamarako, eta beira, zeramika eta telebistetako irudi-hodiak egiteko ere erabiltzen da.

Zirkulazioa ere metalen iturri nagusietako bat da hiri-eremuetan, Ni, Cu, Cr, Pb, Zn eta Hg egoten baitira (Johansson et al., 2008). Mn isurle ere bada, fuel-oilari nahasten baitzaio keak

inhibitzeko gehigarritzat, eta gasolinatan, detonazioaren kontrako gehigarritzat. Paladioa bihurtzeko katalitikoetan erabiltzen da, autoen ihes-gas kaltegarriak murrizteko.

### 1.3. Hidrokarburo aromatiko poliziklikoak (HAP)

Hidrokarburo aromatiko poliziklikoak konposatu kimikoen multzo handia dira eta karbono eta hidrogeno atomoz osatuta egotea dute ezaugarri, hain zuzen ere, bospasei karbono atomodun eraztunak osatuz. Ikatx, olio, gas, egur, etxeko hondakin, eta, oro har, jatorri organikoko substantziak erabat ez erretzean sortzen dira. Modu naturalean egoten dira petroliotan, ikatxetan, mundrun-deposituetan, eta erregai fosil nahiz biomasa erabiltzetik sortutako produktuetan. Konposatu horiek gehienak lurrunkorak dira eta, isurpen-fokutik distantzia luzeetara joan daitezke partikula finetan adsorbaturik.

HAPen isurpen-iturri nagusiak zirkulazioa eta hiri-eremuetako berogailuak dira, eta, eremu industrialetan, industria bera ere bai. Gipuzkoan egindako azterlan batean ikusi zen HAPen isurpen-iturri nagusia industria zela, nahiz eta zirkulazioaren erasana ere ezin bazter zitekeen (Villar-Vidal et al., 2013).

Kantzerigeno izan daitezkeen 100 HAP inguru identifikatu dira. Indarrean den araudiak muga-balioak jasotzen ditu benzo(a)pirenorako, gizakientzat kantzerigenotzat sailkatu baitu (1. multzoa) Minbiziaren Ikerketarako Nazioarteko Agentziak (IARC). Hala ere, aireko hainbat HAPen nahasketa aldatu egiten da urtaroaren eta geografiaren arabera; beraz, Europako Batzordeak egoki jo du beste HAP konposatu batzuk ere monitorizatzea, aldiro-aldi (Europako Batzordea, 2001).

### 1.4. Dioxinak eta furanoak

Dioxinak eta dioxina-jardura daukaten konposatuak (“dioxin-like” ingelesez) konposatu organiko iraunkorren (POP ingelesez) taldean sartzen diren substantziak dira. Bi bentzeno-eraztunaz osatuta daude, eta kloro-elementuak daukate eraztunetan. Eratzun aromatikoetako klorazio-mailari eta kloro-atomoen kokalekuari esker, dibenzoparadioxina polikloratuen (PCDD) 75 kide eta dibenzofurano polikloratuen (PCDF) 135 kide zehazten dira.

- Dibenzop-dioxina polikloratuak (PCDD), edo dioxinak. PCDDak dibenzop-dioxinen deribatuak dira. PCDDen 75 kide daude, kloro-atomoen kopuru eta kokapen desberdinekin. Horietako zazpi konposatu bereziki toxikoak dira,

2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD eta OCDD.

- Dibenzofurano polikloratuak (PCDF) edo furanoak. PCDFak dibenzofuranoen deribatuak dira. 135 isomero daude, eta hamarrek dioxinen antzeko propietateak daukate: 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF eta OCDF.

Dioxina eta furanoak konposatu oso egonkorak dira tenperatura handitan, oso lipodisolbagarriak, disolbagaitzak uretan eta biodegradatzen zailak. Ezaugarri fisiko-kimiko horiek direla eta, konposatu hauek izaki bizidunetan biometatzeko ahalmen handia dute, zehazki gantz-ehunetan, eta, beraz, elikadura-katean sartu eta metatu egiten dira.

Errekuntza da dioxina eta furanoen ingurumen-iturri nagusia (Zook eta Rappe, 1994). Errekuntza-prozesuetan sortzen dira, besteak beste: hondakinak erraustea (adibidez, udal-hondakin solidoak, araztegiko lokatza, medikuntza-hondakinak eta hondakin arriskutsuak), hainbat erregai erretzea (adibidez, ikatza, egurra eta petrolio-deribatuak), tenperatura handiko beste iturri batzuk (adibidez, zementu-labeak) eta kontrolik gabeko errekuntza-iturriak (adib. basoko suteak, sumendien erupzioak, eraikinetako suteak eta etxeke egurra) (Clement et al., 1985; EPA, 2000; Thoma, 1988; Zook eta Rappe, 1994). Galdategi eta findegiak ere dioxinen eta furanoen iturri dira. Burdina-minerala bereizteko, altzairua egiteko eta txatarra berreskuratzeko prozesuetan ere dioxina sortzen da. Galdaketa sekundarioak eta ferrosoak ez diren metalen finketak (aluminio, kobrea, berun eta zinkaren) ere sor ditzake dioxinak eta furanoak, organiko ezpuruak erretzen direlako (plastikoa, pinturak eta disolbatzaileak) galdatze-prozesuetan erabilitako metaletan eta klorodun produktu kimikoetan (sodio kloruroa eta potasio kloruroa) (Aittola et al., 1992; EPA, 1987, 1997). Gainera, burdina galdatzen eta kokea ekoizten ere dioxinak isurtzen dira, kloroa eta beste konposatu organiko batzuk sortzen direlako hautsaren eta beste fabrikazio-prozesu batzuetatik birziklaturiko hondakinen bidez (Lahl, 1993, 1994; Lexen et al., 1993; Rappe, 1991). Kimika-industriari dagokionez, papera egiteko egur-mamia zuritzeko prozesuan, kloroa eta kloro-deribatuak fabrikatzean eta produktu kimiko organiko halogenatuak fabrikatzean ere (pestizida batzuk, esaterako) dioxinak sortzen dira.

### 1.5. Bifenilo polikloratuak (PCB)

PCBak edo bifenilo polikloratuak konposatu organiko iraunkorak dira, eta PCDDak/PCDFak bezalaxe, errekuntza erabatekoa ez den prozesuetan askatzen dira kloroa

dagoenean. Bi bentzeno-eraztunez osatzen dira, non kloro-atomoz ordez daitezkeen hidrogeno-atomo bat edo gehiago. 209 kide daude, 2 kategoriatan sailkatuta, dauzkaten propietate toxikologikoen arabera: horietako 12k dioxinen antzeko propietate toxikologikoak daukate, eta “dioxina-jardueradun” PCBak deitzen zaie (“dioxin-like” PCB, ingelesez, edo dl-PCB): PCB-77; PCB-81; PCB-126; PCB-169; PCB-105; PCB-114; PCB-118; PCB-123; PCB-156; PCB-157; PCB-167 eta PCB-189. Gainerako PCBek ez daukate horrelako toxikotasunik, beste profil toxikologiko bat baizik (PCB non dioxin-like). Gaur egun debekatuta egon arren PCBak sortzea herrialderik gehienetan, historikoki asko erabili direnez (isolatzaile dielektrikotzat, sugarraren moteltzailatzat, eranskailu, tindu, pintura, pestizida eta materialen hainbat estalgarritan), gaur egun, oraindik, ingurumenera isurtzen ari dira, PCBdun produktuak erabiltzeagatik, konposatu horiekin kutsaturiko lekuetako isurpenengatik, eta, errekuntza-prozesuengatik ere bai.

#### 1.6. Baliokidetasun toxikoen faktoreak (TEF) eta baliokide toxikoak (TEQ)

Dioxinen nahasketen toxikotasun osoa ebaluatzeko (PCDD/PCDF eta dl-PCB), “baliokidetasun toxikoen faktore” (TEF ingelesez) izenekoak ezarri dira (1.1 ERASNKINA). Horien bidez, toxikotasun gutxienerako dioxin-like konposatuak kide toxikoenaren kopuru baliokidea aintzat hartuta adierazten dira (2,3,7,8-TCDD), eta 1eko balioa esleitzen zaio arbitrarioki; beraz, erreferentziatzat erabiltzeko konposatua izango da, gainerako dioxinei toxikotasun-maila esleitzeko.

Dioxinen antzeko substantzien nahasketen toxikotasun osoa adierazteko, baliokide toxikoak (TEQ) erabiltzen dira; balio hori kalkulatzeko, kide bakoitzaren (TEFi,j) TEFa nahasketan duen kontzentrazioaz biderkatzen da, eta horien baturak emango du balioa. Hauxe da formula:

$$TEQ = \sum (TEFiPCDD \cdot CiPCDD + TEFjPCDF \cdot CjPCDF + \dots)$$

TEQ metodoa, soil-soilik, Ah (aryl hidrocarbon, ingelesez) zeluletako hartzaileekin izandako interakzioetatik sorturiko ondorio kaltegarriari buruzkoa da (adibidez, minbizia). Metodo horrek ez du kuantifikatzen dioxinen eta dioxina-jardueradun konposatuen beste ondorio toxikorik. Azken urteetan, TEF asko erabili dira dioxinen/furanoen eta PCBen nahasketetako TEQ kalkulatzeko; beraz, PCDD/F eta PCB kontzentrazioak iTEQ edo WHO-TEQ moduan adierazita ikusiko ditugu literaturan. Hala, iTEQ edota nazioarteko baliokide toxikoa (I-TEQ) Ipar Atlantikoko Itunaren Erakundeak (NATO) sortu zuen estreinakoz, 1989an, eta gerora zabaldu eta eguneratu egin da. WHO-TEQ berriagoa da, eta Munduko

Osasun Erakundeak iradokia. iTEQ balioak WHO-TEQ balioak baino % 10 inguru handiagoak dira.

### 1.7. Egungo legedia

Espanian, aire-kalitateari buruz indarrean dagoen legedia urtarrilaren 28ko 102/2011 Errege Dekretua da, airearen kalitatea hobetzeari buruzkoa. Araudi horretan daude ezarrita osasuna babesteko muga-balioak, hain zuzen ere atmosferako kutsatzaile jakin batzuk eduki beharrekoak, besteak beste,: PM<sub>10</sub> eta PM<sub>2.5</sub> material partikulatuek, berunak, nikelak, artsenikoak, kadmioak eta benzo(a)pirenoak. Hauek dira araudiak ezarritako muga-balioak:

1. taula. 102/2011 Errege Dekretua, urtarrilaren 28koa.

| PM <sub>2.5</sub>                               |                        |                                       |                             |
|---|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|   | Batezbestekorako aldia | Balioa                                | Muga-balioa betetzeko eguna |
| Urteko muga-balioa (I. fasea)                   | Urtebete zibila        | 25 µg/m <sup>3</sup>                  | 2015eko urtarrilaren 1a     |
| Urteko muga-balioa (II. fasea)                  | Urtebete zibila        | 20 µg/m <sup>3</sup>                  | 2020ko urtarrilaren 1a      |
| Beruna  |                        |                                       |                             |
|   | Batezbestekorako aldia | Balioa                                | Muga-balioa betetzeko eguna |
| Urteko muga-balioa                              | Urtebete zibila        | 0,5 µg/m <sup>3</sup>                 | 2015eko urtarrilaren 1a     |
| Artsenikoa, kadmioa, nikela eta benzo(a)pirenoa |                        |                                       |                             |
|   | Batezbestekorako aldia | Balio objektiboa PM <sub>10</sub> ean | Muga-balioa betetzeko eguna |
| Artsenikoa (As)                                 | Urtebete naturala      | 6 ng/m <sup>3</sup>                   | 2013ko urtarrilaren 1a      |
| Kadmioa (Cd)                                    | Urtebete naturala      | 5 ng/m <sup>3</sup>                   | 2013ko urtarrilaren 1a      |
| Nikela (Ni)                                     | Urtebete naturala      | 20 ng/m <sup>3</sup>                  | 2013ko urtarrilaren 1a      |
| Benzo(a)pirenoa (B(a)P)                         | Urtebete naturala      | 1 ng/m <sup>3</sup>                   | 2013ko urtarrilaren 1a      |

PCDD/PDDF eta PCBei dagokienez, ezarri gabe daude konposatu horietarako immisioko muga-balioak. Hala ere, isurpen-balioak ezarrita daude, araudi honetan: 94/67/CE Zuzentaraua, Kontseiluarena, 1994ko abenduaren 16koa, hondakin arriskutsuak errausteari buruzkoa. Arau horren arabera, gutxienez 6 orduko eta gehienez 8 orduko laginketaldi batean neurturiko batez besteko balio guztiek ezin izango dute gainditu 0,1 ng/m<sup>3</sup>-ko (iTEQ) muga-balioa . Muga-balio hori neurtzeko, dioxina eta furanoen kontzentrazio indibidualak batzen dira, isuritako konposatuei dagokien TEF aplikatuta.



## 2. HELBURUAK

Ikerketa-ildo honen helburua eraginpeko eremuko (Usurbil eta Lasarte) eta kontrol-eremuko (Urretxu eta Ordizia) aireak zer kalitate zuen ebaluatzea da, 2017ko irailetik 2019ko irailera bitartean, GIGEBI abian jarri aurretik.

### 3. METODOAK

#### 3.1 Azterketa-eremua

Azterlana Gipuzkoako bi eremutan egin zen: bata, GIGEBIren eraginpekoa edo esposiziopekoa, eta, bestea, kontrol-eremua edo GIGEBIren eraginik gabeko erreferentzia. Lehenengo eremuan Usurbil eta Lasarte udalerriak aukeratu ziren; bigarreanean, berriz, Urretxu eta Ordizia.

#### 3.2 Aireko kutsatzaileen hartzea

Egunero hartu ziren aireko PM<sub>2.5</sub> partikulak, 2017ko irailetik 2019ko irailera bitartean, Usurbil, Lasarte, Urretxu eta Ordizian, bolumen handiko DIGITEL hargailu bidez.

Hargailuak, aire-kalitatearen puntu adierazgarrietan (immisio-maila) jarri ziren, zeinaren eraginpean baitaude aztertu beharreko udalerrietako biztanleak, kutsatzaileen isuri-iturri zuzenak bazter utzita. Aire-hartzea galaraz zezaketen oztopo fisikorik gabeko lekuetan jarri ziren. Kokapenak:

- Lasarte: osasun-zentroko teilatu lauan (43°16'03''N - 02° 01'08''W)
- Usurbil: Udarregi ikastolako teilatu lauan (43° 16' 22''N - 02° 03'03''W)
- Ordizia: Jakintza eskolako lorategian (43° 03' 07''N - 02° 10'15''W)
- Urretxu: liburutegiaren atzealdean (43° 05' 38''N - 02° 18'53''W)

Aire-laginetan, aztarna-elementu hauek kuantifikatu ziren: artsenikoa (As), kadmioa (Cd), kromoa (Cr), kobrea (Cu), merkurioa (Hg), manganesoa (Mn), nikela (Ni), zinka (Zn), beruna (Pb), burdina (Fe), selenioa (Se), barioa (Ba), banadioa (V), kobaltoa (Co), zerioa (Ce) eta paladioa (Pd).

Hidrokarburu aromatiko polizikloekoi dagokienez, EPAk (2014) lehentasunezko kutsatzaileztat jotako 16 HAPak zehaztu dira: naftalenoa, azenaftalenoa, azenaftenoa, fluorenoa, fenantrenoa, antrazenoa, fluorantenoa, pirenoa, benzo[a]antrazenoa, krisenoa, benzo[b]fluorantenoa, benzo[k]fluorantenoa, benzo[a]pirenoa, dibenzo[a,h]antrazenoa, benzo[g,h,i]perilenoa, indeno[1,2,3-c,d] pirenoa.

Dioxina/furano eta PCBak eraginpeko eremuan nahiz kontrol-eremuan hartu ziren. Kontrol-eremuan, Urretxu aukeratu zen laginketetarako, PCDD/Fak isurtzen zituen industriarik ez zegoelako, Espainiako PRTRk zioenez. Eraginpeko eremuari dagokienez,

2017-2018ko udazken-neguetan bi udalerrietan (Lasarte eta Usurbil) egin ziren hartzeak, konposatu horien arteko desberdintasunak detektatzeko. Usurbilen PCDD/Fak isurtzen dituen industria dagoenez eta ahalik eta agertoki okerrera aplikatuz (*worst case scenario*, ingelesez), udalerrri hori aukeratu zen laginketak hartzeko 2018ko udaberritik aurrera.

Hartzeetarako, poliuretano-aparrezko iragazkiak (PUF) erabili ziren (10 cm-ko diametroa x 10 cm-ko luzera), DIGITEL hargailuetan jarrita, eraginpeko eremuan, Usurbilen eta Lasarten, eta kontrol-eremuan, Urretxun.

Urteko hainbat alditan egin ziren hartzeak, zehazki, udaberri-udatan eta udazken-negutan, urtarokako aldakortasuna erregistratzeko. Urtarokako aldakortasunaz gain, industriak aireko PCDD/Ftan zuen eragina ikusteko, bi lagin desberdin hartu ziren astean zehar: bata, astegunetan (astelehenik ostiralera) eta, bestea, jaiegunetan (larunbat-igandeetan).

Kide hauek zehaztu ziren laborategian: 2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OCDD; 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OCDF; PCB-77; PCB-81; PCB-126; PCB-169; PCB-105; PCB-114; PCB-118; PCB-123; PCB-156; PCB-157; PCB-167 eta PCB-189.

### 3.3 Analisi-metodoa

#### 3.3.1 PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>2.5</sub> partikulen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoko Sailean egin ziren.

Material partikulatua (PM<sub>2.5</sub>) erreferentziatzeko metodoaren arabera zehaztu zen (14907 UNE-EN araua). Metodo horrekin, giro-airearen laginak hartzen dira 24 orduan, emari finkoarekin beti, eta iragazkian geratzen da material partikulatua. Ebakitze-buru batek hautatzen du interesatzen zaigun material partikulatuaren frakzioa. Neurketa-prozesu guztiaren espezifikazio zehatz eta xehatua UNE-EN 14907 araua aintzat hartuta egin da. Arau hori betetze aldera, zabaldua eduki ziren iragazki garbiak 48 orduan, balantza-gelan, 20°C-tan (1°C ±) eta % 45-50eko hezetasun erlatiboarekin, pisatu aurretik. Iragazkia pisatu eta gero, hargailuan jarri zen, eta 24 orduan biltzen jardun ondoren, jaso. Emari-neurgailuaren azken kontagailuko balioa eta laginketaldiko egoera meteorologikoa erregistratu ziren.

Iragazki garbia bezala jarri zen, hots, 48 orduan, balantza-gelan. Onarpen-irizpide berak erabilia erregistratu ziren pisaketak. Amaierako pisua (Ap), hasierako pisura (Hp) eta hartutako airearen bolumena (V) ezagututa zehazten zen materia partikulatuaren (PM<sub>2,5</sub>) kontzentrazioa, µg/m<sup>3</sup>-tan adierazita, ekuazio honekin:

$$C = (A_p - H_p) / V \times 10^6$$

Analisi instrumentalerako ekipoa mantendu, egiaztatu eta kalibratzeko lanak eta saiakuntza fisiko-kimikoak egiteko, Kalitatearen Kudeaketa Sistema (ISO 17025) baliatu zen. Metodoak baliozkotzeko Erreferentziako Material Egiaztatuak erabilia, saiakuntzen zehaztasun-, doitasun- eta ziurgabetasun-irizpideak ezar daitezke. 1.6 ERANSKINean begiratu daitezke hargailuei buruzko espezifikazioak, kuantifikazio-mugak eta ziurgabetasun-balioak.

Oharra: datuak interpretatzerakoan, kontuan hartu behar da Aire-kalitatearen Sarearen neurketa-sistema automatikoen (NSA) UNE-EN 16450 arauan ezarritako irizpideei jarraitzen dietela. Horregatik, zuzenketa-faktorea aplikatu behar da neurketa horietan, aintzat hartuta, betiere, Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen eta Lurralde Politika Sailak argitaratutako gida: "GUIA PARA LA INTERCOMPARACIÓN DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS PM10 Y PM2,5 CON EL MÉTODO DE REFERENCIA. CALCULO DE LA FUNCIÓN DE CORRECCIÓN".

[https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/factor\\_corrector\\_particulas/es\\_def/adjuntos/factor\\_corrector\\_guia.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/factor_corrector_particulas/es_def/adjuntos/factor_corrector_guia.pdf)

Faktore zuzentzailea kalkulatzeko prozesuan dauden ingurumen-estazioetan, hala nola Beasaingo, Zumarragako eta Añorgako estazioetan, 1,2ren baliokidea den faktorea aplikatu behar da. Faktore horiek jartzen dira Ingurumen Ministerioak hala adierazi duelako, Europar Batasuneko herrialde kideetako hainbat eskualdetan azterketa bat egin eta gero.

### 3.3.2 Metalak

PM<sub>2,5</sub>etako metalen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoko Sailean egin ziren.

PM<sub>2,5</sub>etako metalen edukia erreferentziako metodoaren arabera zehaztu da (UNE-EN 14902 araua). Elementu metalikoen kontzentrazioak zehazteko, inguru azidoan digeritu zen iragazki bakoitza. Ondoren, % 65eko azido nitrikoaren 5 ml nahastu ziren. Gero, iragazkiaren digestioa egin zen 220°C-tan, 20 ordu inguruan digestore batean. Etzate-denbora igaro eta lagina hoztu ondoren, iragazi eta garbitu egin zen, 4 aldiz gutxienez, ur ultra garbiarekin.

Iragazia 25 ml-ko matrize aforatu batean jaso zen, eta aurreko disoluzioaren alikuota bat masa-espektrometria bidez aztertu da Akoplamendu Induktiboko Plasmarekin (ICP-MS Agilent 7500a), hain zuzen ere, solido disolbatuei tolerantzia handia dien Babington langargailuarekin; talka-gelaxka ere erabili da, interferentzia poliatomikoak ezabatzeko; eta, Shieldtorch, matrizearen haustura eta atomo ionizatuen populazio handiagoa lortzeko diseinatua, tenperatura txikitan lan egiteko (plasma hotza).

Analisi instrumentalerako ekipoak mantendu, egiaztatu eta kalibratzeko lanak eta saiakuntza fisiko-kimikoak egiteko, Kalitatearen Kudeaketa Sistema (ISO 17025) baliatu zen. Metodoak baliozkotzeko Erreferentziako Material Egiaztatuei esker, saiakuntzen zehaztasun-, doitasun- eta ziurgabetasun-irizpideak ezar daitezke.

1.6 ERANSKINean begiratu daitezke espezifikazioak, kuantifikazio-mugak eta ziurgabetasun-balioak.

### 3.3.3 HAPak

PM<sub>2,5</sub>etako HAPen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoaren Sailean egin ziren.

HAPen edukia erreferentziako metodoaren arabera (UNE-EN 16362 araua) zehaztu zen. HAPak erazteko, mikrouhin-labea erabili zen (MAE) azetonitriloarekin, erazkinaren amaierako bolumena 1mL izatera arte. Analisia egiteko, bereizmen handiko likido-kromatografia erabili da (UPLC-HCLASS de Waters), fluoreszentsia-detektagailuarekin eta array-diodoarekin. Ihintzatzaile sistema kuaternarioa eta injekzio zuzeneko laginketa dauzka, efikazia handiko bereizketak egiten laguntzeko.

Analisi instrumentalerako ekipoak mantendu, egiaztatu eta kalibratzeko lanak eta saiakuntza fisiko-kimikoak egiteko, aintzat hartu da Kalitatearen Kudeaketa Sistema (ISO 17025). Metodoak baliozkotzeko Erreferentziako Material Egiaztatuei esker, saiakuntzen zehaztasun-, doitasun- eta ziurgabetasun-irizpideak ezar daitezke.

1.6 ERANSKINean begiratu daitezke espezifikazioak, kuantifikazio-mugak eta ziurgabetasun-balioak.

### 3.3.4 PCDD/Fak eta PCBak

CSICeko Kimika Organiko Orokorreko Institutuan egin ziren zehaztapenak.

Iragazkiak PCBen eta PCDD/Fen 13C-rekin markaturiko disoluzio estandarrekin tratatu ziren, labur-labur (Kanadako Guelpheko Wellington laborategietako P48-M, W-ES, MBDE-

MXG eta EN1948-ES disoluzioak). Ondoren, Soxhlet erauzi zen n-hexanoaren ~ 200 ml-rekin: diklorometanoa (9:1), 24 ordutan. Hurrengo garbiketa egiteko, "dioxinak prestatzeko Supelcoren sistema- Florisil bertsioa" erabili zen; PCDD/Fen edukia frakzio batean jaso zen, eta gainerako analitoak, bigarrean. GC-HRMSk hemezortzi PCB (6 adierazle: PCB 28, 51, 101, 138, 153, 180 eta dioxinen edo dl-PCBen antzeko 12 kide: PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189), eta hamazazpi PCDD/F (2,3,7,8-kideak ordeztuta: 2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OCDD; 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OCDF) kuantifikatu zituen, Trace GC Ultra izeneko gasen kromatografo batekin (Thermo Fisher Scientific, Milan, Italia), bereizmen handiko masa-espektometroari akoplatuta (DFS, Thermo Fisher Scientific, Bremen, Alemania). Ionizazio elektronikoa (EI+) ioiak monitorizatzeko aukeratutako moduan erabili zen (SIM), 10,000ko erresoluzio-potentzian. Kuantifikazioa egiteko, diluzio isotopikoaren teknika erabili zen. Aplikaturiko QA/QC protokoloetan sartuta zegoen laborategiko xede baten analisia egitea ere, tratamendu analitikoaren urrats guztiak betetzen dituzten bost lagineko lote bakoitzetik. Analisi-prozedura osoan minimizatu egin zen UV argiaren eraginpean egotea.

Analitoen kontzentrazioaren balioa kalkulatzeko, 3 modu erabili ziren analitoaren kontzentrazioa kuantifikazio-muga baino txikiagoa zenetan:

- Lowerbound edo "beheko muga": beren LOQen azpitik dauden analitoen balioetan, zero jarrita neurturiko kantitatea.
- Medianbound: bere LOQaren azpitik dauden analitoen balioetan, LOQ hori zati bi egin (LOQ/2) eta ateratzen den balioa jarrita neurturiko kantitatea.
- Upperbound edo "goiko muga": bere LOQaren azpitik dauden analitoen balioetan, LOQ horren balioa jarrita neurturiko kantitatea.

Azkenik, emaitzak TEQ moduan adierazi ziren tauletan, 2005ean OMEk emandako TEQ erabilita. (ikus TEFak 1.1 eranskinean). Baina balioakide toxikoak ere kalkulatu ziren, OMEren 1998ko I-TEF eta TEF bidez (ikus 1.3 eranskina), azterlan honen eta aurretik argitaratutako azterlan zientifikoaren emaitzak erkatzeko.

TEQ balioak "goiko muga" edo upperbound-en kalkulatu ziren, kuantifikazio-mugaren balioa (LOQ) esleituta detektatu gabeko kideei edota LOQren azpitik zeudenei.

### 3.4 Analisi estatistikoa

R pakete estatistikoaren bidez egin ziren analisi estatistikoak.

PM<sub>2.5</sub>en eta partikulei loturiko aztarna-elementuen analisia egiteko, batez besteko balioak kalkulatu ziren (batezbesteko aritmetikoa), % 95eko konfiantza-tartea (KT%95) emanda kutsatzaile jakin bakoitzari. Balioak kuantifikazio-mugaren (LOQ) azpitik zeuden kasuetan, LOQren erdiaren balioa erabili zen. PM<sub>2.5</sub>en, metalen eta partikulei loturiko HAPen kasuan, batezbestekoen konparazioa azterketa-eremu bakoitzeko udalerrien artean (Lasarte vs. Usurbil, eraginpeko eremukoak, eta Ordizia vs. Urretxu kontrol-eremukoak) eta azter-eremuen artean (eraginpekoak vs. Kontrol-eremukoak) egin zen. Baina kontrol-eremuko udalerrien arteko desberdintasunak ikusita, eraginpeko eremua erkatzeko, banaka hartu zen kontrol-eremuko udalerrri bakoitza (eraginpeko eremua vs. Ordizia eta eraginpeko eremua vs. Urretxu). Aldeak estatistikoki esanguratsuak izan ziren KT%95eko artean elkar estali ez zuten kasuetan.

PCDD/Fen eta PCBen kasuan, batez besteko aritmetikoak (KT%95) (azterlanean *batezbesteko* deiturikoa), batezbesteko geometrikoak (BG)(KT% 95) eta medianak, 25 eta 75 pertzentilekin, kalkulatu ziren. Hiru parametroak kalkulatu ere, datuen banaketa ez zenez normala izan, estatistikoki esanguratsuak diren aldeak (letra lodiz adierazita) BGenak dira PCDD/Fei eta PCBei buruzkoetan. Tauletan, "goiko muga" edo upperbound hurbilketarekin kalkulatuak konposatuen kontzentrazioak sartu ziren, izan daitezkeen baliorik altuenak dira eta. Aldeak estatistikoki esanguratsuak izan ziren KT%95eko tartean elkar estali ez zuten kasuetan.

Urteko garaien arteko balioen konparazioa egiteko, datudun garaiak soilik hartu ziren kontutan, eraginpeko eremuko nahiz kontrol-eremuko datuak baldin bazeuden. Horregatik, ez ziren kontuan hartu 2017-2018ko udazken-neguetako datuak, Urretxuko daturik ez zegoelako.

## 4. EMAITZAK

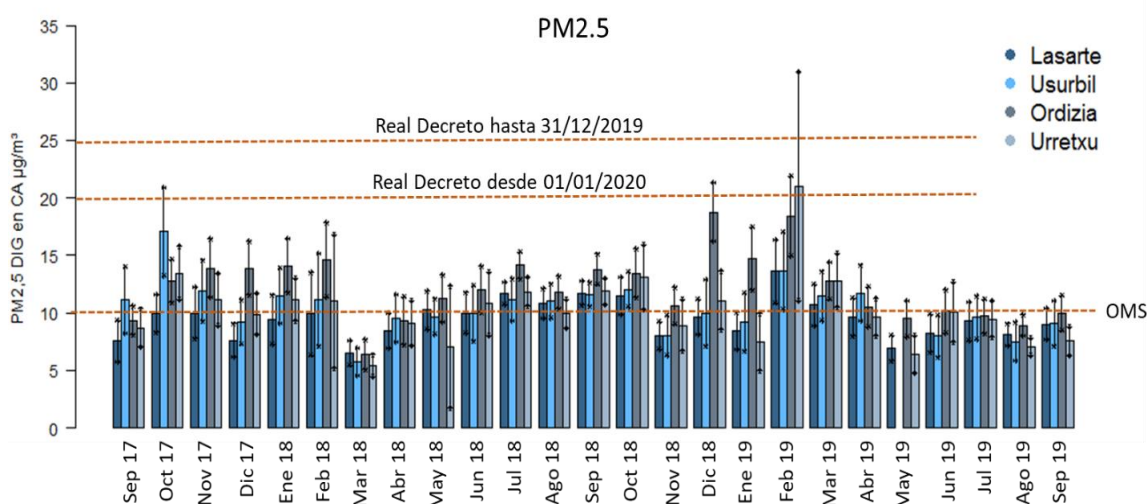
### 4.1. PM<sub>2.5</sub>

Guztira, aireko PM<sub>2.5</sub> partikulen kontzentrazioa 547 egunekoa dela ikusi da Urretxun; 724 egunekoa, Ordizian; 544 egunekoa, Usurbilen, eta 698 egunekoa, Lasarten (ikus 1.2 ERANSKINA).

PM<sub>2.5</sub> partikulen kontzentrazioa (batezbestekoa [KT% 95]) hauxe izan zen, hurrenez hurren, Lasarten, Usurbilen, Ordizian eta Urretxun: 9.56 [9.22; 9.89] µg/m<sup>3</sup>, 10.58 [10.09;

11.07]  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 12.20 [11.77; 12.63]  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eta 10.15 [9.67; 10.62]  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Balioak esanguratsuki handiagoak izan ziren Usurbilen, Lasarterekin konparatuta, eta Ordizian, Urretxurekin konparatuta. Ordiziako kontzentrazioa handiagoa izan zen eraginpeko eremukoa baino (12.20 [11.77; 12.63]  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vs. 10.01 [9.72; 10.29]  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

PM<sub>2.5</sub> partikulen balio maximoak hauek izan ziren: Lasarten 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Ordizian 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Urretxun 68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eta Usurbilen 56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kontzentrazio horiek handiagoak dira 102/2011 Errege Dekretuan PM<sub>2.5</sub> partikuletarako jasotako urteko muga-balioa baino (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hala ere, aztertutako 4 udalerrietan ikusitako batez besteko mailak legezko mugaren azpitik egon ziren azterketaldi osoan. Dena den, PM<sub>2.5</sub> balioak handiagoak izan ziren OMEk gomendaturiko muga baino (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Lasarten izan ezik, gainerako udalerrri guztietan.



**1. irudia.** Aireko PM<sub>2.5</sub> kontzentrazioa ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 2017ko irailetik 2019ko irailera bitartean. 102/2011 Errege Dekretuan jasotako eta OMEk gomendatutako muga-balioak adierazten dira.

102/2011 Errege Dekretuaren arabera, PM<sub>2.5</sub> en urteko batez besteko balioak urte zibilekoak izan behar dute (urtarrila-abendua). 2017ko irailetik 2019ko irailera bitartean egindako azterlan honek urte zibil bat du, 2018koa, non PM<sub>2.5</sub> partikulen batez besteko balio hauek ikusi ziren: Lasarten 9.93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Ordizian 12.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Urretxun 10.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eta Usurbilen 10.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2. taula). Ez zen urtarokotasun argirik ikusi, PM<sub>2.5</sub> partikulen kontzentrazioari dagokionez, aztertutako udalerrietan.



2. taula.  $PM_{2.5}$ , 2018ko urtarrila-abendua.

| Batezbestekoa<br>(%95KT)            | 2018ko urtarrila-abendua (urte zibila) |                     |                    |                    |
|-------------------------------------|--|---------------------|--------------------|--------------------|
|                                     | Lasarte                                | Ordizia             | Urretxu            | Usurbil            |
| N                                   | 335                                    | 345                 | 272                | 221                |
| $PM_{2.5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 9.93 [9.45;10.40]                      | 12.56 [11.93;13.19] | 10.32 [9.72;10.91] | 10.32 [9.70;10.93] |

**3. taula.** PM<sub>2,5</sub>en eta analizaturiko elementu edo konpasatu bakoitzaren kuantifikazio-mugak, udalerrri bakoitzean kuantifikazio-mugaren (LOQ) azpitik dauden datuen ehunekoarekin (%) batera, azteraldian (2017ko iraila - 2019ko iraila).

|   | Lasarte<br>N=698 |       |         |         | Ordizia<br>N=724 |         |         | Urretxu<br>N=547 |         |         | Usurbil<br>N=544 |         |         |
|---|------------------|-------|---------|---------|------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
|   | LOQ              | %LOQ  | minimoa | maximoa | %LOQ             | minimoa | maximoa | %LOQ             | minimoa | maximoa | %LOQ             | minimoa | maximoa |
| PM <sub>2,5</sub> CA µg/m <sup>3</sup>                      | <4               | 0,03  | 2,00    | 34,00   | 0,01             | 2,00    | 36,00   | 0,03             | 2,00    | 68,00   | 0,03             | 2,00    | 56,00   |
| METALAK   |                  |       |         |         |                  |         |         |                  |         |         |                  |         |         |
| Banadio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | <0,4             | 30,66 | 0,20    | 5,85    | 28,59            | 0,20    | 4,91    | 42,05            | 0,00    | 4,53    | 29,78            | 0,00    | 5,59    |
| Kromo PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | <4               | 75,64 | 2,00    | 29,00   | 25,28            | 2,00    | 342,00  | 61,24            | 2,00    | 29,74   | 56,43            | 2,00    | 31,00   |
| Manganeso PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | <8               | 76,50 | 4,00    | 34,00   | 25,69            | 4,00    | 605,45  | 70,93            | 4,00    | 46,07   | 57,90            | 4,00    | 81,00   |
| Burdina PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                 | <0,1             | 57,74 | 0,05    | 0,60    | 12,29            | 0,05    | 2,40    | 48,81            | 0,05    | 0,70    | 54,78            | 0,05    | 0,60    |
| Kobalto PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | <0,04            | 53,15 | 0,02    | 0,68    | 15,19            | 0,02    | 2,25    | 48,99            | 0,02    | 0,41    | 18,57            | 0,02    | 3,03    |
| Nikel PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | <4               | 93,41 | 2,00    | 19,00   | 36,88            | 2,00    | 298,00  | 80,07            | 2,00    | 24,08   | 78,31            | 2,00    | 19,00   |
| Kobre PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | <4               | 52,15 | 2,00    | 45,00   | 8,70             | 2,00    | 257,00  | 47,17            | 2,00    | 56,01   | 50,37            | 2,00    | 30,61   |
| Zink PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                    | <0,04            | 40,54 | 0,02    | 0,40    | 24,45            | 0,02    | 1,25    | 65,63            | 0,02    | 0,28    | 42,46            | 0,02    | 1,06    |
| Artseniko PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | <0,4             | 81,23 | 0,20    | 1,82    | 35,64            | 0,20    | 5,12    | 78,24            | 0,20    | 1,40    | 76,10            | 0,20    | 1,49    |
| Selenio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | <0,4             | 69,48 | 0,20    | 1,70    | 67,54            | 0,20    | 2,90    | 65,27            | 0,20    | 1,75    | 45,59            | 0,20    | 10,65   |
| Kadmio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                  | <0,4             | 93,84 | 0,20    | 1,60    | 68,78            | 0,20    | 4,60    | 93,97            | 0,20    | 1,04    | 86,21            | 0,20    | 1,30    |
| Bario PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | <4               | 88,40 | 2,00    | 44,91   | 82,60            | 2,00    | 18,00   | 86,84            | 2,00    | 30,00   | 81,43            | 2,00    | 66,55   |
| Zerio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | <0,04            | 14,90 | 0,02    | 0,84    | 18,09            | 0,02    | 1,07    | 16,64            | 0,02    | 3,03    | 29,41            | 0,02    | 1,10    |
| Berun PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                   | <0,02            | 97,13 | 0,01    | 0,04    | 70,99            | 0,01    | 0,18    | 94,33            | 0,01    | 0,07    | 90,99            | 0,01    | 0,03    |
| Paladio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | <0,04            | 85,39 | 0,02    | 0,10    | 70,58            | 0,02    | 0,11    | 70,93            | 0,02    | 0,05    | 66,91            | 0,02    | 0,09    |
| Merkurio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                | <0,08            | 85,10 | 0,04    | 0,13    | 74,86            | 0,04    | 4,11    | 73,49            | 0,04    | 0,19    | 73,71            | 0,04    | 0,05    |
| HAPak   |                  |       |         |         |                  |         |         |                  |         |         |                  |         |         |
| Naftaleno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | <0,1             | 71,63 | 0,05    | 0,37    | 71,96            | 0,05    | 0,30    | 79,16            | 0,05    | 0,30    | 84,38            | 0,05    | 0,40    |
| Azenafteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>              | <0,1             | 75,07 | 0,05    | 0,05    | 77,21            | 0,05    | 0,10    | 94,70            | 0,05    | 0,05    | 91,91            | 0,05    | 0,05    |
| Fluoreno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                | <0,1             | 75,07 | 0,05    | 0,05    | 76,93            | 0,05    | 0,17    | 93,97            | 0,05    | 0,20    | 91,91            | 0,05    | 0,05    |
| Fenantreno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>              | <0,1             | 47,28 | 0,05    | 0,40    | 37,02            | 0,05    | 0,30    | 65,08            | 0,05    | 0,30    | 63,97            | 0,05    | 0,22    |
| Antrazeno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | <0,1             | 74,93 | 0,05    | 0,20    | 77,35            | 0,05    | 0,05    | 94,70            | 0,05    | 0,05    | 91,91            | 0,05    | 0,05    |
| Fluoranteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>             | <0,1             | 67,05 | 0,05    | 0,40    | 65,06            | 0,05    | 0,40    | 90,31            | 0,05    | 0,50    | 81,07            | 0,05    | 0,34    |
| Pireno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                  | <0,1             | 66,19 | 0,05    | 0,50    | 62,15            | 0,05    | 0,40    | 84,10            | 0,05    | 1,00    | 81,07            | 0,05    | 0,80    |
| Benzo(a)antrazeno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>       | <0,1             | 67,19 | 0,05    | 0,34    | 64,23            | 0,05    | 0,60    | 87,20            | 0,05    | 0,80    | 82,72            | 0,05    | 0,69    |
| Kriseno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | <0,1             | 63,18 | 0,05    | 0,60    | 59,53            | 0,05    | 0,80    | 85,01            | 0,05    | 1,10    | 79,96            | 0,05    | 0,87    |
| Benzo(b)fluoranteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>     | <0,1             | 47,85 | 0,05    | 0,90    | 41,71            | 0,05    | 1,50    | 58,87            | 0,05    | 1,30    | 57,90            | 0,05    | 1,28    |
| Benzo(k)fluoranteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>     | <0,1             | 62,89 | 0,05    | 0,60    | 58,70            | 0,05    | 0,70    | 80,44            | 0,05    | 0,60    | 72,43            | 0,05    | 0,57    |
| Benzo(a)pireno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>          | <0,1             | 57,02 | 0,05    | 0,90    | 46,41            | 0,05    | 1,70    | 68,01            | 0,05    | 1,40    | 65,99            | 0,05    | 2,00    |
| Dibenzo(a,h)antrazeno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>   | <0,1             | 68,77 | 0,05    | 0,40    | 77,07            | 0,05    | 0,18    | 94,52            | 0,05    | 0,10    | 82,35            | 0,05    | 0,36    |
| Benzo(g,h,i)perileno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>    | <0,1             | 39,68 | 0,05    | 0,90    | 35,36            | 0,05    | 1,80    | 46,98            | 0,05    | 1,80    | 26,29            | 0,05    | 9,10    |
| Indeno(1,2,3-c,d)pireno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup> | <0,1             | 48,71 | 0,05    | 0,80    | 42,27            | 0,05    | 1,10    | 55,03            | 0,05    | 1,00    | 41,18            | 0,00    | 3,00    |
| Azenaftileno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>            | <0,2             | 74,64 | 0,10    | 0,80    | 77,35            | 0,10    | 0,10    | 94,70            | 0,10    | 0,10    | 91,91            | 0,10    | 0,10    |

## 4.2 Metalak

Guztira, PM<sub>2.5</sub> partikulei loturiko metalak analizatu ziren, 524 egunetan Lasarten, 500 egunetan Usurbilen, 512 egunetan Ordizian eta 518 egunetan Urretxun (ikus 1.2 ERANSKINA). Aztertutako 4 udalerrietan PM<sub>2.5</sub> partikuletan egindako metalen analisisen emaitzen arabera, hainbat metal, hala nola merkurioa, paladioa, beruna, barioa eta kadmioa, kuantifikazio-mugaren azpitik (< LOQ) egon ziren laginen % 70 baino gehiagotan, udalerrri guztietan. Beste metal batzuk ere LOQren azpitik egon ziren, laginen % 70 baino gehiagotan, hauetan: kromoa, Lasarten; manganesoa, Lasarten eta Urretxun; artsenikoa, Lasarten, Usurbilen eta Urretxun, eta nikela, Lasarten, Usurbilen eta Urretxun.

Kontrol-eremuan (4. taula), PM<sub>2.5</sub> partikulari loturiko metalen kontzentrazioak handiagoak izan ziren Ordizian, Urretxukoekin konparatuz gero, selenioan izan ezik; izan ere, horien mailak antzekoak izan ziren kontrol-eremuko bi udalerrietan. Ordizian bi tontor hauteman ziren 2017ko urritik 2018ko otsailera bitartean eta 2018ko abendutik 2019ko maiatzera bitartean. Horietan, gora egin zuten berunak, nikelak, manganesoak, burdinak, kromoak, kobreak, kobaltoak, zinkak, kadmioak eta artsenikoak, antzeko patroiekin. Gainera, 26.45 ng/m<sup>3</sup> Ni mailak ikusi ziren PM<sub>2.5</sub>etan, hots, PM<sub>10</sub>eko Ni-ren legezko muga baino handiagoak. PM<sub>2.5</sub> partikulen balioetatik abiatuta, Ni-aren PM<sub>10</sub>eko kontzentrazioaren estimazio bat egin zen, erreferentziatzat Bilboko M<sup>a</sup> Díaz de Haro ingurumen-estazioan –hiri-ingurunea baita– 2014an ikusitako PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> korrelazioak hartuta, honako bihurketa hau eginda: PM<sub>2.5</sub>etako Ni = PM<sub>10</sub>\*0.5095tako Ni. Bihurketa horrekin, Ni-aren batez besteko balio hauxe estimatu zen: 54.91 ng/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> partikuletan, hots, Europako Zuzentarauan PM<sub>10</sub>erako ezarritako 20 ng/m<sup>3</sup>ko balioa baino handiagoa. PM<sub>10</sub> partikuletarako arauturiko gainerako metalen (beruna, artsenikoa eta kadmioa) batez besteko mailak PM<sub>10</sub>erako mugaren azpitik egon ziren.

Eraginpeko eremuari dagokionez, Cr, Mn, Co, Ni, Se eta Pd-ren balioak (batezbestekoa[KT%95]) txikiagoak izan ziren Lasarten, Usurbilekin konparatuz gero (Cr: 2.97 ng/m<sup>3</sup> [2.81;3.14] vs. 4.10 ng/m<sup>3</sup>[3.78;4.43]; Mn: 5.23ng/m<sup>3</sup>[4.96;5.51] vs. 7.46 ng/m<sup>3</sup>[6.77;8.14]; Co: 0.04 ng/m<sup>3</sup>[0.04;0.05] vs. 0.15 ng/m<sup>3</sup>[0.13;0.17]; Ni: 2.23 ng/m<sup>3</sup>[2.15;2.31] vs. 2.63 ng/m<sup>3</sup>[2.48;2.78]; Se: 0.33 ng/m<sup>3</sup>[0.31;0.34] vs. 0.64 ng/m<sup>3</sup>[0.57;0.71]; Pd: 0.02 ng/m<sup>3</sup>[0.02;0.02] vs. 0.02 ng/m<sup>3</sup>[0.02;0.03]). Bestalde, Ce maila handiagoa zan zen Lasarten (0.09 ng/m<sup>3</sup>[0.09;0.10] Lasarten vs. 0.08 ng/m<sup>3</sup>[0.07;0.09] Usurbilen).

Eremuen arteko konparazioari dagokionez, neurtutako metal guztien kontzentrazioak handiagoak izan ziren Ordizian, eraginpeko eremuan baino, banadioaren kasuan izan ezik, antzeko balioak baitzituzten horretan.

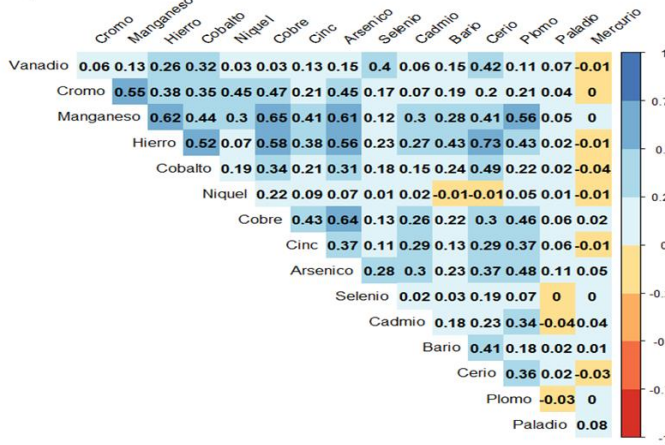
Ordizian, industria metalurgikoarekin zerikusia duten metalen arteko korrelazio handia ikusi zen (burdina, kromoa, manganesoa, nikela, kobaltoa eta kobrea), (3. irudia).

4. taula. Eraginpeko eremuan (Lasarte vs. Usurbil) eta kontrol-eremuan (Ordizia vs. Urretxu) analizaturiko kutsatzaile-mailen arteko konparaketa, eta eraginpeko eremuaren eta kontrol-eremuaren arteko konparaketa, 2017ko irailetik 2019ko irailera bitarteko aldian. *Estatistikoki esanguratsuak diren p-balioak (<0.05) letra lodian daude adierazita.*

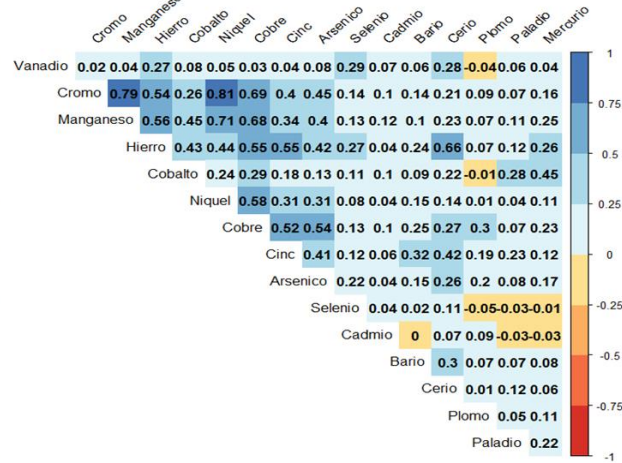
| Batezbestekoa (KT%95)                                       | Eraginpeko eremua |                     |        | Kontrol-eremua      |                    |        | Eraginpeko eremua  | p* (Eragi. eremua vs. Ordizia) | p* (Eragi. eremua vs. Urretxu) |
|---|-------------------|---------------------|--------|---------------------|--------------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|   | Lasarte           | Usurbil             | p*     | Ordizia             | Urretxu            | p*     |                    |                                |                                |
| PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                         | 9.56 [9.22;9.89]  | 10.58 [10.09;11.07] | 0,005  | 12.20 [11.77;12.63] | 10.15 [9.67;10.62] | <0.001 | 10.01 [9.72;10.29] | <0.001                         | 0,957                          |
| <b>METALAK</b>  |                   |                     |        |                     |                    |        |                    |                                |                                |
| Banadio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | 0.85 [0.79;0.91]  | 0.86 [0.79;0.93]    | 0,828  | 0.78 [0.73;0.82]    | 0.64 [0.58;0.69]   | <0.001 | 0.85 [0.81;0.90]   | 0,546                          | <0.001                         |
| Kromo PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | 2.97 [2.81;3.14]  | 4.10 [3.78;4.43]    | <0.001 | 40.22 [36.22;44.23] | 4.25 [3.90;4.60]   | <0.001 | 3.45 [3.28;3.62]   | <0.001                         | 0,001                          |
| Manganeso PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | 5.23 [4.96;5.51]  | 7.46 [6.77;8.14]    | <0.001 | 38.93 [35.42;42.44] | 6.65 [6.17;7.13]   | <0.001 | 6.16 [5.83;6.50]   | <0.001                         | 0,758                          |
| Burdina PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                 | 0.10 [0.09;0.10]  | 0.10 [0.10;0.11]    | 0,837  | 0.39 [0.36;0.41]    | 0.12 [0.11;0.13]   | <0.001 | 0.10 [0.10;0.11]   | <0.001                         | 0,001                          |
| Kobalto PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | 0.04 [0.04;0.05]  | 0.15 [0.13;0.17]    | <0.001 | 0.32 [0.29;0.35]    | 0.05 [0.05;0.05]   | <0.001 | 0.09 [0.08;0.10]   | <0.001                         | <0.001                         |
| Nikel PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | 2.23 [2.15;2.31]  | 2.63 [2.48;2.78]    | <0.001 | 26.45 [23.63;29.27] | 2.73 [2.55;2.91]   | <0.001 | 2.40 [2.32;2.48]   | <0.001                         | <0.001                         |
| Kobre PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | 4.98 [4.61;5.34]  | 4.57 [4.19;4.95]    | 0,235  | 37.71 [34.73;40.69] | 5.55 [5.08;6.01]   | <0.001 | 4.81 [4.54;5.07]   | <0.001                         | 0,006                          |
| Zink PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                    | 0.06 [0.06;0.07]  | 0.07 [0.06;0.07]    | 0,151  | 0.15 [0.14;0.16]    | 0.04 [0.03;0.04]   | <0.001 | 0.06 [0.06;0.07]   | <0.001                         | <0.001                         |
| Artseniko PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | 0.28 [0.26;0.30]  | 0.27 [0.26;0.29]    | 0,685  | 0.85 [0.79;0.91]    | 0.27 [0.26;0.29]   | <0.001 | 0.28 [0.27;0.29]   | <0.001                         | 0,937                          |
| Selenio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | 0.33 [0.31;0.34]  | 0.64 [0.57;0.71]    | <0.001 | 0.34 [0.32;0.36]    | 0.32 [0.31;0.34]   | 0,648  | 0.46 [0.43;0.49]   | <0.001                         | <0.001                         |
| Kadmio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                  | 0.22 [0.21;0.23]  | 0.23 [0.22;0.24]    | 0,541  | 0.41 [0.38;0.44]    | 0.21 [0.20;0.21]   | <0.001 | 0.23 [0.22;0.23]   | <0.001                         | <0.001                         |
| Bario PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | 2.49 [2.31;2.67]  | 2.83 [2.50;3.16]    | 0,612  | 2.65 [2.31;2.78]    | 2.42 [2.27;2.58]   | <0.001 | 2.63 [2.46;2.81]   | 0,001                          | 0,115                          |
| Zerio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                   | 0.09 [0.09;0.10]  | 0.08 [0.07;0.09]    | <0.001 | 0.10 [0.09;0.10]    | 0.12 [0.10;0.13]   | 0,004  | 0.09 [0.08;0.09]   | 0,025                          | <0.001                         |
| Berun PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>                   | 0.01 [0.01;0.01]  | 0.01 [0.01;0.01]    | 0,224  | 0.02 [0.02;0.02]    | 0.01 [0.01;0.01]   | <0.001 | 0.01 [0.01;0.01]   | <0.001                         | 0,155                          |
| Paladio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | 0.02 [0.02;0.02]  | 0.02 [0.02;0.03]    | <0.001 | 0.03 [0.02;0.03]    | 0.02 [0.02;0.02]   | <0.001 | 0.02 [0.02;0.02]   | <0.001                         | 0,037                          |
| Merkurio PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                | 0.04 [0.04;0.04]  | 0.04 [0.04;0.04]    | 0,408  | 0.07 [0.05;0.09]    | 0.04 [0.04;0.04]   | 0,001  | 0.04 [0.04;0.04]   | <0.001                         | 0,004                          |
| <b>HAPak</b>  |                   |                     |        |                     |                    |        |                    |                                |                                |
| Naftaleno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | 0.06 [0.05;0.06]  | 0.06 [0.06;0.07]    | 0,015  | 0.06 [0.05;0.06]    | 0.06 [0.06;0.07]   | <0.001 | 0.06 [0.06;0.06]   | 0,722                          | <0.001                         |
| Azenafteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>              | 0.05 [0.05;0.05]  | 0.05 [0.05;0.05]    | -      | 0.05 [0.05;0.05]    | 0.05 [0.05;0.05]   | 0,337  | 0.05 [0.05;0.05]   | 0,177                          | -                              |
| Fluoreno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                | 0.05 [0.05;0.05]  | 0.05 [0.05;0.05]    | -      | 0.05 [0.05;0.05]    | 0.05 [0.05;0.05]   | 0,631  | 0.05 [0.05;0.05]   | 0,019                          | 0,005                          |
| Fenantreno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>              | 0.08 [0.08;0.08]  | 0.07 [0.07;0.07]    | 0,009  | 0.08 [0.08;0.09]    | 0.07 [0.07;0.07]   | <0.001 | 0.08 [0.07;0.08]   | <0.001                         | 0,309                          |
| Antrazeno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>               | 0.05 [0.05;0.05]  | 0.05 [0.05;0.05]    | 0,330  | 0.05 [0.05;0.05]    | 0.05 [0.05;0.05]   | -      | 0.05 [0.05;0.05]   | 0,460                          | 0,478                          |
| Fluoranteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>             | 0.06 [0.06;0.06]  | 0.06 [0.06;0.07]    | 0,485  | 0.07 [0.06;0.07]    | 0.05 [0.05;0.06]   | <0.001 | 0.06 [0.06;0.06]   | 0,006                          | 0,000                          |
| Pireno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                  | 0.06 [0.06;0.06]  | 0.06 [0.06;0.07]    | 0,914  | 0.07 [0.07;0.08]    | 0.06 [0.06;0.07]   | <0.001 | 0.06 [0.06;0.07]   | <0.001                         | 0,693                          |
| Benzo(a)antrazeno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>       | 0.06 [0.06;0.06]  | 0.06 [0.06;0.07]    | 0,874  | 0.07 [0.07;0.08]    | 0.06 [0.06;0.06]   | <0.001 | 0.06 [0.06;0.06]   | <0.001                         | 0,144                          |
| Kriseno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>                 | 0.07 [0.07;0.08]  | 0.07 [0.07;0.08]    | 0,259  | 0.08 [0.08;0.09]    | 0.06 [0.06;0.07]   | <0.001 | 0.07 [0.07;0.08]   | <0.001                         | 0,015                          |
| Benzo(b)fluoranteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>     | 0.12 [0.11;0.13]  | 0.15 [0.13;0.16]    | 0,301  | 0.17 [0.16;0.19]    | 0.12 [0.11;0.13]   | <0.001 | 0.13 [0.12;0.14]   | <0.001                         | 0,985                          |
| Benzo(k)fluoranteno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>     | 0.07 [0.06;0.07]  | 0.08 [0.07;0.09]    | 0,023  | 0.09 [0.08;0.10]    | 0.07 [0.06;0.07]   | <0.001 | 0.08 [0.07;0.08]   | 0,008                          | 0,064                          |
| Benzo(a)pireno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>          | 0.10 [0.09;0.11]  | 0.12 [0.10;0.13]    | 0,093  | 0.17 [0.15;0.19]    | 0.11 [0.10;0.12]   | <0.001 | 0.11 [0.10;0.12]   | <0.001                         | 0,400                          |
| Dibenzof(a,h)antrazeno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>  | 0.06 [0.06;0.06]  | 0.06 [0.06;0.06]    | 0,242  | 0.05 [0.05;0.05]    | 0.05 [0.05;0.05]   | 0,610  | 0.06 [0.06;0.06]   | <0.001                         | <0.001                         |
| Benzo(g,h,i)perileno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>    | 0.14 [0.12;0.15]  | 0.34 [0.27;0.40]    | <0.001 | 0.21 [0.19;0.23]    | 0.17 [0.15;0.19]   | 0,044  | 0.23 [0.20;0.27]   | 0,559                          | 0,003                          |
| Indeno(1,2,3-c,d)pireno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup> | 0.10 [0.09;0.11]  | 0.16 [0.14;0.18]    | <0.001 | 0.15 [0.14;0.17]    | 0.13 [0.11;0.14]   | 0,087  | 0.13 [0.12;0.14]   | 0,137                          | 0,599                          |
| Azenaftileno PM <sub>2,5</sub> ng/m <sup>3</sup>            | 0.10 [0.10;0.10]  | 0.10 [0.10;0.10]    | 0,091  | 0.10 [0.10;0.10]    | 0.10 [0.10;0.10]   | -      | 0.10 [0.10;0.10]   | 0,200                          | 0,218                          |

# 1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

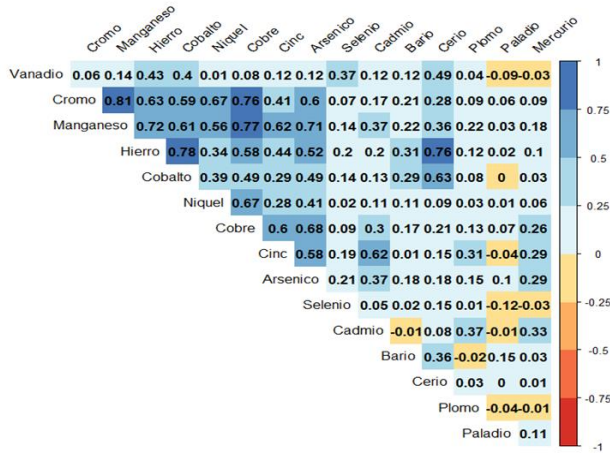
## A) Lasarte



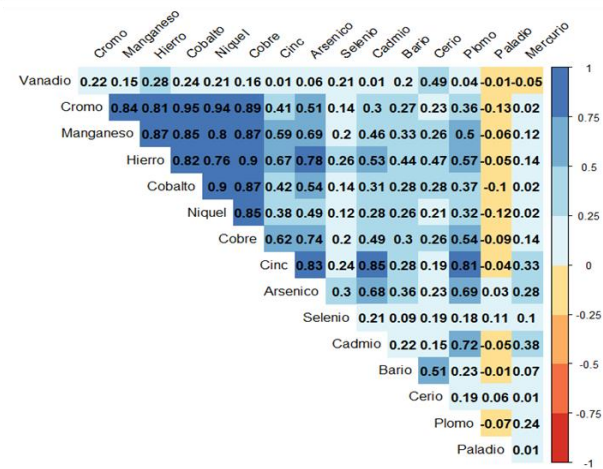
## B) Usurbil



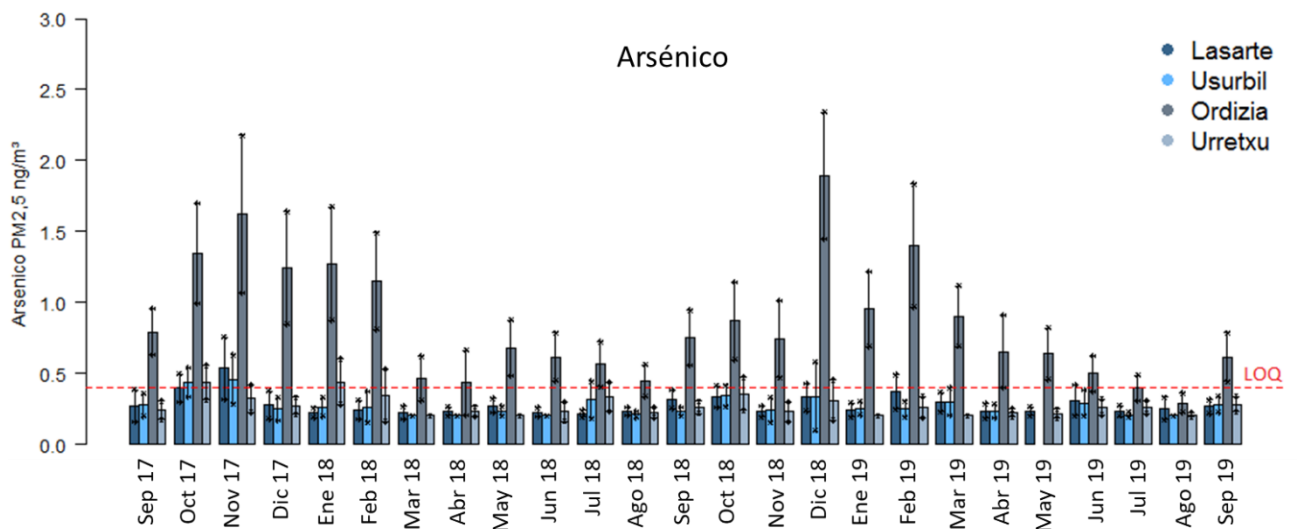
## C) Urretxu



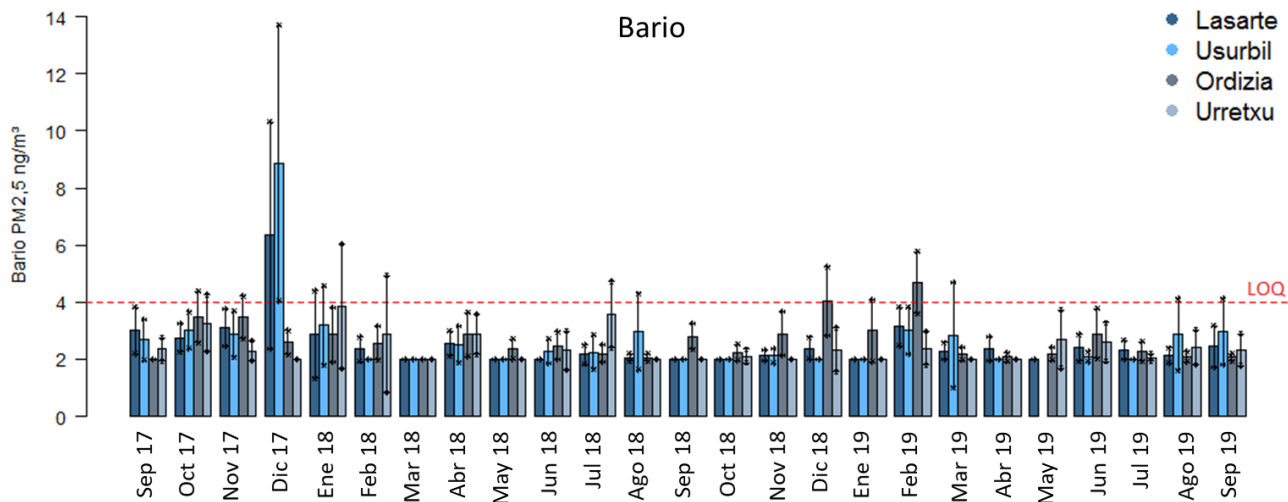
## D) Ordizia



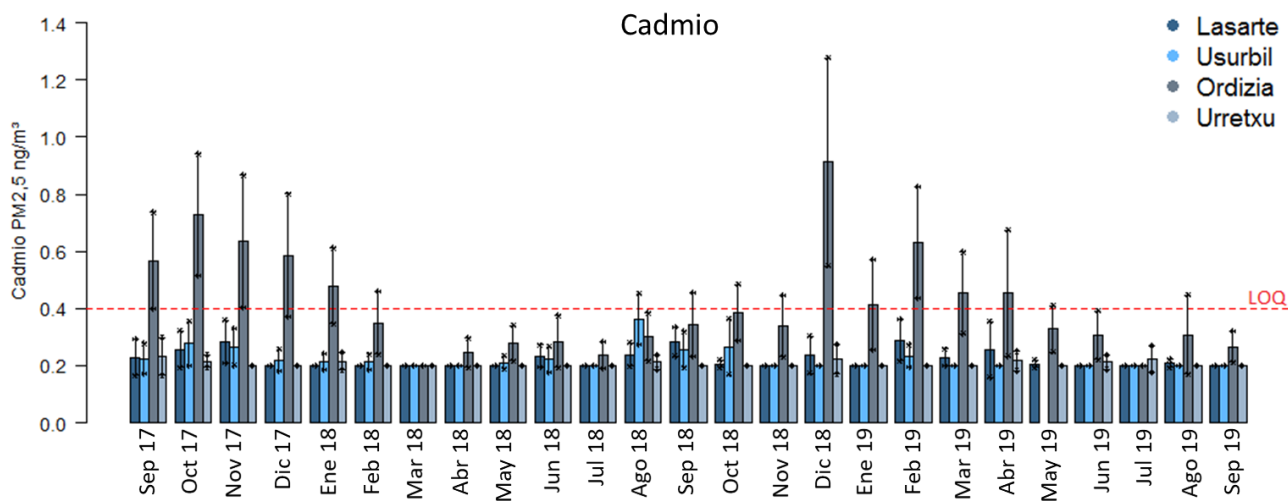
## 2. irudia. Metalen korrelazioa, udalerrika.



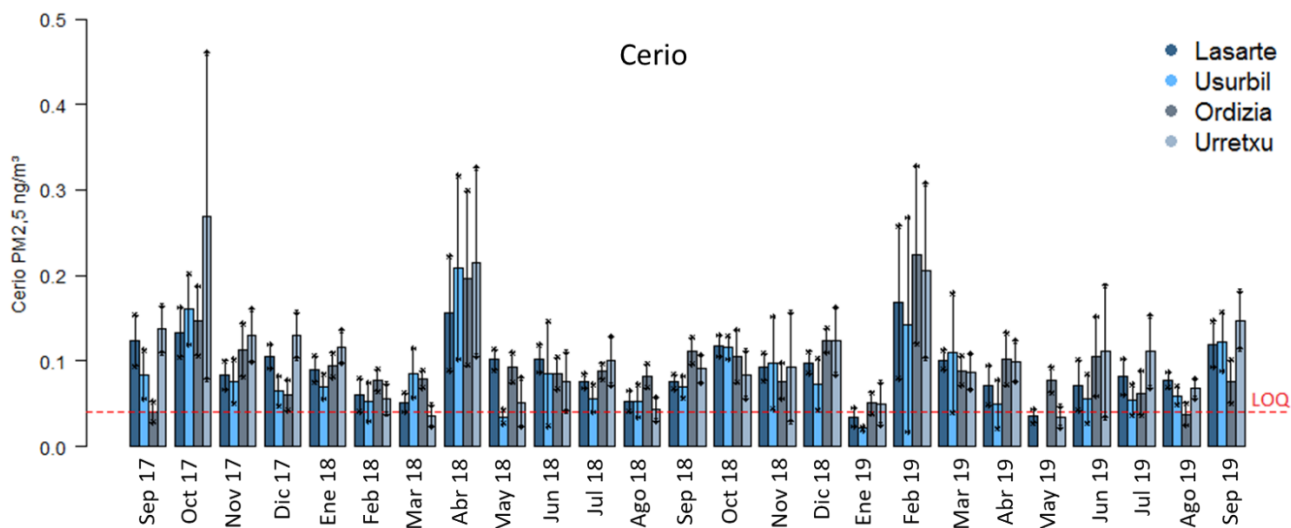
## 3. irudia. Arsenikoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



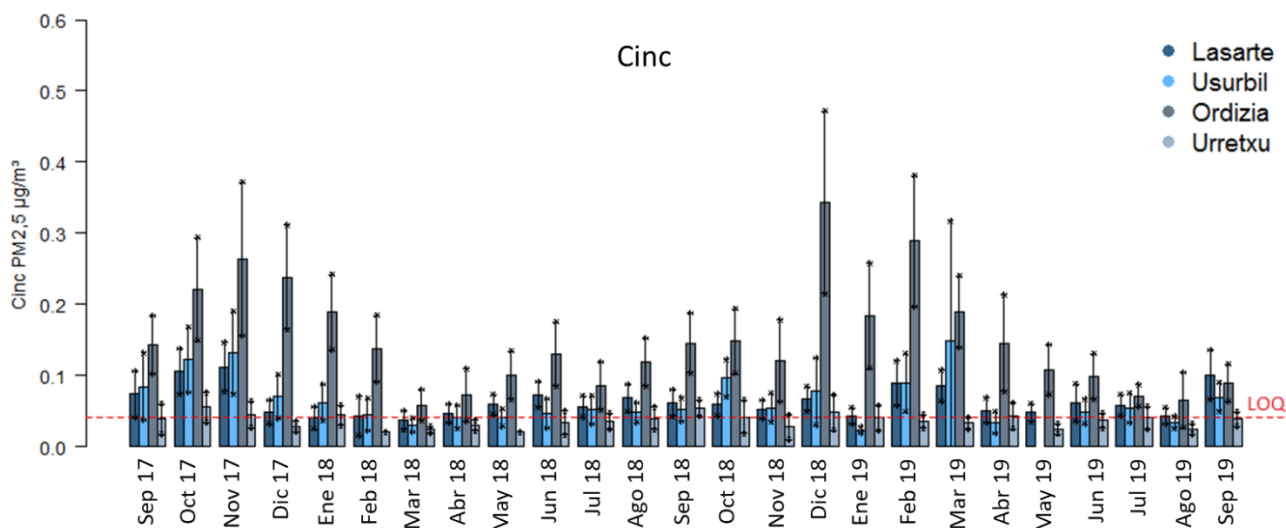
4. irudia. Barrioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



5. irudia. Kadmioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

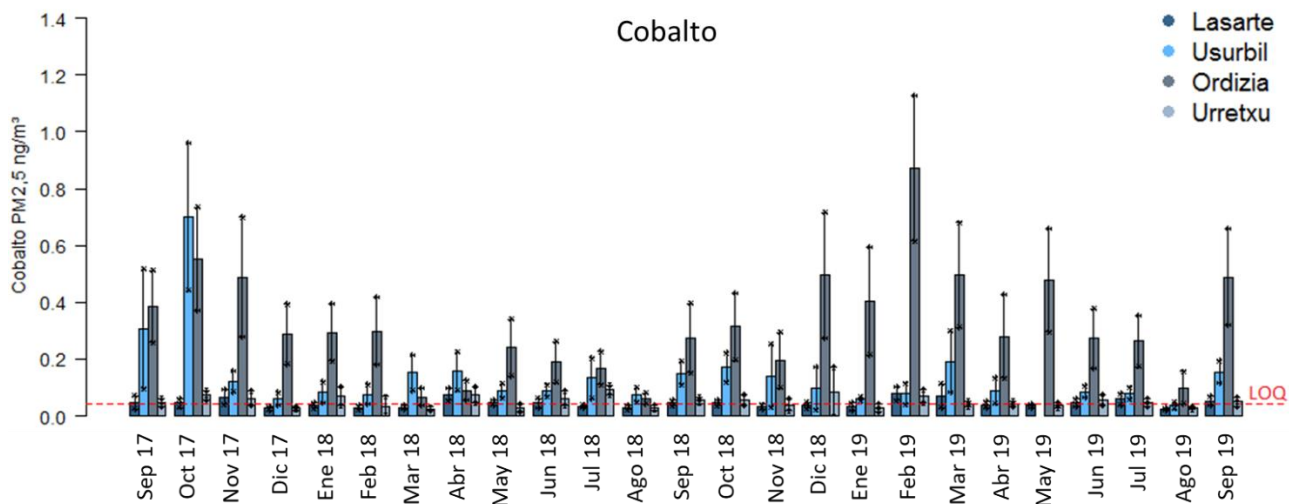


6. irudia. Zerzioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

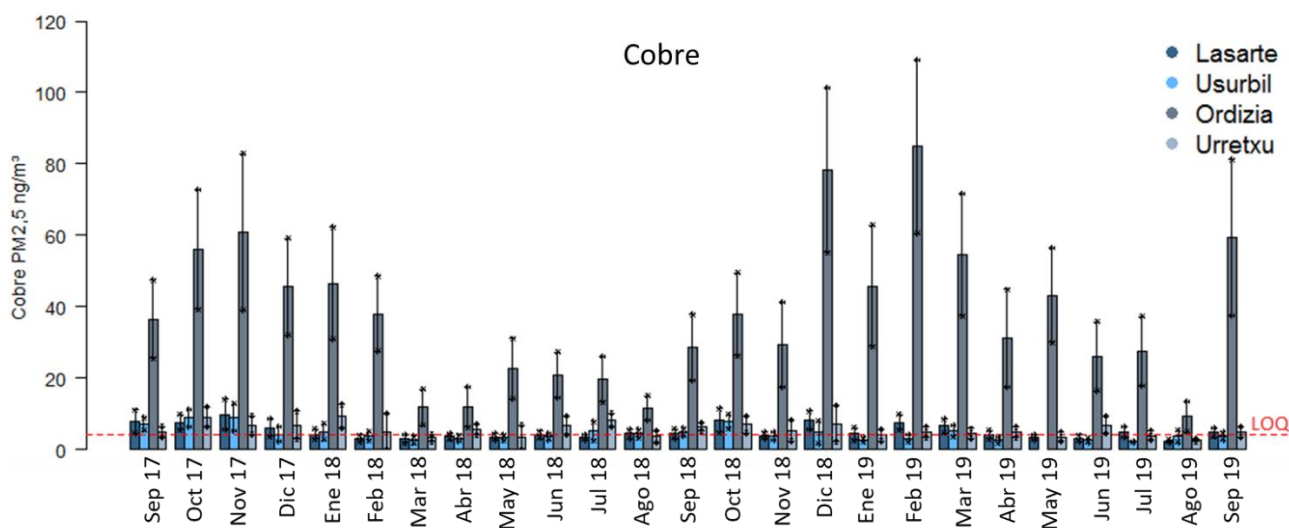


7. irudia. Zinkaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



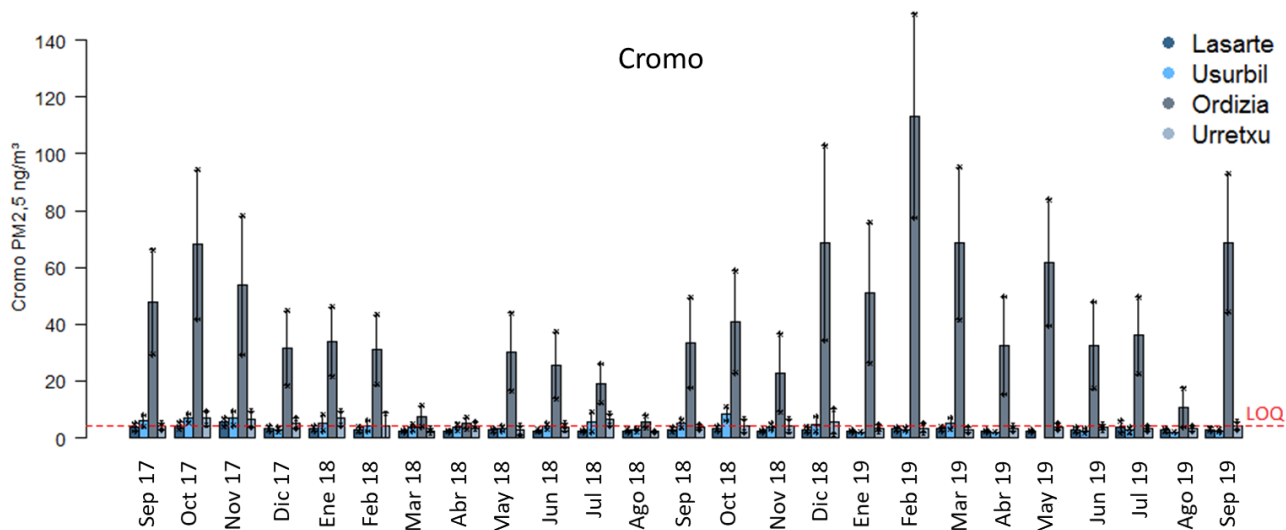


8. irudia. Kobaltoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

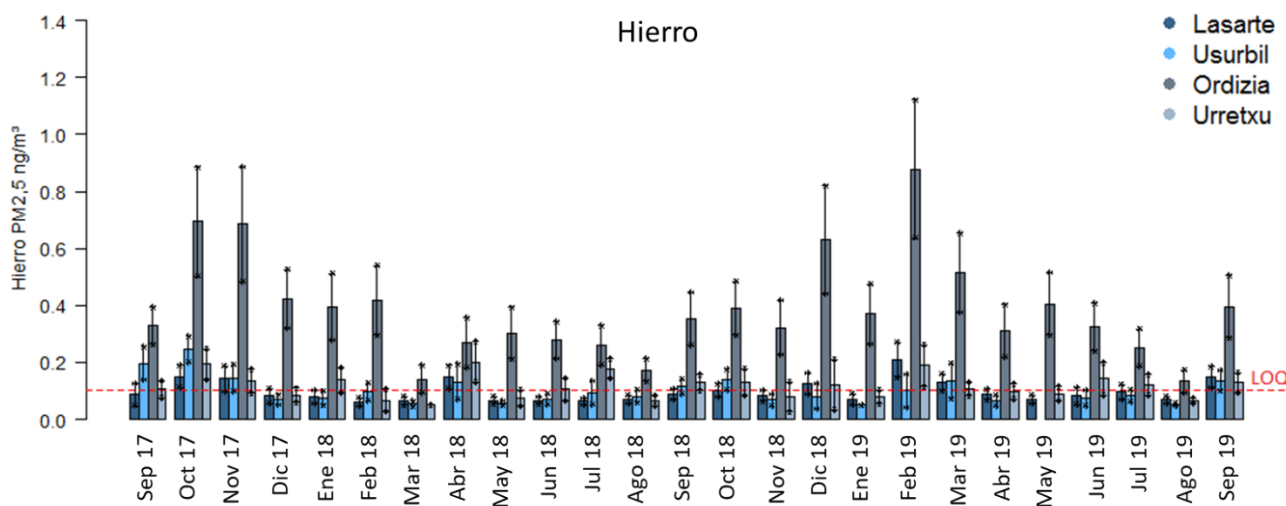


9. irudia. Kobrearen denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

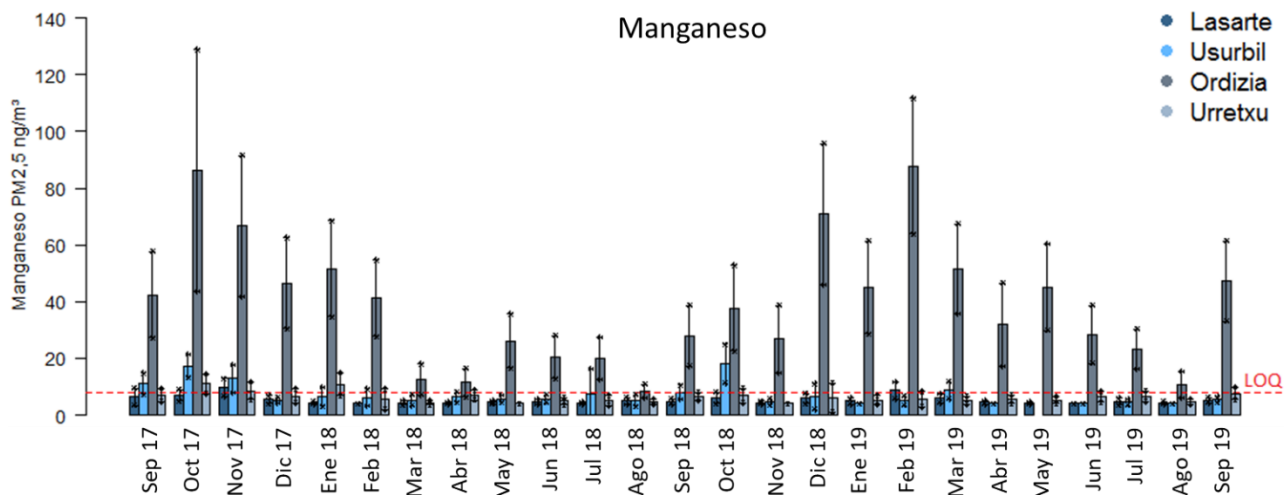




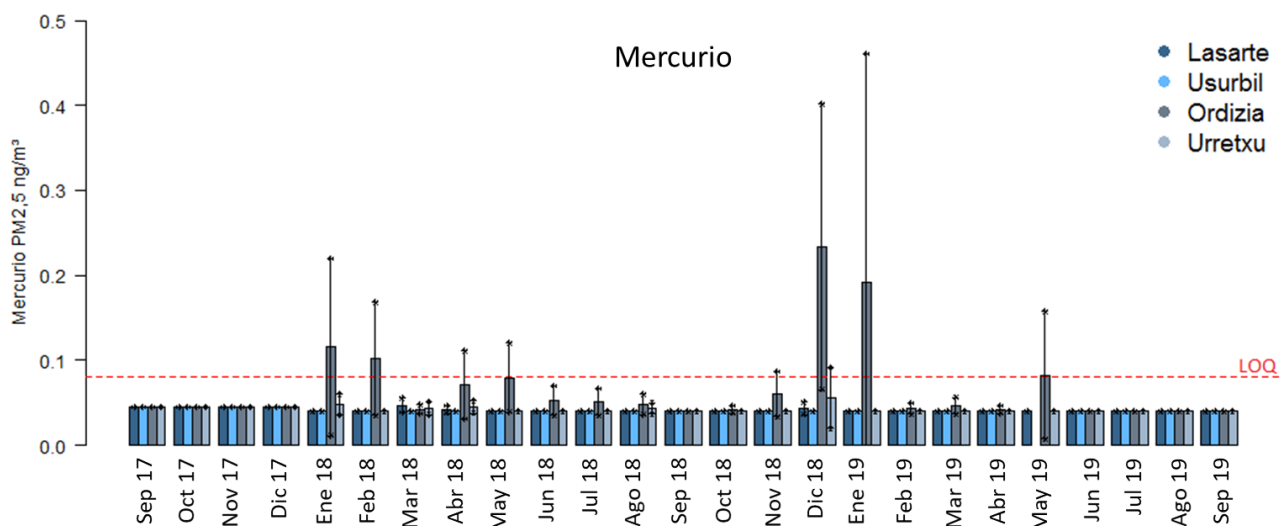
10. irudia. Kromoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



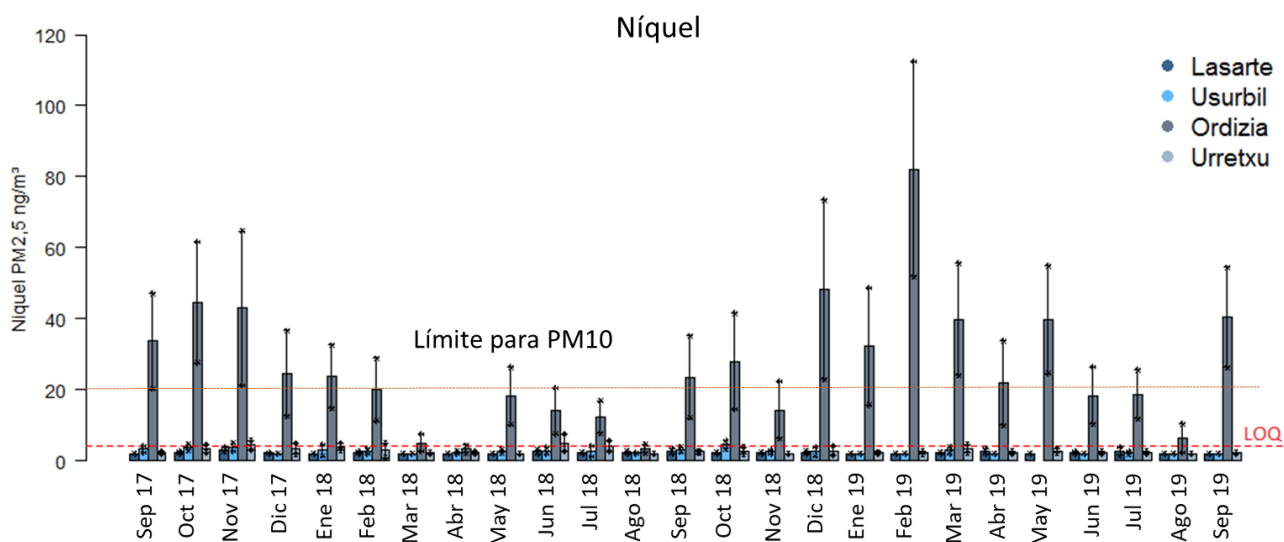
11. irudia. Burdinaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



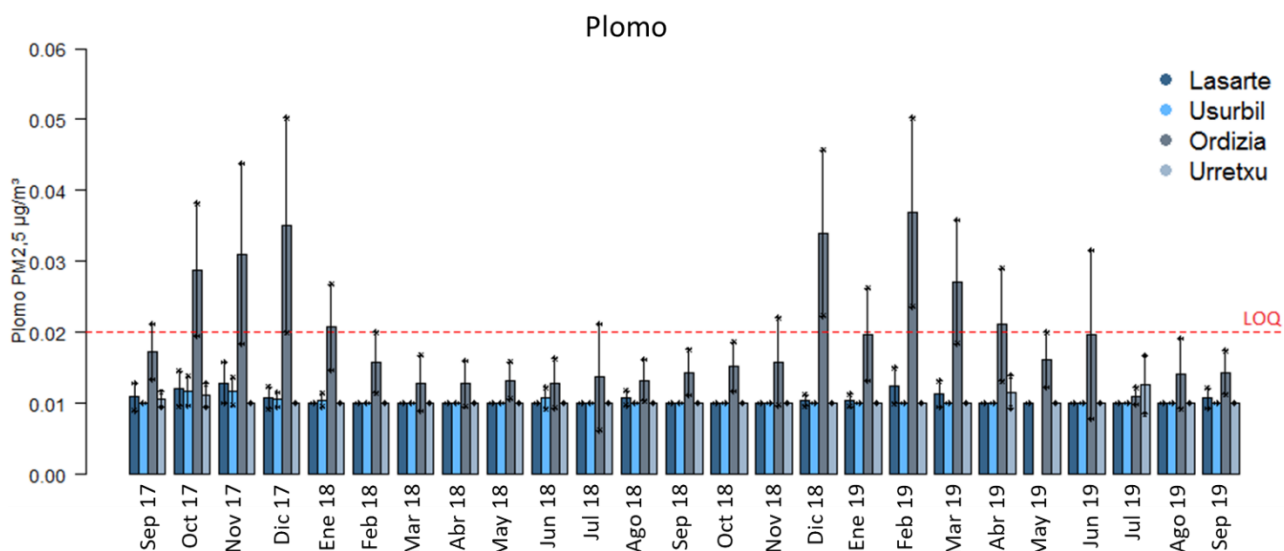
12. irudia. Manganesoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



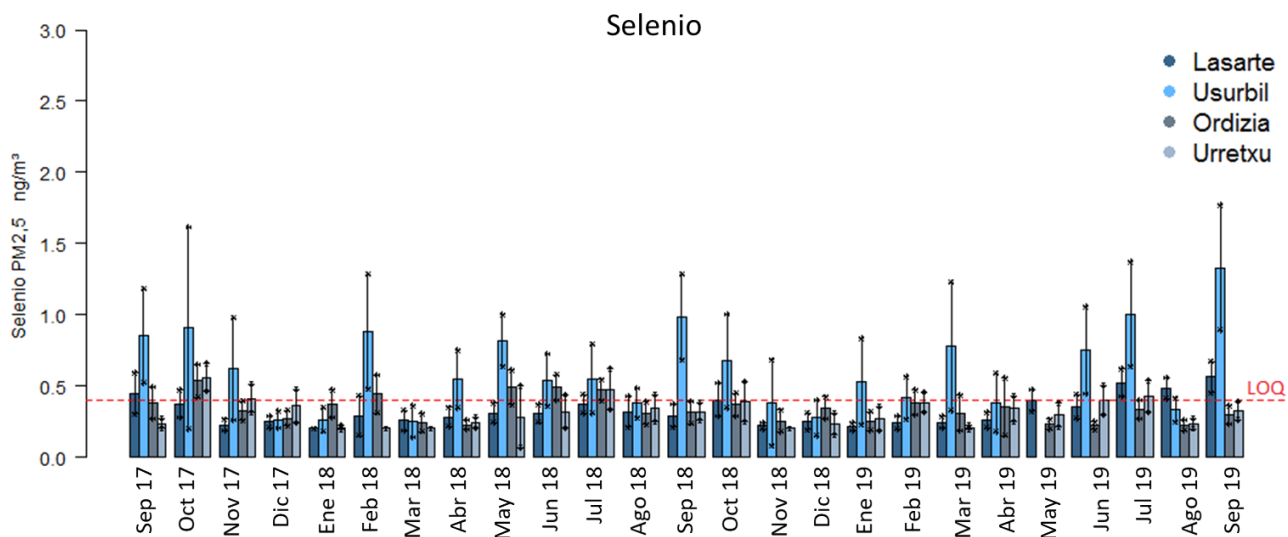
13. irudia. Merkurioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



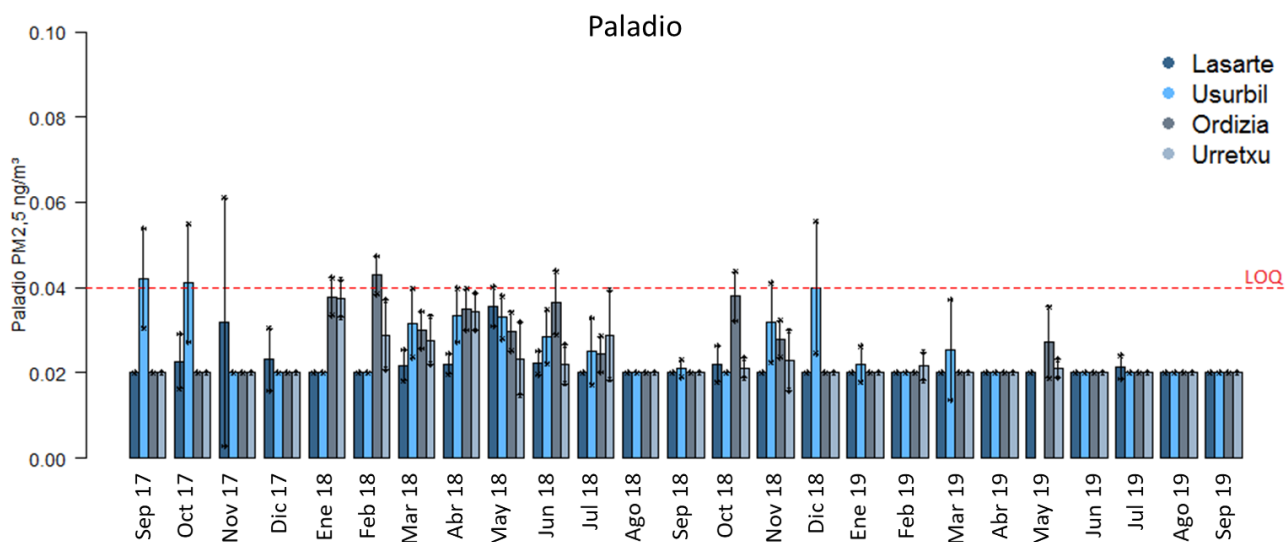
14. irudia. Nikelaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



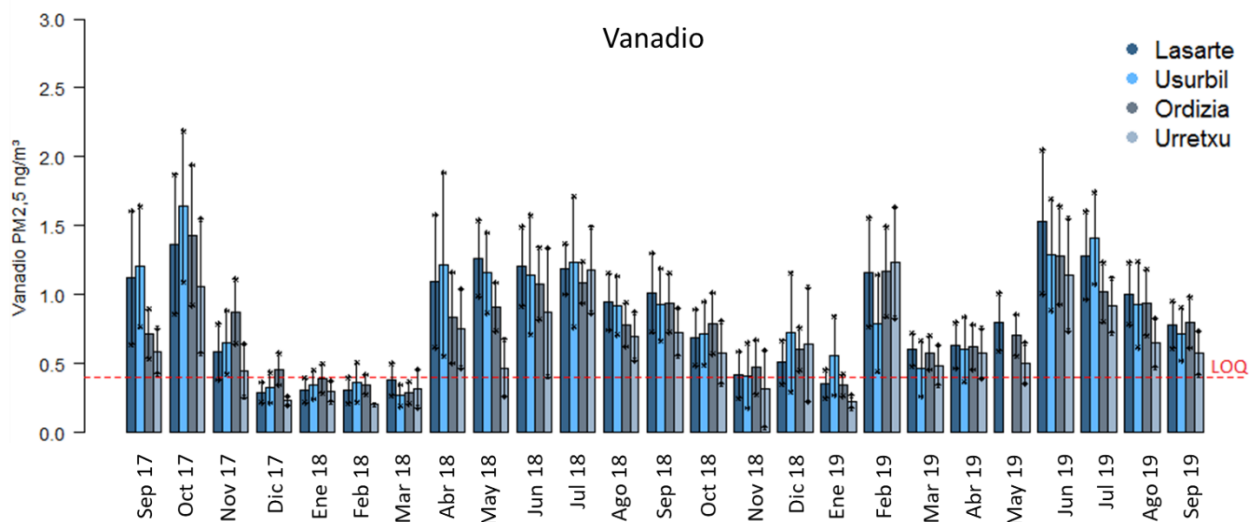
15. irudia. Berunaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



16. irudia. Selenioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



17. irudia. Paladioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila



18. irudia. Banadioaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

### 4.3 HAPak

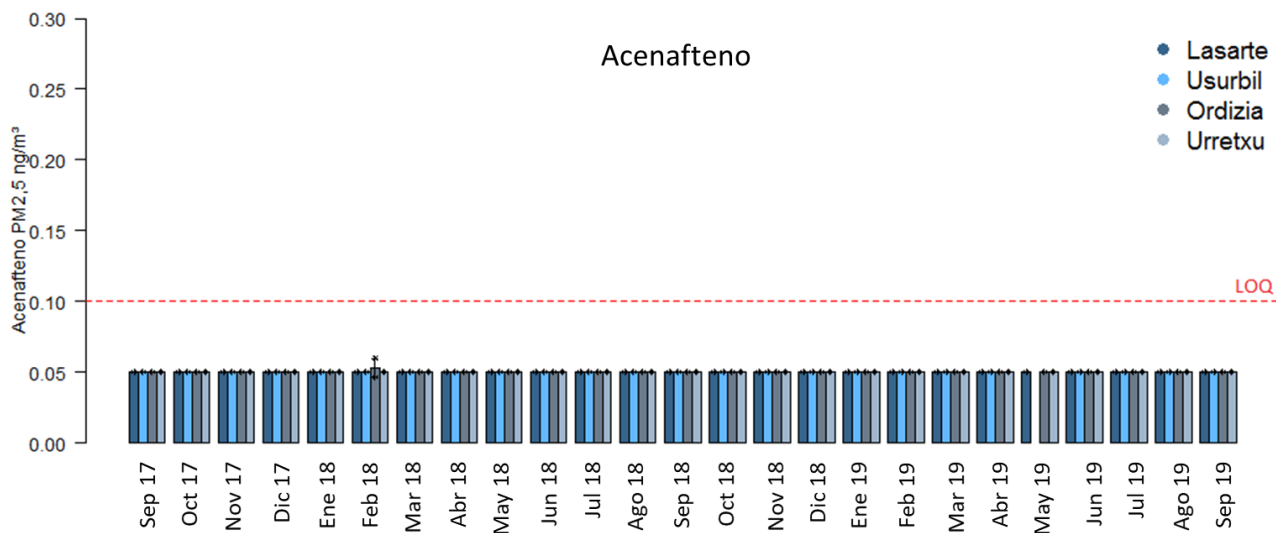
Guztira, PM<sub>2,5</sub>ei loturiko HAPak 524 egunetan zehaztu ziren Lasarten; 500 egunetan, Usurbilen; 512 egunetan, Ordizian, eta 518 egunetan Urretxun (ikus 1.2 ERANSKINA).

Kontrol-eremuan, HAPen kontzentrazioa (5. taula), oro har, handiagoa izan zen Ordizian, Urretxuko mailekin konparatuz gero.

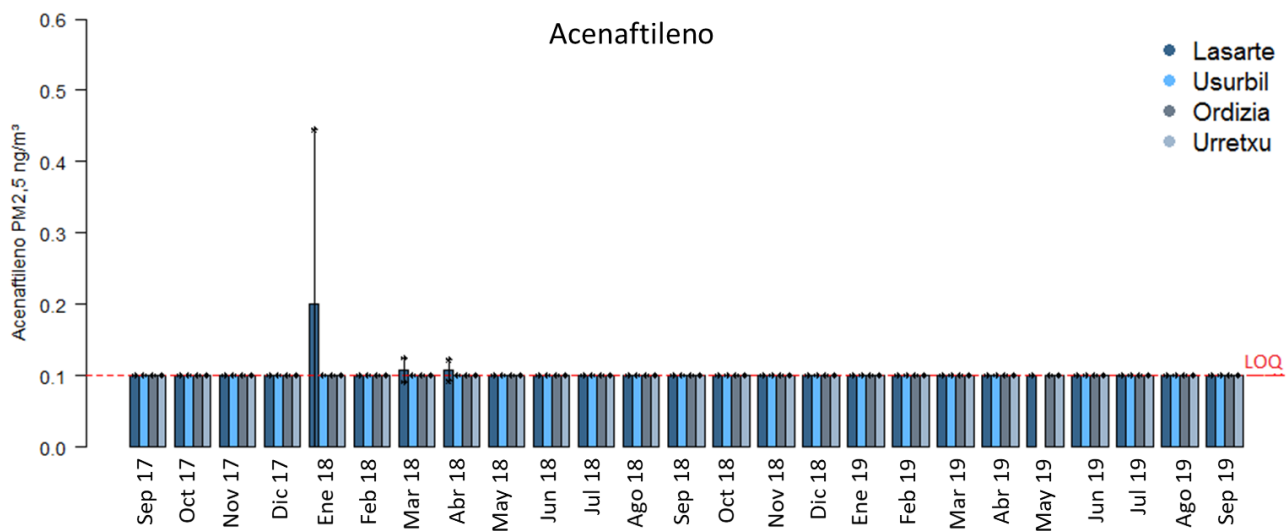
Eraginpeko eremuari dagokionez, fenantreno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno e indeno(1,2,3-c,d)pireno mailak handiagoak izan ziren Lasarten, Usurbilekin konparatuz gero (fenantrenoa: 0.08 ng/m<sup>3</sup> [0.08;0.08] vs. 0.07 ng/m<sup>3</sup> [0.07;0.07]; benzo(k)fluorantenoa: 0.07 ng/m<sup>3</sup> [0.06;0.07] vs. 0.08 ng/m<sup>3</sup> [0.07;0.09]; benzo(g,h,i,)perilenoa: 0.14 ng/m<sup>3</sup> [0.12;0.15] vs. 0.34 ng/m<sup>3</sup> [0.27;0.40]; indeno(1,2,3-c,d)pirenoa: 0.10 ng/m<sup>3</sup> [0.09;0.11] vs. 0.16 ng/m<sup>3</sup> [0.14;0.18]), baina alderantziko portaera ikusi zen naftalenoarekin.

Eraginpeko eremuko mailen eta kontrol-eremuko udalerrien arteko konparaketak adierazi zuen HAP kontzentrazioak handiagoak zirela, oro har, Ordizian, eraginpeko eremuarekin alderatuz gero.

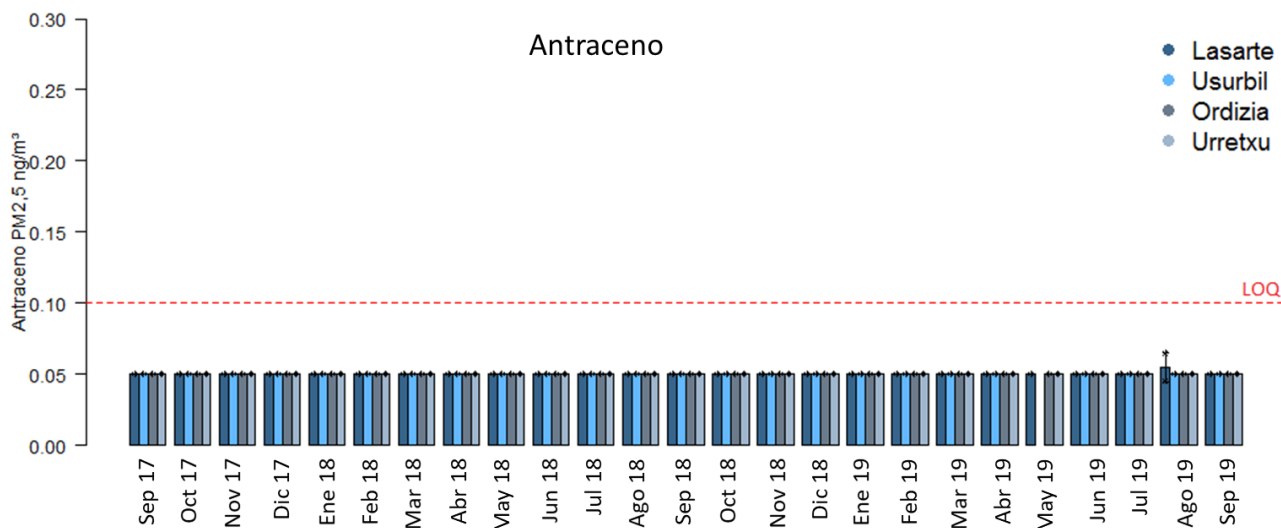
Igoera ikusi zen benzo(a)antrazeno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i,)perileno, benzo(k)fluoranteno, fluoranteno, kriseno, pireno eta indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren kontzentrazioetan, azaro-otsailetan, bai 2017an, bai 2018an.



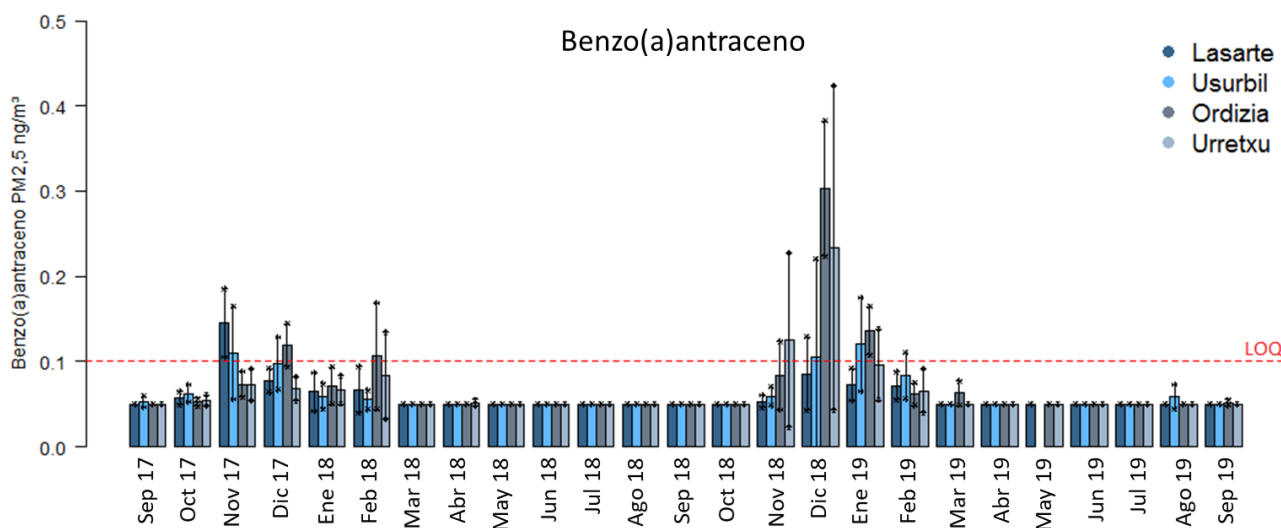
19. irudia. Azenaftenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



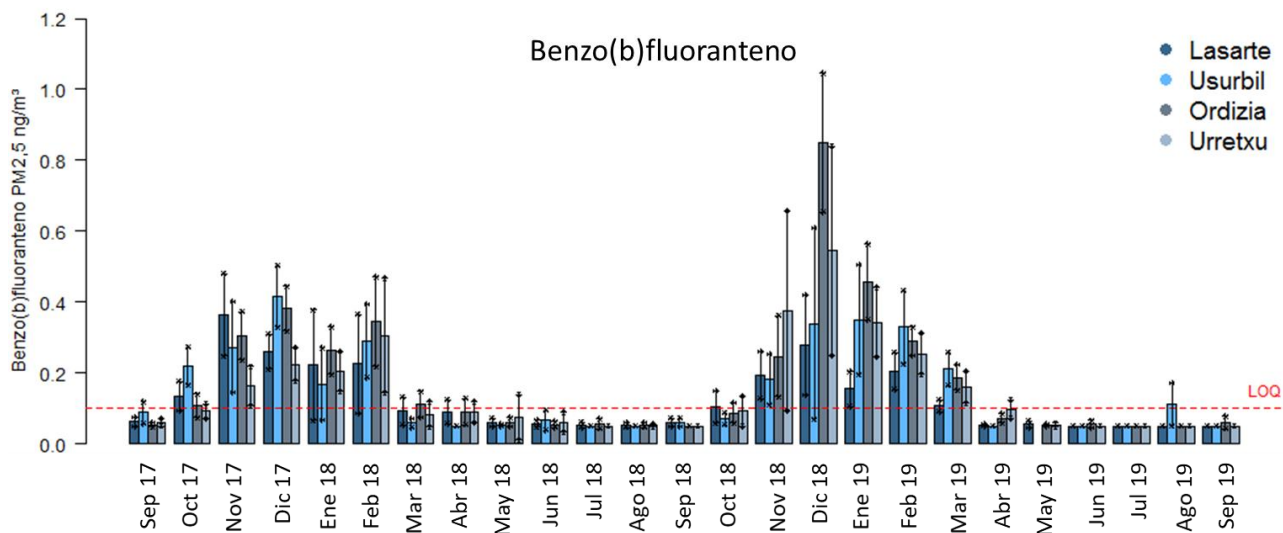
20. irudia. Azenaftilenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



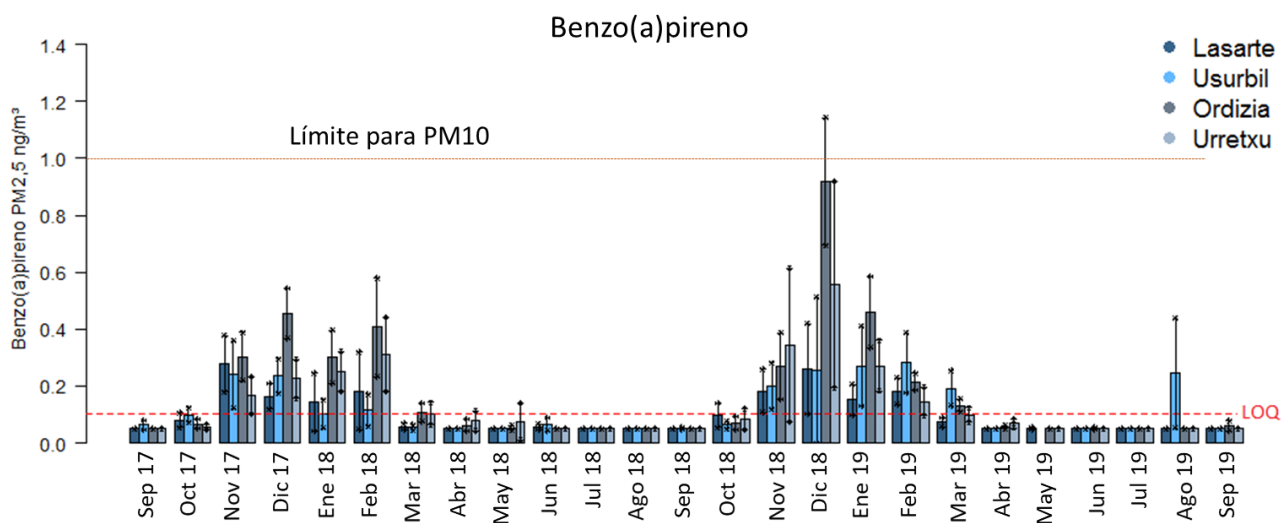
21. irudia. Antrazenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



22. irudia. Benzo(a)antrazenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

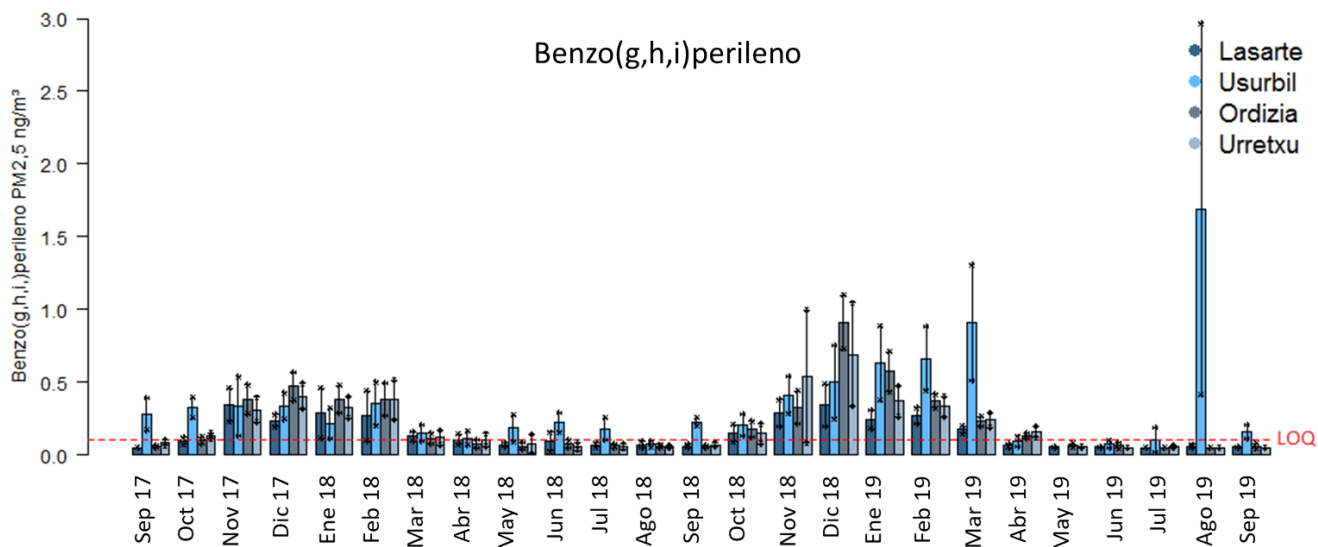


23. irudia. Benzo(b)fluorantenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

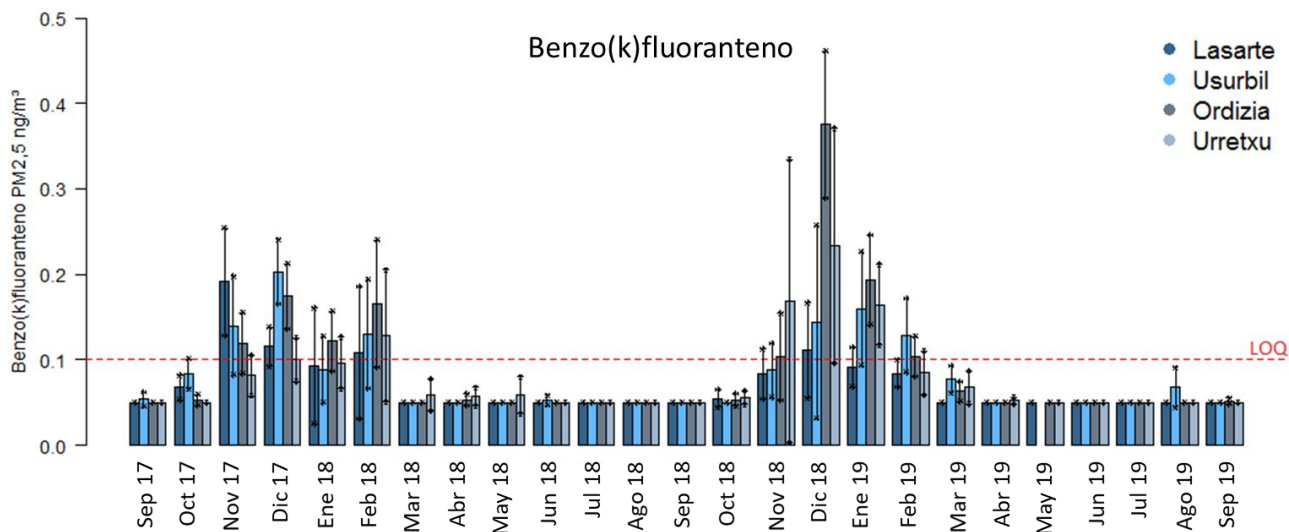


24. irudia. Benzo(a)pirenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

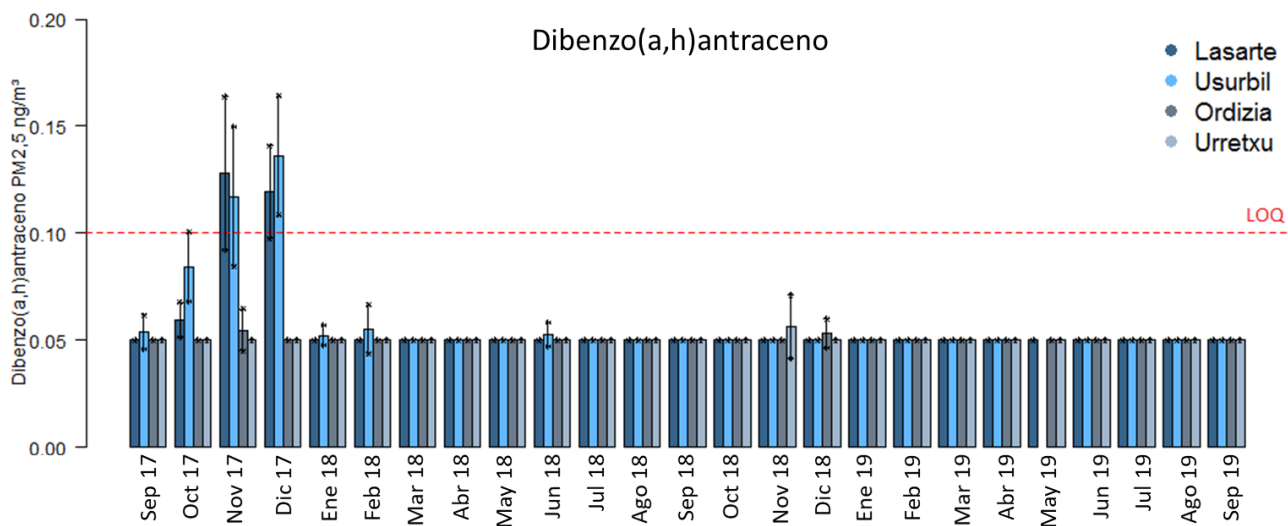




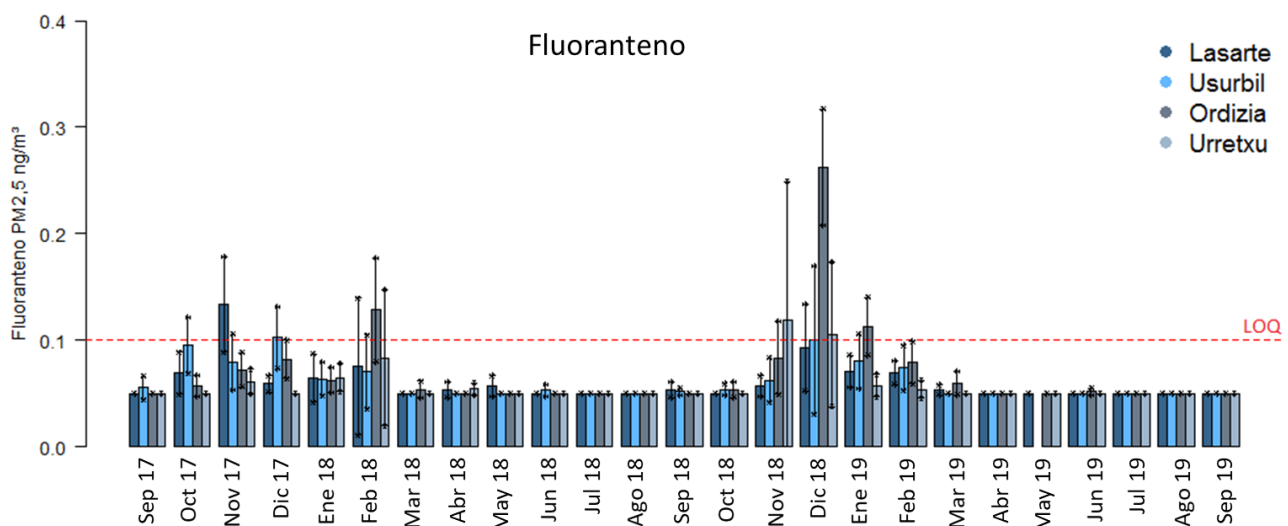
25. irudia. Bezo(g,h,i)perilenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



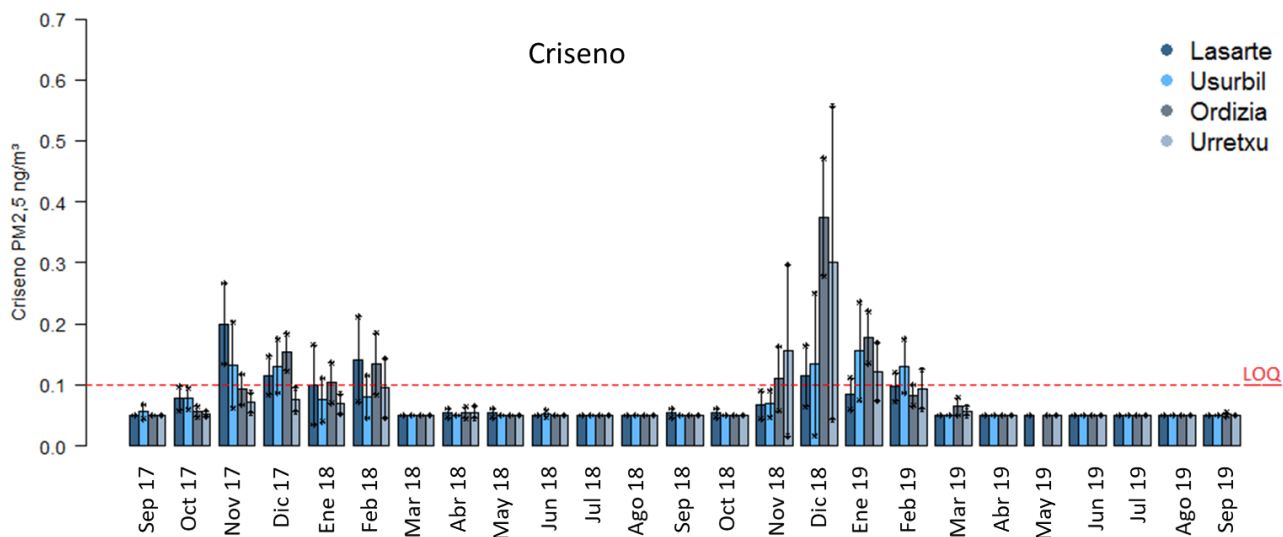
26. irudia. Benzo(k)fluorantenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



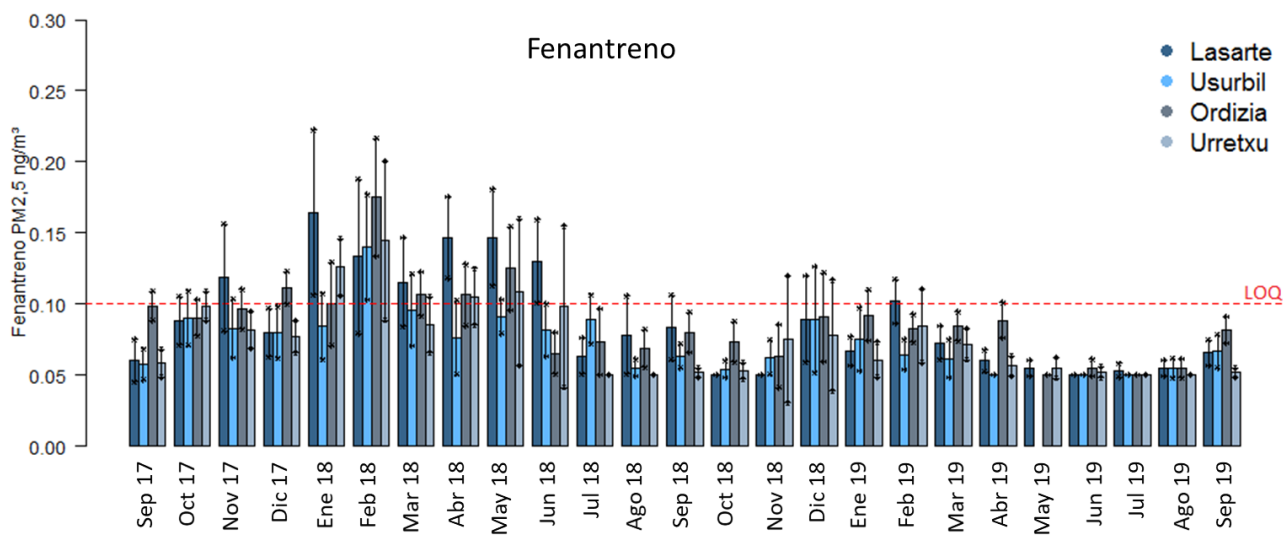
27. irudia. Dibenzo(a,h)antracenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



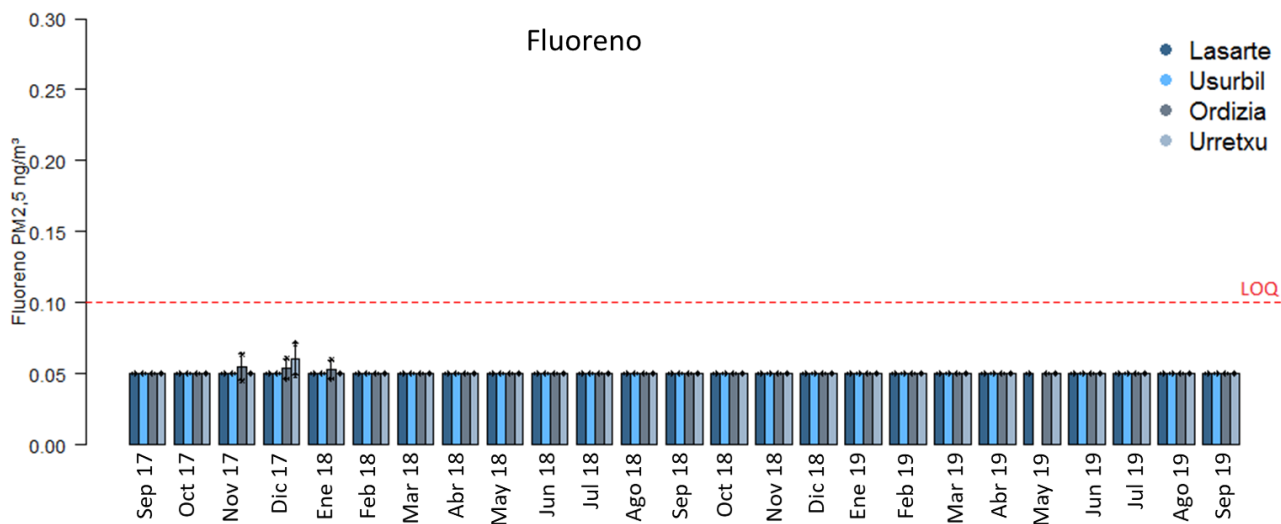
28. irudia. Fluorantenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



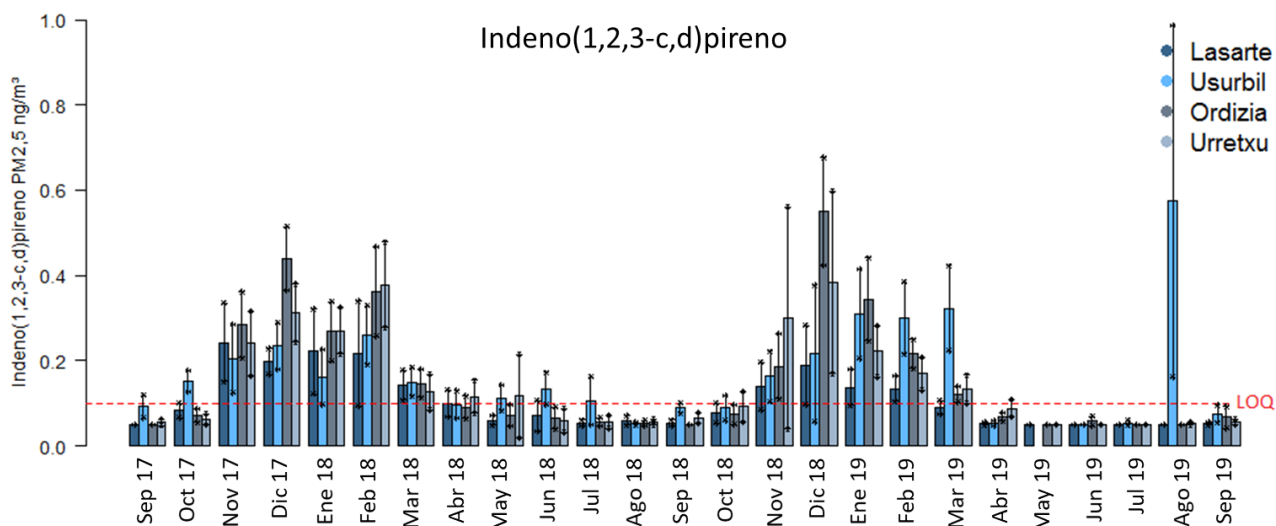
29. irudia. Krisenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



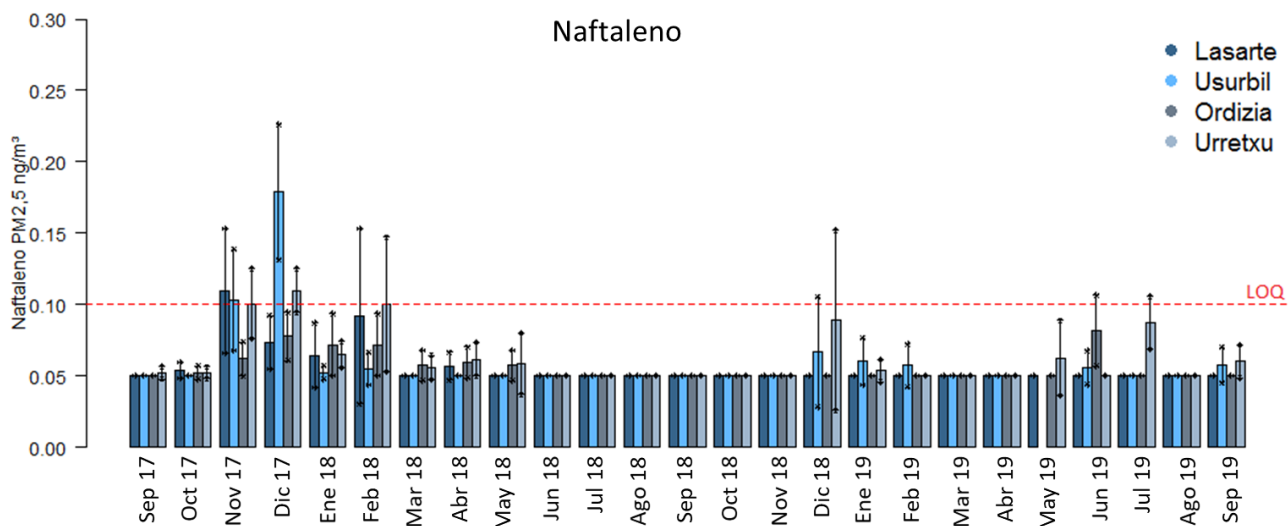
30. irudia. Fenantrenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



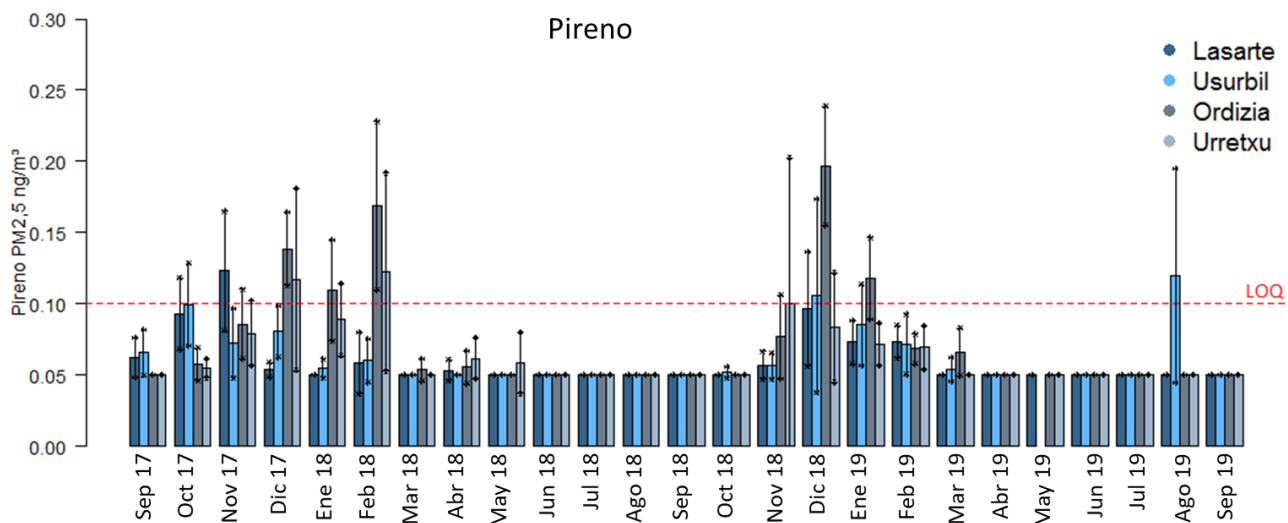
31. irudia. Fluorenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



32. irudia. Indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



33 irudia. Naftalenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.



34. irudia. Pirenoaren denbora-seriea, 2017ko iraila - 2019ko iraila.

#### 4.4 PCDD/Fak eta PCBak

Guztira, 100 aire-lagin analizatu ziren PCDD/Fen eta PCBen zehaztapena egiteko: 44, Urretxun, eta 56, eraginpeko eremuan (11, Lasarten, eta 45, Usurbilen) (ikus 1.3 ERANSKINA).

Emaitzen artean, PCDD/PCDFen mailetan outlier edo balio atipiko bat detektatu zen Usurbilen, 2018ko ekainaren 23-24ko asteburuan, San Joan gauean. PCDD/PCDF kontzentrazioa 304 fg TEQ/m<sup>3</sup> izatera iritsi zen lagin horretan; batez besteko balio baino % 3514,418 aldiz handiagoa, Usurbilen (1.5 ERANSKINean, laginari buruzko informazioa). PCBen balioak ez ziren handiagoak izan lagin horretan, udalerrri bereko beste asteburu batzuekin alderatuta. Lagin horren PCDD/Fen balioak hain atipikoak izanik, baztertu egin zen azterlaneko PCDD/Fen analisi estatistikoetatik.

Aire-laginen PCDD/F eta PCBen analisisen emaitzek (7. taula) adierazi zuten 67.77 [53.82, 85.34] fg/m<sup>3</sup> zela dioxinen baturaren kontzentrazioa (batezbesteko geometrikoa [KT%95]) eta furanoena, 48.83 [40.22, 59.29] fg/m<sup>3</sup>. PCDD/Fen baturaren kontzentrazioa 124.49 [101.21, 153.14] fg/m<sup>3</sup> izan zen. PCBei dagokionez, berriz, dl-PCBen kontzentrazioa 2.19 [1.94, 2.46] fg/m<sup>3</sup> izan zen, eta non dl-PCBena, 32.87 [29.06, 37.18] fg/m<sup>3</sup>.

OMEren 2005eko TEF balioen arabera kalkulaturiko baliokide toxikoa, PCDDetan, 3.95 [3.37, 4.62] fg TEQ/m<sup>3</sup> izan zen; PCDFetan, 3.94 [3.21, 4.83] fg TEQ/m<sup>3</sup>, eta PCDD/Fen baturarako, 8.17 [6.88, 9.72] fg TEQ/m<sup>3</sup>. dl-PCBen TEQ kontzentrazioen batura 1.21e-03 [1.02e-03, 1.43e-03] fg TEQ/m<sup>3</sup> izan zen, eta dioxina motako konposatu guztien batura (PCDD/Fs eta dl-PCBs), 8.176 [6.879, 9.717] fg TEQ/m<sup>3</sup>.

Eraginpeko eremuko udalerritan (Usurbil eta Lasarte) egindako PCDD/Fen mailen analisiak erakutsi zuen, Lasarten Usurbilen baino handiagoa izanda ere PCBen kontzentrazioa (75.96 [65.59, 87.98] fg/m<sup>3</sup> vs. 41.08 [30.04, 56.18] fg/m<sup>3</sup> hurrenez hurren), PCBen baliokide toxikoen mailak antzekoak zirela bi udalerrietan. Hala eta guztiz ere, PCDD/F maila handiagoak ikusi ziren Usurbilen, Lasarten baino (11.29 [8.41, 15.16] fg TEQ/m<sup>3</sup> vs. 5.41 [3.88, 7.55] fg TEQ/m<sup>3</sup>).

Eremuen arteko konparazioari dagokionez, dioxina maila handiagoak ikusi ziren (PCDDen batura) eraginpeko eremuan, kontrol-eremuarekin konparatuta: Usurbilen, 98.55 [73.87, 131.48] fg/m<sup>3</sup>, eta Urretxun, 42.44 [30.36, 59.32] fg/m<sup>3</sup>. PCDFen kontzentrazioa ere handiago izan zen Usurbilen, Urretxun baino (190.3 [150.98, 239.85]) fg/m<sup>3</sup> Usurbilen vs. 73.25 [53.9, 99.55] fg/m<sup>3</sup> en Urretxun). Halaber, dl-PCBen mailak handiagoak izan ziren Usurbilen, Urretxun baino, hots, Usurbilgo kontzentrazioa 3.09 [2.73, 3.5] fg/m<sup>3</sup> eta Urretxukoa, 1.41 [1.23, 1.61]

fg/m<sup>3</sup>. Halaber, baliokide toxikoen balioa ere handiagoa izan zen Usurbilen, Urretxun baino (13.78 [11.702, 16.227] fgTEQ/m<sup>3</sup> vs. 4.258 [3.46, 5.24] fgTEQ/m<sup>3</sup>, hurrenez hurren).

Urtaroetako aldakortasunari dagokionez, PCDDen, PCDFen eta PCDD/Fen baturaren kontzentrazio handiagoak ikusi ziren udazken-neguetan, udaberri-udatan baino, balio hauekin: 172.44 [138.58, 214.58]fg/m<sup>3</sup> neguan vs. 63.2 [40.35, 98.99]fg/m<sup>3</sup> 2018ko udan eta 66.87 [44.25, 101.04]fg/m<sup>3</sup> 2019ko udan ). Dena den, ez zen desberdintasun esanguratsutik egon baliokide toxikoen kontzentrazioan.

Astegunetako eta asteburuetako kontzentrazioari buruzko datuek adierazi zuten PCDF kontzentrazioak handiagoak zirela astelehenetik ostiralera, asteburuetan baino, balio hauekin: 64.23 [49.71, 83] fg/m<sup>3</sup> vs. 33.15 [24.72, 44.47] fg/m<sup>3</sup>. Halaber, PCDD/Fen baturaren mailak ere handiagoak izan ziren astegunetan (166.18 [124.94, 221.02] fg/m<sup>3</sup>) asteburuetan baino (87.31 [64.23, 118.66]) fg/m<sup>3</sup>. Hala eta guztiz ere, ez zen desberdintasunik egon PCBen balioetan, ez eta PCDD/F eta dl-PCBen baturaren baliokide toxikoetan ere, asteguna nahiz asteburua izan.

5. taula. PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m<sup>3</sup>-tan eta fgTEQ/m<sup>3</sup>-tan.

| Kontzentrazioa (fg/m <sup>3</sup> )                          | TOTAL (N=99) |         |                                  |                                  |                                  |
|--|--------------|---------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|  | Minimoa      | Maximoa | Batezbestekoa (KT%95)            | BG (KT%95)                       | Mediana (P25-P75)                |
| ΣPCDDs   | 7.77         | 1282.48 | 134.46 ( 92.88 , 176.05 )        | 67.77 ( 53.82 , 85.34 )          | 71.34 ( 27.59 , 129.52 )         |
| ΣPCDFs   | 4.45         | 283.27  | 72.74 ( 60.17 , 85.31 )          | 48.83 ( 40.22 , 59.29 )          | 53.42 ( 27.29 , 96.69 )          |
| ΣPCDD/Fs   | 15.28        | 1526.21 | 207.21 ( 157.66 , 256.75 )       | 124.49 ( 101.21 , 153.14 )       | 149.4 ( 70.53 , 225.54 )         |
| ΣPCBs  | 8.95         | 117.00  | 42.23 ( 37.23 , 47.42 )          | 35.4 ( 31.41 , 39.9 )            | 34.53 ( 22.18 , 56.49 )          |
| Σdl-PCBs   | 0.51         | 17.85   | 2.63 ( 2.21 , 3.03 )             | 2.19 ( 1.94 , 2.46 )             | 2.18 ( 1.48 , 3.28 )             |
| Σnon dl-PCBs   | 8.14         | 113.76  | 39.6 ( 34.81 , 44.61 )           | 32.87 ( 29.06 , 37.18 )          | 31.75 ( 20.29 , 52.4 )           |
| <b>TEQ kontzentrazioa<br/>OME 2005 (fgTEQ/m<sup>3</sup>)</b> |              |         |                                  |                                  |                                  |
| ΣPCDDs   | 0.92         | 21.95   | 5.33 ( 4.49 , 6.17 )             | 3.95 ( 3.37 , 4.62 )             | 3.82 ( 2.16 , 7.42 )             |
| ΣPCDFs   | 0.30         | 26.66   | 6.14 ( 5.02 , 7.25 )             | 3.94 ( 3.21 , 4.83 )             | 4.77 ( 2.05 , 8.67 )             |
| ΣPCDD/Fs   | 1.33         | 41.41   | 11.47 ( 9.63 , 13.3 )            | 8.17 ( 6.88 , 9.72 )             | 8.49 ( 4.11 , 17.34 )            |
| ΣPCBs  | 4.1e-5       | 1.59e-2 | 1.75e-03 ( 1.35e-03 , 2.15e-03 ) | 1.21e-03 ( 1.02e-03 , 1.43e-03 ) | 1.17e-03 ( 6.93e-04 , 1.97e-03 ) |
| ΣPCDD/Fs+dl-PCBs   | 1.33         | 41.41   | 11.47 ( 9.64 , 13.3 )            | 8.176 ( 6.879 , 9.717 )          | 8.5 ( 4.11 , 17.34 )             |



6. taula. PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoa, fg/m<sup>3</sup>-tan eta fgTEQ/m<sup>3</sup>-tan, eraginpeko eta kontrol-eremuetan.

| Kontzentrazioa(fg/m <sup>3</sup> )                       | Eraginpeko eremua (N=55)            |  |                                     | Kontrol- eremua (N=44)              |  |                                     |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
|  | Batezbestekoa (KT%95)               | BG (KT%95)                                   | Mediana (P25-P75)                   | Batezbestekoa (KT%95)               | BG (KT%95)                                   | Mediana (P25-P75)                   |
| ΣPCDDs   | 177.6 ( 109.86 , 245.33 )           | <b>98.55 ( 73.87 , 131.48 )*</b>             | 92.09 ( 54.63 , 222.17 )            | 80.55 ( 43.47 , 117.62 )            | <b>42.44 ( 30.36 , 59.32 )*</b>              | 43.96 ( 16.26 , 101.76 )            |
| ΣPCDFs   | 99.71 ( 81.65 , 117.78 )            | <b>80.46 ( 67.01 , 96.61 )*</b>              | 78.76 ( 51.97 , 130.41 )            | 39.02 ( 27.87 , 50.18 )             | <b>26.16 ( 19.72 , 34.7 )*</b>               | 30.22 ( 12.21 , 49.65 )             |
| ΣPCDD/Fs   | 277.31 ( 198.14 , 356.48 )          | <b>190.3 ( 150.98 , 239.85 )*</b>            | 167.71 ( 108.91 , 315.7 )           | 119.57 ( 77.93 , 161.22 )           | <b>73.25 ( 53.9 , 99.55 )*</b>               | 76.95 ( 30.92 , 169.8 )             |
| ΣPCBs  | 47.32 ( 40.56 , 54.08 )             | 40.62 ( 34.79 , 47.42 )                      | 43.16 ( 26.36 , 60.13 )             | 35.76 ( 28.33 , 43.19 )             | 29.72 ( 24.8 , 35.61 )                       | 26.5 ( 19.83 , 43.43 )              |
| Σdl-PCBs   | 3.5 ( 2.87 , 4.12 )                 | <b>3.09 ( 2.73 , 3.5 )*</b>                  | 2.76 ( 2.24 , 4.18 )                | 1.54 ( 1.34 , 1.73 )                | <b>1.41 ( 1.23 , 1.61 )*</b>                 | 1.41 ( 1.03 , 1.96 )                |
| Σnon dl-PCBs   | 43.82 ( 37.34 , 50.31 )             | 37.11 ( 31.54 , 43.67 )                      | 39.85 ( 24.47 , 56.71 )             | 34.22 ( 26.93 , 41.5 )              | 28.17 ( 23.4 , 33.92 )                       | 25.1 ( 18.22 , 41.19 )              |
| <b>TEQ kontzentrazioa OME 2005 (fgTEQ/m<sup>3</sup>)</b> |                                     |  |                                     |                                     |  |                                     |
| ΣPCDDs   | 7.59 ( 6.44 , 8.74 )                | <b>6.45 ( 5.49 , 7.59 )*</b>                 | 6.85 ( 4.43 , 10.2 )                | 2.51 ( 1.95 , 3.06 )                | <b>2.14 ( 1.82 , 2.51 )*</b>                 | 2.02 ( 1.47 , 2.85 )                |
| ΣPCDFs   | 8.67 ( 7.22 , 10.12 )               | <b>7.09 ( 5.93 , 8.48 )*</b>                 | 6.83 ( 4.58 , 12 )                  | 2.97 ( 1.74 , 4.21 )                | <b>1.89 ( 1.43 , 2.5 )*</b>                  | 1.98 ( 0.94 , 3.37 )                |
| ΣPCDD/Fs   | 16.26 ( 13.81 , 18.71 )             | <b>13.78 ( 11.7 , 16.22 )*</b>               | 13.36 ( 9.52 , 21.46 )              | 5.48 ( 4 , 6.96 )                   | <b>4.26 ( 3.46 , 5.24 )*</b>                 | 3.87 ( 2.51 , 7.35 )                |
| ΣPCBs  | 2.57e-03<br>( 1.92e-03 , 3.21e-03 ) | <b>2.04e-03<br/>( 1.72e-03 , 2.41e-03 )*</b> | 1.83e-03<br>( 1.40e-03 , 2.91e-03 ) | 7.14e-04<br>( 6.15e-04 , 8.14e-04 ) | <b>6.22e-04<br/>( 5.14e-04 , 7.52e-04 )*</b> | 5.92e-04<br>( 4.94e-04 , 9.43e-04 ) |
| ΣPCDD/Fs+dl-PCBs   | 16.26 ( 13.81 , 18.71 )             | <b>13.78 ( 11.702 , 16.227 )*</b>            | 13.36 ( 9.52 , 21.46 )              | 5.48 ( 4 , 6.96 )                   | <b>4.258 ( 3.46 , 5.24 )*</b>                | 3.87 ( 2.51 , 7.35 )                |

\* Batezbesteko geometrikoen arteko desberdintasun estatistikoki esanguratsuak letra lodiz jarri dira.

7. taula. PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m<sup>3</sup>-tan eta fgTEQ/m<sup>3</sup>-tan, eraginpeko eremuan: Lasarte eta Usurbil.

| Kontzentrazioa (fg/m <sup>3</sup> )                      | Zona expuesta (N=19)             |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|  | Lasarte N=11                     |                                  |                                  | Usurbil N=8                      |                                  |                                  |
|  | Batezbestekoa (KT%95)            | BG (KT%95)                       | Mediana (P25-P75)                | Batezbestekoa (KT%95)            | BG (KT%95)                       | Mediana (P25-P75)                |
| ∑PCDDs   | 157.67 ( 91.04 , 224.3 )         | 136.2 ( 94.53 , 196.23 )         | 111.391 ( 87.57 , 201.378 )      | 411.31 ( -23.8 , 846.43 )        | 208.11 ( 75.55 , 573.25 )        | 170.44 ( 85.5 , 479.72 )         |
| ∑PCDFs   | 121.62 ( 73.97 , 169.27 )        | 102.66 ( 67.19 , 156.86 )        | 130.01 ( 64.45 , 162.461 )       | 149.9 ( 109.59 , 190.21 )        | 143.72 ( 111.3 , 185.58 )        | 143.72 ( 114.55 , 167.57 )       |
| ∑PCDD/Fs   | 279.29 ( 167.57 , 391 )          | 241.3 ( 165.67 , 351.46 )        | 268.835 ( 160.59 , 357.298 )     | 561.21 ( 95.01 , 1027.41 )       | 385.15 ( 183.97 , 806.35 )       | 307.68 ( 208.82 , 654.46 )       |
| ∑PCBs  | 81.52 ( 70.13 , 92.9 )           | <b>79.86 ( 69.1 , 92.29 )*</b>   | 81.83 ( 68.7 , 94.79 )           | 46.29 ( 32.48 , 60.1 )           | <b>43.72 ( 32.21 , 59.35 )*</b>  | 47.28 ( 34.05 , 54.05 )          |
| ∑dl-PCBs   | 3.93 ( 3.24 , 4.61 )             | 3.79 ( 3.13 , 4.59 )             | 4.16 ( 3.19 , 4.64 )             | 2.68 ( 2.03 , 3.34 )             | 2.59 ( 2.04 , 3.28 )             | 2.28 ( 2.1 , 3.44 )              |
| ∑non dl-PCBs   | 77.59 ( 66.55 , 88.63 )          | <b>75.96 ( 65.59 , 87.98 )*</b>  | 77.09 ( 66.26 , 89.84 )          | 43.61 ( 30.3 , 56.92 )           | <b>41.08 ( 30.04 , 56.18 )*</b>  | 44.45 ( 31.98 , 51.28 )          |
| <b>TEQ kontzentrazioa OME 2005 (fgTEQ/m<sup>3</sup>)</b> |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ∑PCDDs   | 6.04 ( 4.04 , 8.04 )             | <b>5.41 ( 3.88 , 7.55 )*</b>     | 5.88 ( 3.84 , 7.57 )             | 11.97 ( 8.04 , 15.9 )            | <b>11.29 ( 8.41 , 15.16 )*</b>   | 10.54 ( 8.94 , 13.74 )           |
| ∑PCDFs   | 10.26 ( 6.39 , 14.13 )           | 8.71 ( 5.72 , 13.26 )            | 10.03 ( 5.62 , 13.8 )            | 13.42 ( 10.53 , 16.3 )           | 13.06 ( 10.66 , 16.01 )          | 12.96 ( 10.6 , 14.28 )           |
| ∑PCDD/Fs   | 16.3 ( 10.52 , 22.09 )           | 14.19 ( 9.68 , 20.8 )            | 16.44 ( 9.21 , 20.52 )           | 25.38 ( 18.78 , 31.99 )          | 24.44 ( 19.24 , 31.05 )          | 23.67 ( 19.08 , 28.16 )          |
| ∑PCBs  | 1.56e-03 ( 1.35e-03 , 1.78e-03 ) | 1.54e-03 ( 1.34e-03 , 1.76e-03 ) | 1.55e-03 ( 1.35e-03 , 1.77e-03 ) | 2.02e-03 ( 1.44e-03 , 2.60e-03 ) | 1.90e-03 ( 1.35e-03 , 2.67e-03 ) | 2.00e-03 ( 1.69e-03 , 2.38e-03 ) |
| ∑PCDD/Fs+dl-PCBs   | 16.31 ( 10.52 , 22.09 )          | 14.19 ( 9.68 , 20.8 )            | 16.44 ( 9.21 , 20.52 )           | 25.39 ( 18.78 , 31.99 )          | 24.44 ( 19.24 , 31.06 )          | 23.68 ( 19.08 , 28.16 )          |

\* Batezbesteko geometrikoen arteko desberdintasun estatistikoki esanguratsuak letra lodiz jarri dira.

8. taula. PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m<sup>3</sup>-tan eta fgTEQ/m<sup>3</sup>-tan, neguan eta udan

| Kontzen. (fg/m <sup>3</sup> )                   | 2018ko uda N=15                  |   |                                  | 2018/2019ko negua N=51           |   |                                  |
|---|----------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
|   | Batezbestekoa (KT%95)            | BG (KT%95)                                  | Mediana (P25-P75)                | Batezbestekoa (KT%95)            | BG (KT%95)                                    | Mediana (P25-P75)                |
| ∑PCDDs  | 32.42 ( 14.38 , 50.46 )          | 23.66 ( 15.54 , 36.04 )                     | 22.05 ( 15.58 , 31.83 )          | 151.91 ( 107.07 , 196.74 )       | <b>102.48 ( 80.16 , 131.02 )<sup>a</sup></b>  | 100.48 ( 61.9 , 148.69 )         |
| ∑PCDFs  | 51.89 ( 29.47 , 74.3 )           | 37.36 ( 22.7 , 61.49 )                      | 40.45 ( 20.85 , 71.12 )          | 78.63 ( 61.48 , 95.79 )          | 60.68 ( 49.4 , 74.52 )                        | 63.69 ( 36.89 , 98.67 )          |
| ∑PCDD/Fs  | 84.31 ( 48.35 , 120.26 )         | 63.2 ( 40.35 , 98.99 )                      | 72.29 ( 33.31 , 97.76 )          | 230.54 ( 176.9 , 284.18 )        | <b>172.44 ( 138.58 , 214.58 )<sup>a</sup></b> | 168.24 ( 110.7 , 250.04 )        |
| ∑PCBs   | 38.5 ( 29.74 , 47.26 )           | 35.34 ( 28.12 , 44.43 )                     | 34.21 ( 25.48 , 51.23 )          | 46.67 ( 38.62 , 54.71 )          | 38.53 ( 32.19 , 46.11 )                       | 36.03 ( 25.33 , 66.01 )          |
| ∑dl-PCBs  | 2.94 ( 2.07 , 3.81 )             | 2.53 ( 1.86 , 3.44 )                        | 2.44 ( 1.73 , 4.12 )             | 2.35 ( 2.06 , 2.65 )             | 2.13 ( 1.87 , 2.42 )                          | 2.15 ( 1.63 , 2.71 )             |
| ∑non dl-PCBs                                    | 35.56 ( 27.49 , 43.63 )          | 32.66 ( 26.01 , 41.01 )                     | 32.03 ( 23.73 , 47.27 )          | 44.31 ( 36.46 , 52.16 )          | 36.12 ( 29.99 , 43.52 )                       | 34.08 ( 23.41 , 64.22 )          |
| <b>TEQ kontzen. OME 2005 (fg/m<sup>3</sup>)</b> |                                  |   |                                  |                                  |   |                                  |
| ∑PCDDs  | 3.25 ( 1.94 , 4.55 )             | 2.63 ( 1.83 , 3.78 )                        | 2.24 ( 1.58 , 3.97 )             | 5.25 ( 4.3 , 6.2 )               | 4.3 ( 3.58 , 5.15 )                           | 4.2 ( 2.56 , 7.24 )              |
| ∑PCDFs  | 4.88 ( 2.6 , 7.16 )              | 3.45 ( 2.08 , 5.72 )                        | 3.53 ( 2.19 , 5.69 )             | 6.53 ( 4.99 , 8.07 )             | 4.87 ( 3.93 , 6.05 )                          | 5.05 ( 2.76 , 6.99 )             |
| ∑PCDD/Fs  | 8.13 ( 4.62 , 11.64 )            | 6.28 ( 4.17 , 9.46 )                        | 7.07 ( 3.69 , 9.1 )              | 11.78 ( 9.54 , 14.03 )           | 9.44 ( 7.79 , 11.44 )                         | 9.52 ( 5.46 , 17.34 )            |
| ∑PCBs   | 2.57e-03 ( 5.77e-04 , 4.57e-03 ) | 1.59e-03 ( 9.87e-04 , 2.55e-03 )            | 1.25e-03 ( 8.88e-04 , 2.48e-03 ) | 1.32e-03 ( 1.11e-03 , 1.53e-03 ) | 1.13e-03 ( 9.61e-04 , 1.33e-03 )              | 1.16e-03 ( 7.37e-04 , 1.69e-03 ) |
| ∑PCDD/Fs+dl-PCBs                                | 8.13 ( 4.62 , 11.64 )            | 6.28 ( 4.17 , 9.46 )                        | 7.07 ( 3.69 , 9.1 )              | 11.78 ( 9.54 , 14.03 )           | 9.44 ( 7.79 , 11.45 )                         | 9.52 ( 5.46 , 17.34 )            |
| <b>uda 2019 N=26</b>                            |                                  |   |                                  |                                  |   |                                  |
| Kontzen. (fg/m <sup>3</sup> )                   | Batezbestekoa (KT%95)            | BG (KT%95)                                  | Mediana (P25-P75)                |                                  |   |                                  |
| ∑PCDDs  | 58.77 ( 34.03 , 83.51 )          | <b>36.21 ( 24.01 , 54.62 )<sup>b</sup></b>  | 33.27 ( 15.21 , 77.84 )          |                                  |   |                                  |
| ∑PCDFs  | 47.97 ( 27.78 , 68.16 )          | <b>27.55 ( 17.43 , 43.55 )<sup>b</sup></b>  | 32.61 ( 9.1 , 76.06 )            |                                  |   |                                  |
| ∑PCDD/Fs  | 106.74 ( 63.63 , 149.85 )        | <b>66.87 ( 44.25 , 101.04 )<sup>b</sup></b> | 79.52 ( 27.23 , 153.63 )         |                                  |   |                                  |
| ∑PCBs   | 30.95 ( 23.34 , 38.56 )          | 26.5 ( 21.17 , 33.19 )                      | 24.08 ( 17.6 , 44.34 )           |                                  |   |                                  |
| ∑dl-PCBs  | 2.85 ( 1.46 , 4.24 )             | 1.94 ( 1.38 , 2.71 )                        | 2.09 ( 1.01 , 3.34 )             |                                  |   |                                  |
| ∑non dl-PCBs                                    | 28.1 ( 21.48 , 34.71 )           | 24.11 ( 19.22 , 30.24 )                     | 22.75 ( 15.6 , 41.55 )           |                                  |   |                                  |
| <b>TEQ kontzen. OME 2005 (fg/m<sup>3</sup>)</b> |                                  |   |                                  |                                  |   |                                  |
| ∑PCDDs  | 5.04 ( 3.15 , 6.93 )             | 3.3 ( 2.25 , 4.84 )                         | 2.15 ( 1.54 , 6.91 )             |                                  |   |                                  |
| ∑PCDFs  | 4.07 ( 2.11 , 6.02 )             | <b>2.07 ( 1.26 , 3.4 )<sup>b</sup></b>      | 1.79 ( 0.79 , 5.73 )             |                                  |   |                                  |
| ∑PCDD/Fs  | 9.11 ( 5.37 , 12.85 )            | 5.48 ( 3.59 , 8.34 )                        | 3.6 ( 2.26 , 12.64 )             |                                  |   |                                  |
| ∑PCBs   | 2.12e-03 ( 1.15e-03 , 3.08e-03 ) | 1.09e-03 ( 6.45e-04 , 1.83e-03 )            | 8.19e-04 ( 5.08e-04 , 2.95e-03 ) |                                  |   |                                  |
| ∑PCDD/Fs+dl-PCBs                                | 9.11 ( 5.37 , 12.86 )            | <b>5.48 ( 3.6 , 8.35 )<sup>b</sup></b>      | 3.6 ( 2.26 , 12.65 )             |                                  |   |                                  |

<sup>a</sup> estatistikoki esanguratsua, 2018ko uda vs. 2018/2019ko negua erkatuta<sup>b</sup> estatistikoki esanguratsua, 2018/2019ko negua vs. 2019ko uda erkatuta

9. taula. PCDD/F eta PCB kontzentrazioen batezbestekoak, fg/m<sup>3</sup>-tan eta fgTEQ/m<sup>3</sup>-tan, astegunetan eta asteburuetan.

| Kontzentrazioa (fg/m <sup>3</sup> )                       | Astegunetan (N=52)                  |                                     |                                     | Asteburuetan (N=41)                 |                                     |                                     |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|   | Batezbestekoa (KT%95)               | BG (KT%95)                          | Mediana (P25-P75)                   | Batezbestekoa (KT%95)               | BG (KT%95)                          | Mediana (P25-P75)                   |
| ∑PCDDs  | 172.09 ( 108.66 , 235.52 )          | 92.3 ( 66.96 , 127.24 )             | 92.97 ( 51.7 , 189 )                | 96.06 ( 36.1 , 156.01 )             | 47.98 ( 34.12 , 67.46 )             | 47.27 ( 18.9 , 109.77 )             |
| ∑PCDFs  | 89.85 ( 70.29 , 109.42 )            | <b>64.23 ( 49.71 , 83 )*</b>        | 68.98 ( 41.86 , 118.07 )            | 49.18 ( 34.88 , 63.48 )             | <b>33.15 ( 24.72 , 44.47 )*</b>     | 34.1 ( 17.43 , 56.22 )              |
| ∑PCDD/Fs  | 261.94 ( 186.1 , 337.78 )           | <b>166.18 ( 124.94 , 221.02 )*</b>  | 167.12 ( 107.37 , 321.77 )          | 145.24 ( 76.78 , 213.69 )           | <b>87.31 ( 64.23 , 118.66 )*</b>    | 85.81 ( 46.34 , 174.49 )            |
| ∑PCBs   | 42.75 ( 36.06 , 49.44 )             | 36.85 ( 31.62 , 42.94 )             | 35.94 ( 22.54 , 55.16 )             | 39.2 ( 31.04 , 47.37 )              | 31.96 ( 26.1 , 39.14 )              | 29.88 ( 18.35 , 54.12 )             |
| ∑dl-PCBs  | 2.73 ( 2.03 , 3.43 )                | 2.18 ( 1.83 , 2.6 )                 | 2.32 ( 1.38 , 3.06 )                | 2.39 ( 1.99 , 2.8 )                 | 2.07 ( 1.74 , 2.47 )                | 2.09 ( 1.53 , 2.77 )                |
| ∑non dl-PCBs  | 40.02 ( 33.65 , 46.4 )              | 34.26 ( 29.27 , 40.09 )             | 33.77 ( 21.21 , 52.02 )             | 36.81 ( 28.88 , 44.74 )             | 29.62 ( 24.03 , 36.5 )              | 27.66 ( 17.02 , 51.22 )             |
| <b>TEQ kontzentrazioa<br/>OME 2005 (fg/m<sup>3</sup>)</b> |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
| ∑PCDDs  | 6.34 ( 5.06 , 7.62 )                | 4.71 ( 3.75 , 5.93 )                | 5.29 ( 2.38 , 9.44 )                | 4.05 ( 2.95 , 5.16 )                | 3.12 ( 2.51 , 3.89 )                | 2.63 ( 1.77 , 4.68 )                |
| ∑PCDFs  | 7.34 ( 5.7 , 8.97 )                 | <b>4.97 ( 3.76 , 6.56 )*</b>        | 5.66 ( 2.92 , 10.84 )               | 4.31 ( 2.79 , 5.83 )                | <b>2.74 ( 2.01 , 3.74 )*</b>        | 2.7 ( 1.4 , 4.89 )                  |
| ∑PCDD/Fs  | 13.68 ( 10.87 , 16.49 )             | 9.93 ( 7.78 , 12.68 )               | 10.96 ( 5.79 , 20.16 )              | 8.36 ( 6.11 , 10.61 )               | 6.15 ( 4.79 , 7.89 )                | 5.93 ( 3.48 , 10.75 )               |
| ∑PCBs   | 1.82e-03<br>( 1.35e-03 , 2.29e-03 ) | 1.31e-03<br>( 1.04e-03 , 1.65e-03 ) | 1.37e-03<br>( 6.71e-04 , 2.19e-03 ) | 1.66e-03<br>( 8.80e-04 , 2.44e-03 ) | 1.05e-03<br>( 7.83e-04 , 1.40e-03 ) | 1.02e-03<br>( 6.26e-04 , 1.70e-03 ) |
| ∑PCDD/Fs+dl-PCBs  | 13.68 ( 10.87 , 16.5 )              | 9.936 ( 7.784 , 12.683 )            | 10.96 ( 5.79 , 20.16 )              | 8.36 ( 6.11 , 10.62 )               | 6.147 ( 4.788 , 7.892 )             | 5.94 ( 3.48 , 10.75 )               |

\* Batezbesteko geometrikoen arteko desberdintasun estatistikoki esanguratsuak letra lodiz jarri dira.

## 5. EZTABAIDA

Azterlan honetan airearen kalitatearen ebaluazioa egin da, eraginpeko eremuan (Usurbil eta Lasarte) eta kontrol-eremuan (Urretxu eta Ordizia), 2017ko irailetik 2019ko irailera bitartean. Aireko PM<sub>2.5</sub>, metal, HAP eta PCDD/F eta PCBak zehaztu dira, eta aurkitutako mailak egungo legeriarekin eta literatura zientifikoan aurkitutako mailekin alderatu dira.

### 5.1 PM<sub>2.5</sub> eta horiei loturiko aztarna-elementuak

Azteraldian (2017ko iraila - 2019ko iraila) neurtutako PM<sub>2.5</sub> partikulen batez besteko balioak honako hauek izan ziren Usurbilen, Lasarten, Ordizian eta Urretxun: 9.56 [9.22; 9.89] µg/m<sup>3</sup>, Lasarten; 10.58 [10.09; 11.07] µg/m<sup>3</sup>, Usurbilen; 12.20 [11.77; 12.63] µg/m<sup>3</sup>, Ordizian, eta 10.15 [9.67; 10.62] µg/m<sup>3</sup> Urretxun. Aztertutako eremuan, aldi horretan, zehaztapenen % 42.6tan OMEk gomendatutako maila gainditu zen (10 µg/m<sup>3</sup>). 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako 25 µg/m<sup>3</sup>-ko muga kontuan hartzen bada, zehaztapenen % 2,2tan gainditu zen. Europar Batasunean (EB), 2016an, hiritarren % 6k gainditu egin zuen EBko muga (25 µg/m<sup>3</sup>), eta % 74k, gutxi gorabehera, OMEk gomendatutako balioa baino (10 µg/m<sup>3</sup>) kontzentrazio handiagoak izan zituen (European Environment Agency, 2018). 2018ko Espainiako Ingurumen Profilarren txostena aintzat hartuta, Espainiako hiri-ingurune PM<sub>2.5</sub> partikulen kontzentrazioa 9.7 µg/m<sup>3</sup>-koa izan zen 2018an, azterlan honetan ikusitakoaren antzekoa; PM<sub>2.5</sub> partikulen hondoko kontzentrazioa, berriz, 6-7 µg/m<sup>3</sup>-koa izan zen 2017an (Trantsizio Ekologikoko Ministerioa, 2019).

Gipuzkoan, lau udalerrietan aurkitutako PM<sub>2.5</sub> partikulen mailak, 2017an, Gipuzkoako beste herri batzuetan ikusitakoaren antzekoak izan ziren (Donostia, Beasain edo Zumarraga), non batez besteko balioak 10 µg/m<sup>3</sup>-tik behera egon baitziren. Hala ere, populazio horietako balioek gorabehera txikiak izan zituzten, eta kasu batzuetan muga hori gainditu egin zen azken urteetan (2014-2017). Airearen Kalitatearen Sareko PM<sub>2.5</sub> partikulen balioak, gure laginketa-puntuetatik gertukotzat jo daitezkeen estazioetan (Beasain, Zumarraga edo Añorga), txixixeagoak izan ziren azterlanekoak baino (Beasainen, 9.33 µg/m<sup>3</sup>; Zumarragan, 9.15 µg/m<sup>3</sup>; Añorgan, 9.39 µg/m<sup>3</sup>). PM<sub>2.5</sub> partikulen neurriekin lotutako faktore zuzentzailea aplikatuz gero Beasaingo, Zumarragako eta Añorgako ingurumen-estazioetako ekipo automatikoekin, Airearen Kalitate Saretik deribaturiko balioak 11.2 µg/m<sup>3</sup>-ra iritsiko lirатеke Beasainen; 10.98 µg/m<sup>3</sup>-ra, Zumarragan, eta 11.27 µg/m<sup>3</sup>-ra, Añorgan. Emaidza horiek bat datoz lan honetatik ateratakoekin.

Horregatik, ondoriozta dezakegu azterlan epidemiologiko honen xede diren udalerrietako mailak Gipuzkoako beste eremu batzuetan aurkitutakoaren antzekoak direla.

PM<sub>2.5</sub>en, metalen eta HAPen emaitzek estatistikoki desberdintasun esanguratsuak erakutsi dituzte, aztertutako aldiaren, aztertutako eremuko udalerrietan. Industria-jarduera handiko

udalerrria da Ordizia, eta partikulekin lotutako PM<sub>2.5</sub>en, metalen eta HAPen mailarik altuenak izan ditu, gainerako udalerriekin alderatuta. Nahiz eta Ordizia eta Urretxu kontrol-eremuko udalerrri gisa hautatu ziren, esan beharra dago, udalerrri horien arteko aldeak zirela eta, azterketa estatistikoak egiteko, eraginpeko eremuko mailak Ordiziako mailekin eta Urretxuko mailekin, berezita, konparatu zirela.

Azterturiko eremuen arteko aldeak aintzat hartuta, azpimarratzekoa da nikelak Ordizian hartutako maila; izan ere, azteraldian batez besteko balioa askoz handiagoa izan zen, eraginpeko eremuan eta Urretxun baino. PM<sub>2.5</sub> partikuletan metal horren mugarik ez dagoenez, bihurketa bat egin da ( $Ni_{PM_{2.5}} = Ni_{PM_{10}} * 0.5095$ ), Bilboko M<sup>a</sup> Díaz de Haro ingurumen-estazioan 2014an ikusitako PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> korrelazioak erreferentziatzat hartuta. Bihurketa horrekin, PM<sub>10</sub> partikuletako Ni-ren batez besteko balioa 54.91 ng/m<sup>3</sup> zela estimatu zen, hots, Europako Zuzentarauan PM<sub>10</sub>erako ezarritako balioa baino (20 ng/m<sup>3</sup>) handiagoa. PM<sub>10</sub> partikuletarako arauturiko gainerako metalen (beruna, artsenikoa eta kadmioa) batez besteko mailak PM<sub>10</sub>rako mugaren azpitik egon ziren.

HAPei dagokienez, aztertutako konposatu gehienak detekzio-mugaren azpitik egon ziren neurketen % 80an baino gehiagotan; horrek adierazten zuen, beraz, kutsatzaile horiekiko esposizio txikia zela aztertutako eremuan. Bentzo(a)pirenoaren (BaP) batez besteko mailak – 102/2011 Errege Dekretuak PM<sub>10</sub> partikuletarako arauturiko HAP bakarra– PM<sub>10</sub>erako mugaren azpitik egon ziren (1ng/m<sup>3</sup>) aztergai diren 4 udalerrietan. Hala ere, inoiz gainditu egin zen PM<sub>2.5</sub>etako BaP-ren balio hori Ordizian, Usurbilen eta Urretxun.

Urtarokotasun nabarmena ikusi da HAPen kontzentrazioetan: balioak handiagoak izan dira udazken-negutan. Joera hori bat dator aurretik argitaratutako beste azterlan batzuekin, zeinetan maila handiagoak detektatu baitira neguan, berokuntza-sistemetakoa errekontza-prozesu ez-eraginkorrak areagotzeagatik (Miura et al., 2019; Prevedouros et al., 2004), edota hainbat fenomeno meteorologikorengatik edo aire-masaren jatorria aldatzeagatik (Lertxundi et al., 2010; Prevedouros et al., 2004).

Laburbilduz, eraginpeko eremuko PM<sub>2.5</sub>en, metalen eta HAPen mailak txikiagoak izan ziren, oro har, Ordizian neurtutakoak baino, eta Urretxun ikusitakoak baino handixeagoak edota antzekoak. Hori bat dator, lehen esan bezala, Ordiziako industria-jarduera indartsuarekin, bai eta, bestalde, Urretxuko industria gutxiagorekin –azterlaneko eraginpeko eremuarekin konparatuz, betiere–.

## 5.2 PCDD/Fak eta PCBak

Azterlan honetako aire-laginetan ikusitako dioxina, furano eta PCBen batez besteko balioak Espainian eta Europan aurkitutakoen antzekoak ziren. Hala ere, adierazi behar da ezohiko balio handia detektatu zela Usurbilen 2018ko ekainaren 23-24an, udalerrri horretan kalkulaturako 2018ko PCDD/Fen batezbestekoa baino % 3514,418 maila handiagoarekin (ikus txostena 1.5 ERANSKINean). Balio hori puntuala izan arren, kontuan izan behar da konposatu horien isuri batzuk direla eta, kontzentrazio oso handiak detektatzea eragin dezaketela.

Katalunian, 1994. eta 2015. urteen artean egindako monitorizazio-programa batean, batez besteko mailak (MG (KT% 95)) 21 fg I-TEQ/ m<sup>3</sup> izan ziren 2005-2015 hamarkadan (Parera et al., 2018), eta industria-eremuetako kontzentrazioa handiagoa izan zen (22 fg I-TEQ/ m<sup>3</sup>). Azterlan honetako balioak (MG (KT% 95) 8.56 (7.17, 10.23) fg I-TEQ/m<sup>3</sup> izan ziren, Kataluniako azterlanean detektaturikoak baino txikiagoak.

OMEk Europarako egindako Aire Kalitatearen Gidak (2000) Europako herrialdeetako PCDD/Fen mailak jasotzen ditu, 2.000 baina lehenagoko aldietakoak. Azterlan horren arabera, azterlan honetan behatutako balioak (batezbestekoa [KT95%]: 11.47 [9.63, 13.3] fg TEQ /m<sup>3</sup>) Holandan (0.01-0.140 pg TEQ/m<sup>3</sup>) eta Suedian (0.003-0.055 pg TEQ/m<sup>3</sup>) aurkitutako mailen tartean zeuden, eta Belgikakoak (0.02-0.59 pg TEQ/m<sup>3</sup>), Alemaniakoak (<0.07-1.6 pg TEQ/m<sup>3</sup>) eta Erresuma Batukoak (0.17 pg TEQ/m<sup>3</sup>) baino txikiagoak izan ziren.

Halaber, Europako azterlan berriagoek ere adierazten dute azterlan honetako maila beste herrialdeetako antzekoa edo txikiagoa izan zela. Europaren erdialdean 2011-2014 urte artean egindako PCDD/Fak eta PCBak monitorizatzeko azterlan batek 0.2 fg/m<sup>3</sup> eta 61.1 fg TEQ/m<sup>3</sup> arteko PCDD/F balioak detektatu zituen (Degrendele et al., 2019). Italian egindako beste azterlan batean, non hiri-eta landa-eremuko edo erreferentziazko PCDD/F mailak konparatzen baitziren, 65 fg TEQ/m<sup>3</sup>-ko PCDD/F mailak ikusi ziren hiri-eremuan; landa-eremuan, berriz, maila txikiagoak (3 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup>), (Menichini et al., 2007). Polonian egindako azterlan batean, 26tik 400ra fg iTEQ/m<sup>3</sup> bitarteko PCDD/F mailak ikusi ziren, (Dziubanek et al., 2016); gure azterlanekoak baino handiagoak.

Mexikoko, Estatu Batuetako eta Kanadako Airearen Kalitatea monitorizatzeko programek (MDAMN, NDAMN eta NAPS, hurrenez hurren) PCDD/Fen balio hauek jaso dituzte: TEQ/m<sup>3</sup> (2008-2012 aldian), 0.6-43.1 TEQ/m<sup>3</sup> (1999-2004 aldian) eta 1-1419 TEQ/ m<sup>3</sup> (1989-2009 aldian). Oraingo azterketan ikusitako mailak Ipar Amerikako 3 herrialdeetako mailetan egon ziren.

Txinan egindako beste azterlan batzuek PCDD/Fen balio handiagoak ematen dituzte industria-eremuetako airetan, batez besteko 806.8 fg TEQ/m<sup>3</sup> mailarekin (Bi et al., 2020). Japonian PCDD/Fei dagozkien kalitate-estandarrak 600 fg i-TEQ/m<sup>3</sup>-koak dira, gure batez besteko balioak baino askoz handiagoak (12.21 fg i- TEQ/m<sup>3</sup>), eta Shangain ikusitakoak baino txikiagoak ere baziren (56.8 fg/TEQ/m<sup>3</sup>) (Qingqi Die et al., 2015).

dIPCBei dagokienez, azterlan honetako mailak (batezbestekoa [KT% 95]) 1.75e-03 [1.35e-03, 2.15e-03] fg TEQ/m<sup>3</sup> izan ziren, Europa erdialdean behatutakoak baino 10 aldiz txikiagoak (dIPCBak 0.01 FG TEQ/ m<sup>3</sup> eta 2.9 FG/ m<sup>3</sup> TEQ artean (Degrendele et al., 2019). Era berean, azterlan honetan (batezbestekoa: 42.23 FG/m<sup>3</sup>) guztizko PCBen kontzentrazioa txikiagoa izan zen Italian egindako azterlanean baino. Azterlan horretan, hiri-eremuko balioak 553 pg/ m<sup>3</sup>-koak izan ziren, eta landa-eremukoak 94 pg/ m<sup>3</sup>-koak (Menichini et al., 2007).

Era berean, MDAMN, NDAMN eta NAPS monitorizazio-programetan behaturikoak baino askoz txikiagoak izan ziren azterlan honetako PCB mailak; horietan, hurrenez hurren, 0.03-76 fgTEQ/m<sup>3</sup>, 0.1-8.6 fgTEQ/m<sup>3</sup> eta 0.2-24.6 fgTEQ/m<sup>3</sup> balioak ikusi baitziren .

Eraginpeko eremuko eta kontrol-eremuko PCDD/F eta PCB maileri dagokienez, emaitzek erakutsi zuten kontzentrazio txikiagoa izan zutela, bai PCDD/Fek, bai PCBek kontroleko eremuan, balio hauekin: MG (KT%95) 4.258 (3.46, 5.24) fg TEQ/m<sup>3</sup>, Urretxun vs. 13.78 (11.702, 16.227) fg TEQ/ m<sup>3</sup>, eraginpeko eremuan. Urretxun eta inguruan, gaur egun ez dago substantziak isurtzen dituen jardueradun enpresarik (PRTR-Espainia), Usurbilen ez bezala, non bai baitago horrelako industriarik. PM<sub>2.5</sub> partikulen eta partikulei loturiko azterna-elementuen emaitzak bat datoz PCDD/F eta PCBen datuekin, eta adierazten dutenez, azterlaneko eraginpeko eremuak kutsadura-maila handiagoak ditu Urretxuk baino.

Datuek urtarokotasuna dagoela adierazten dute, PCDD/Fen eta PCB batzuen kontzentrazioari lotuta; maila handiagoak antzematen dira neguan, udarekin konparatuta. Diferentzia hori, ziurrenik, neguan berogailua erabiltzen delako da, aurreko azterlanetan aipatu den bezala (Dziubanek et al., 2016; Muñoz-Arnanz eta al., 2018; Coutinho et al., 2007; Sweetman & Graf, 2013). PCDD/F mailak udan baino 3 aldiz handiagoak izatera iritsi ziren neguan Protugalen (Coutinho et al., 2007) eta 4tik 13ra aldiz handiagoak, Polonian (Dziubanek et al., 2016).

PCBei dagokienez, azterlan honetan ez da ikusi urtaro arteko desberdintasunik, dIPCBerako izan ezik (PCB 28 eta PCB 52). PCBen urtarokotasunari buruz dagoen literaturan ez dago adostasunik. Espainian aurretiaz egindako azterlan batean ikusi zen dIPCBak igo egin zirela udan, tenperatura handiagoa zelako (Muñoz-Arnanz et al., 2018) Polonian, aldiz, neguko mailak handiagoak izan ziren udakoak baino (Dziubanek et al., 2016). Emaitzen arteko adostasun-eza



izan daiteke leku bakoitzeko tenperaturaren eta baldintza atmosferikoen arteko desberdintasunagatik. Muñoz eta kolaboratzaileen azterlanean aipatzen da (Muñoz-Arnanz et al., 2018) tenperatura eta baldintza atmosferikoak izan daitezkeela udan PCBen kontzentrazioa igotzeko kausa. Gure azterlanean, ekain-uztailak hartzen dira uda-garaitzat.

Industriak eta zirkulazioak PCDD/Fen eta PCBen kontzentrazioan duten eragina detektatzeko, astegun eta ateburuetako mailen artean ikusitako desberdintasuna ere hartu da aintzat. Konposatu horien kontzentrazioa handiago izan zen astegunetan, industria-jarduerarekin eta zirkulaziorarekin batera (jendearen joan-etorria eta merkantzien garraioa).

Laburbilduz, gaurdaino ditugun datuek adierazten dute (2017ko irailetik 2019ko ekainera bitarteko azteraldiko batezbestekoa) Usurbil, Ordizia, Urretxu eta Lasarten izandako PM<sub>2.5</sub> partikulekiko esposizioak, gainditu egiten duela, oro har, OMEk gomendaturiko muga (10 µg/m<sup>3</sup>). Indarrean den araudiak ez duenez jasotzen PM<sub>2.5</sub>etako aztarna-elementuen mugarik, partikulei atxikitako aztarna-elementuekiko esposizioa ebaluatzeko, PM<sub>10</sub> partikula atmosferikoetarako ezarritako muga-balioak hartzen dira erreferentziatzat.

Egungo emaitzek adierazten dute kezkarriak izaten jarraitzen dutela Ordiziako Ni balioak, Zuzentarauak ezarritako atariko balioa gainditu baitute ikerlan honetan aztertutako hilabeteen erdietan baino gehiagotan. Gainera, 2018ko abenduan, benzo(a)pirenoaren balioak gertu ibili ziren Europako araudiak ezarritako mugetatik. Atmosfera-kutsatzaileekiko esposizioa handiagoa da, oro har, udalerrri horretan, azterlaneko beste udalerriekin alderatuz gero.

## 6. ONDORIOAK

Airearen kalitateari buruzko azterlan honek informazio xehakaturia ematen du, GIGEBI martxan jarri aurretik zer-nolako egoera zegoen adierazita, instalazioaren eraginpean dagoen eremuan eta GIGEBItik urrun dagoen kontrol-eremu batean. Instalazioa martxan jarri aurreko oinarritzko mailak ezarri dira, erreferentziatzat balioko dutenak hurrengo monitorizazioetarako.

Emaitzek adierazten dute,  $PM_{2.5}$  partikulei dagokienez, eragineko eremuko eta kontroleko eremuko aurreko egoera antzekoa dela, lege ezarritako mugen azpitik, baina OMEk gomendaturikoen gainetik. Kontrol eremuko udalerririk dagoen daude, Ordizian, hain zuten,  $PM_{2.5}$ , metal eta HAP kontzentrazio handienak. Beraz, batetik industria-presentzia handiko udalerririk dagoen (Ordizia) airearen kalitateari buruzko informazioa edukita, eta bestetik, industria-presentzia txikiagoko informazioa (Urretxu), hainbat agertoki ditugu Gipuzkoan airearen kalitateari dagokienez.

Bestalde, egoera kezagarria antzeman da, Ordizian, Ni kontzentrazio handia dela eta, 102/2011 zuzentarauak ezarritako atariko balioa gainditu baitu, bikoizteraino.

Dioxina, furano eta PCBei dagokienez, berriz, GIGEBI martxan jarri aurreko egoeran maila handiagoak detektatu dira instalazioaren eraginpeko eremuan, kontrol-eremuan baino, nahiz eta azterlan honetako mailak beste herrialde batzuetan ikusitakoen antzekoak izan, eta PCBei dagokienez, txikiagoak.

Gainera, ohi ez bezain handia den balio bat detektatu da, Usurbilen, 2018ko ekainaren 23-24ko asteburuan; ziurrenik, industria-isurpenekin zerikusirik ez duten kontuengatik. Kontuan izan behar da ezohiko egoera hori beste testuinguru batzuetan ere errepika daitekeela, eta, oraingoan bezalaxe, ezin jakin izatea zein jarduerak eragindakoa den.

Halaber, portaera-eredu desberdinak ikusi dira denboraren arabera. Alde batetik, urtarokotasuna ikusi da HAPen eta PCDD/Fen kasuan, balio handiagoak erakutsi baitituzte udazken-negutan. Bestaldetik, dioxina kontzentrazio handiagoa antzeman da astegunetan, asteburuekin konparatuta. Horrek guztiak denborazko portaera baten berri ematen digu immisioei dagokienez, eta lagungarri izango zaigu geroko emaitzak interpretatzeko.

## 7. ERRREFERENTZIAK

- Aittola J, Paasivirta J, Vattulainen A. 1992. Measurements of organochloro compounds at a metal reclamation plant. *Organohalogen Compd* 9:9–12.
- Beelen R et al. 2008. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR Study). *Environmental Health Perspectives*, 116(2):196–202. 9.
- Bi C, Chen Y, Zhao Z, Li Q, Zhou Q, Ye Z, Ge X. Characteristics, sources and health risks of toxic species (PCDD/Fs, PAHs and heavy metals) in PM<sub>2.5</sub> during fall and winter in an industrial area. *Chemosphere*. 2020 Jan;238:124620. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124620. Epub 2019 Aug 19.
- Burnett RT, Pope CA, Ezzati M, Olives C, Lim SS, Mehta S, Shin HH, Singh G, Hubbell B, Brauer M, Anderson HR, Smith KR, Balmes JR, Bruce NG, Kan H, Laden F, Prüss-Ustün A, Turner MC, Gapstur SM, Diver WR, Cohen A. 2014. An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environ Health Perspect*. 122(4):397-403.
- Clement RE, Tosine HM, Osborne J, Ozvacic V, Wong G. 1985. Levels of chlorinated organics in a municipal incinerator. In: Keith LH, editor; , Rappe C, editor; , Choudhary G, editor. , eds. *Chlorinated Dioxins and Dibenzofurans in the Total Environment II* . Boston, MA: Butterworth Publishers. Pp.489–514.
- Coutinho M, Pereira M, Borrego C. 2007. Monitoring of ambient air PCDD/F levels in Portugal. *Chemosphere*. 67: 1715-21.
- Degrendele C, Fiedler H, Kočan A, Kukučka P, Přibyllová P, Prokeš R, Klánová J, Lammel G. 2020. Multiyear levels of PCDD/Fs, dl-PCBs and PAHs in background air in central Europe and implications for deposition. *Chemosphere* 240:124852.
- Dziubanek G, Marchwińska E, Hajok I, Piekut A. 2016. Inhalation Exposure to Dioxins and dl-PCBs Depending on the Season in Upper Silesia, Poland: A Pilot Study. *Cent Eur J Public Health* 24(2):115-9. doi: 10.21101/cejph.a4286.
- EEA. European Environment Agency. Air quality in Europe — 2018 report. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/airqualityineurope-2018report\\_tcm30-187944.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/airqualityineurope-2018report_tcm30-187944.pdf).
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. EPA Contract Laboratory Program: Statement of Work for Organic Analysis . Washington, DC: EPA.

- EPA. 1997. Standards of performance for new stationary sources and emission guidelines for existing sources: Hospital/medical/infectious waste incinerators; Final rule. Fed Regist 62:48348.
- EPA. 2014. Priority Pollutant List.
- Parera J, Aristizabal BH, Martrat MG, Adrados MA, Sauló J, Ábalos M, Abad E. Long-term monitoring programme of polychlorinated dioxins and polychlorinated furans in ambient air of Catalonia, Spain (1994-2015). *Sci Total Environ.* 2018 Aug 15;633:738-744. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.183. Epub 2018 Mar 28.
- IARC. Complete List of Agents evaluated and their classification. Consultado en diciembre de 2019. Disponible en: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications>.
- Johansson Ch, Norman M, Burman L. 2008. Road traffic emission factors for heavy metals. *Atmos. Environ.* 43, 4681-4688 doi:10.1016/j.atmosenv.2008.10.024.
- Miura K, Shimada K, Sugiyama T, Sato K, Takami AChan CK, Kim IS, Kim YP, Lin NH, Hatakeyama S. 2019. Seasonal and annual changes in PAH concentrations in a remote site in the Pacific Ocean. *Sci Rep.* 9: 12591.
- Karagulian F, Van Dingenen R, Belis CA, Janssens-Maenhout G, Crippa M, Guizzardi D, Dentener F. 2017. Attribution of anthropogenic PM<sub>2.5</sub> to emission sources, EUR 28510 EN, doi 10.2760/344371.
- Krewski D et al. 2009. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society linking particulate air pollution and mortality. Boston, MA, Health Effects Institute (HEI Research Report 140).
- Lahl U. 1993. Sintering plants of steel industry—The most important thermal PCDD/CDF source in industrialized regions. *Organohalogen Compd* 11:311–314.
- Lahl U. 1994. Sintering plants of steel industry—PCDD/F emission status and perspectives. *Chemosphere* 29:1939–1945.
- Lertxundi A, Martinez MD, Ayerdi M, Alvarez J, Ibarluzea JM. 2010. Air quality assessment in urban areas of Gipuzkoa (Spain). *Gac Sanit.* 24(3):187-92.
- Lexen K, De Wit C, Jansson B, Kjeller LO, Kulp SE, Ljung K, Söderstrom G, Rappe C. 1993. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran levels and patterns in samples from different Swedish industries analyzed within the Swedish dioxin survey. *Chemosphere* 27:163–170.
- Menichini E, Iacovella N, Monfredini F, Turrio-Baldassarri L. 2007. Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and at an urban site in Rome. *Chemosphere* 69(3):422-34.

- Ministerio de Transición Ecológica. Informe Perfil Ambiental de España 2018. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/indice\\_perfil\\_ambiental.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/indice_perfil_ambiental.aspx)
- Muñoz-Arnanz J, Roscales JL, Vicente A, Ros M, Barrios L, Morales L, Abad E, Jiménez B. 2018. Assessment of POPs in air from Spain using passive sampling from 2008 to 2015. Part II: Spatial and temporal observations of PCDD/Fs and dl-PCBs. *Sci Total Environ* 1;634:1669-1679.
- Organización Mundial de la Salud. World Health Organization. Regional Office for Europe. (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335>.
- Organización Mundial de la Salud, 2018. Ambient (outdoor) air pollution [WWW Document]. URL [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 2.7.20).
- Pope CA III et al. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287(9): 1132–1141.
- Prevedouros K, Jones KC, Sweetman AJ. 2004. Modelling the atmospheric fate and seasonality of polycyclic aromatic hydrocarbons in the UK. *Chemosphere* 56(3):195-208.
- PRTR-España. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. Ministerio para la Transición Ecológica. <http://www.prtr-es.es/>
- Querol X, Alastuey A, Rodríguez S, Viana MM, B. Artíñano B, Salvador P, Mantilla E, García dos Santos S, Fernandez Patier R, de La Rosa J, Sanchez de la Campa A, Menéndez M, Gil JJ. 2004. Levels of particulate matter in rural, urban and industrial sites in Spain, *Science of The Total Environment* 334–335: 359-376.
- Querol X, Viana M, Alastuey A, Amato F, Moreno T, Castillo S, Pey J, de la Rosa J, Sánchez de la Campa A, Artíñano B, Salvador P, García Dos Santos S, Fernández-Patier R, Moreno-Grau S, Negral L, Minguillón MC, Monfort E, Gil JJ, Inza A, Ortega LA, Santamaría JM, Zabalza J. 2007. Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain, *Atmospheric Environment* 41: 7219-7231.
- Querol X, Alastuey A, Moreno T, et al. Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM10 and PM2.5) across Spain 1999–2005. *Atmospheric Environment*. 2008;42:3964–79.

- Rappe C, Kjeller L, Kulp S, deWit C, Hasselsten I, Palm O. 1991. Levels, profile and pattern of PCDDs and PCDFs in samples related to the production and use of chlorine. *Chemosphere* 23:1629–1636.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Ministerio de la Presidencia. Publicado en BOE núm. 25 de 29 de enero de 2011.
- Real Decreto 785/2001, de 6 de julio, por el que se adelanta la prohibición de comercialización de las gasolinas con plomo y se establecen las especificaciones de las gasolinas que sustituirán a aquéllas. Ministerio de Economía. Publicado en BOE núm. 162 de 07 de Julio de 2001. Vigencia desde 08 de Julio de 2001. Revisión vigente desde 08 de Julio de 2001.
- Schwartz JD, Wang Y, Kloog I, Yitshak-Sade M, Dominici F, Zanobetti A. 2018. Estimating the Effects of PM<sub>2.5</sub> on Life Expectancy Using Causal Modeling Methods. *Environ Health Perspect* 126(12):127002.
- Sweetman A & Graf C. 2013. Annual Report for 2013 on the UK Toxic Organic Micro-pollutants (TOMPs) Air Monitoring and Analysis Network.
- Thoma H. 1988. PCDD-F concentrations in chimney soot from house heating systems. *Chemosphere* 17:1369–1379.
- Qingqi Die, Zhiqiang Nie, Feng Liu, Yajun Tian, Yanyan Fang, Hefeng Gao, Shulei Tian, Jie He, Qifei Huang. 2015. Seasonal variations in atmospheric concentrations and gas–particle partitioning of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs around industrial sites in Shanghai, China *Atmospheric Environment* 119: 220-227.
- van der Werf GR, Randerson JT, Giglio L, Collatz GJ, Mu M, Kasibhatla PS, Morton DC, DeFries RS, Jin Y, van Leeuwen TT. 2010. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997– 2009), *Atmos Chem Phys* 10, 11707–11735.
- Zook DR, Rappe C. 1994. Environmental sources, distribution, and fate of polychlorinated dibenzodioxins, dibenzofurans, and related organochlorines. In: Schechter A, editor. ed. *Dioxins and Health*. New York: Plenum Press. Pp.80–113.

## ERANSKINAK

1.1 ERANSKINA: TEF balioak

1.2 ERANSKINA: PM2.5, metal eta HAPen emaitzak, Excel formatuan

1.3 ERANSKINA: PCDD/Fen eta PCBen emaitzak, Excel formatuan

1.4 ERANSKINA: PCDD/Fen eta PCBen emaitzak, PDF formatuan (Laborategiak sinatuak)

1.5 ERANSKINA: 1. ildoan deskribaturiko PCDD/Fen eta PCBen balio anomaloen azterketa

1.6 ERANSKINA: PM2.5, metal eta HAPen hartze eta zehaztapenari buruzko informazio osagarria.

1.7 ERANSKINA: PM2.5, metal eta HAPen emaitzak, PDF formatuan (laborategiak sinatuak)