

Materia partikulatu atmosferikoa Euskal Autonomia Erkidegoan: egoeraren azterketa

Ainhoa Inza Agirre

Mineralogia eta Petrologia Saila,
Zientzia eta Teknologia Fakultatea (UPV/EHU)

Laburpena: Atmosferan esekita dagoen materia partikulatuak kalteak sor ditzake gure osasunean eta ingurumenean. Hori dela-eta, gaur egungo gizartea kezkatuta ageri da arnasten dugun airearen kalitatearekin, eta politikariak estrategia berriak garatu beharrean gertatzen dira biztanleen eskaerak asetzeko. Horiek zentzuz bideratzeko, ordea, daukagun egoera zein den jakin behar da lehenago. Horixe da artikulu honen helburua: egoera horren berri ematea. Hain zuzen, «*Materia partikulatu atmosferikoaren denbora-serieen eta konposizio kimikoaren azterketa Euskal Autonomia Erkidegoko zenbait gunetan*» ikerketa lanean oinarrituta, bertan partikulen azterketa egiteko erabili den metodologia eta lortutako emaitza eta ondorio nagusiak aurkeztuko dira; lana Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) Zientzia eta Teknologia Fakultateko Mineralogia eta Petrologia Sailean egin da.

Abstract: In recent years, there has been an increasing interest in atmospheric particulate matter. This interest is mainly based on health and environmental concerns. People are worried about the air quality and politicians have to make changes in their strategies in order to improve the air quality of the cities and fulfill society's demand and expectations. That is why it is very important to know the real situation. This is the aim of this article: to give information about particulate air quality. The article presents the methodology used to study the particles and the results and main conclusions obtained in a research work carried out at the Department of Mineralogy and Petrology in the Faculty of Science and Technology of the University of the Basque Country.

1. SARRERA

«*Madril eta Bartzelona, kutsadura txapel beltz baten azpian*», «*Eguraldiak agerian utzi du airearen kalitate eskasa hainbat lekutan*», «*Larrialdi zerbitzuak aireko kutsaduraren eragina nabaritzen hasi dira*»... Hainbat komunikabide eta egunkaritan horien antzeko izenburu gordinak entzun eta irakurri ahal izan ditugu aurten; hain zuzen, otsaileko bigarren astean. Baina hil horren hasieran gertatutakoa berria izan al da? Hainbesterainokoa izan ote da? Azken batean, zertaz aritu dira hedabideak?

Euskal Herrian ez diraartzelona eta Madril bezalako hiri handietan izaten diren kutsadura-arazoak, baina ez gaude kezka horretatik salbu. Gainera, kutsadura agerikoagoa da presio altuen eraginpean gaudenean; izan ere, antizikloiak euri eta haize faltarekin batera iraultze termikoa ekartzen du, eta, ondorioz, airearen kalitatea ohi baino eskasagoa izaten da egoera horretan. Hori da, hain zuzen, otsailaren hasieran gertatu dena, hein handi batean.

Materia partikulatua da, egoera antiziklonikoak eragindako muturreko egoerak gorabehera, Euskal Autonomia Erkidegoko (EAE) atmosferan arazo gehien sortzen dituen kutsatzailea, eta bera izango da lan honen aztergai nagusia. Hain zuzen, artikulu honetan kutsatzaile horren ezaugarri orokorrak eta ohiko joerak aurkeztuko dira. Horretarako, Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) Zientzia eta Teknologia Fakultateko Mineralogia eta Petrologia Sailean egindako ikerketa lana erabiliko da; «*Materia partikulatu atmosferikoaren denbora-serieen eta konposizio kimikoaren azterketa Euskal Autonomia Erkidegoko zenbait gunetan*» du izenburua [1]. Hain zuzen, partikulen azterketa egiteko erabili den metodologiaren eta lortutako emaitza eta ondorio nagusien berri emango da.

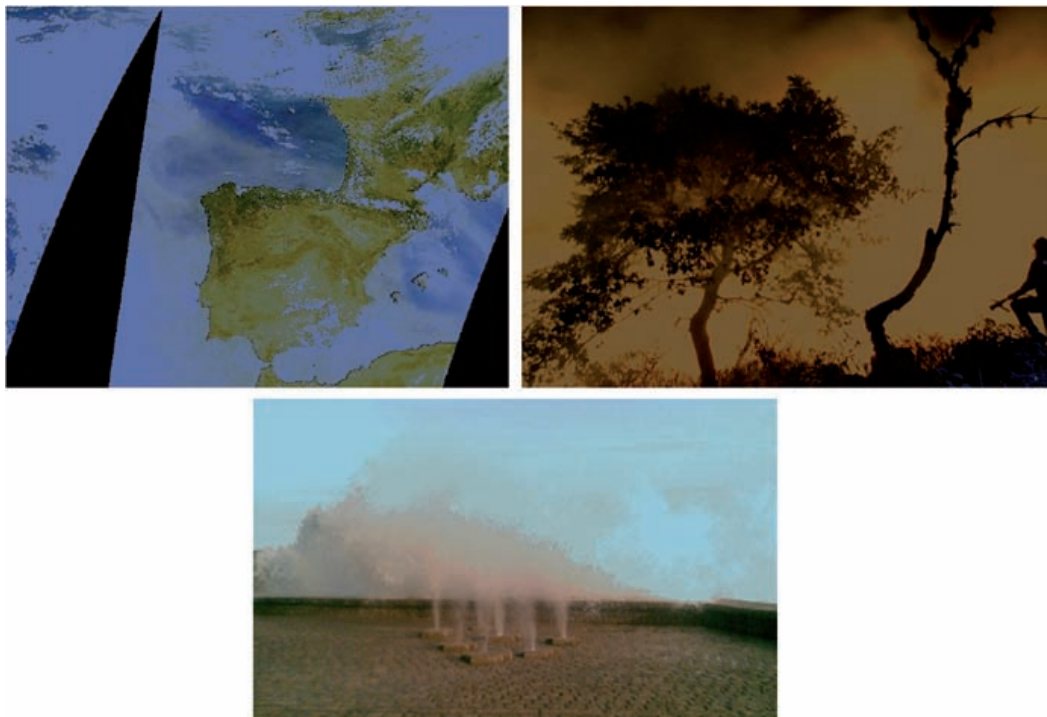
2. MATERIA PARTIKULATUA. KONTZEPTU OROKORRAK

Atmosferan esekita dagoen partikula solidoen edota likidoen multzoari, ur purua kontuan hartu gabe, *materia partikulatu atmosferikoa* (ingelesez *PM*, «particulate matter») deitzen zaio [2]. Materia partikulatua atmosferari eragiten dion kutsatzaile bat da, eta osasunerako oso kaltegarritzat jotzen da; arnas eta zirkulazio-aparatuko gaitzak sor ditzake [3, 4]. PMak, gainera, eragin zuzena du ekosistemetan, ikuspenean eta eraikuntza-nahiz estaldura-materialen eraldaketan. Horregatik guztiagatik, PMaren ikerketa interesgarria izateaz gain beharrezkoa ere bada.

Materia partikulatua sailkatzeko orduan hainbat irizpide har daitezke gogoan: sortzen duen iturria, eraketa-mekanismoa, granulometria, konposizioa eta atmosferan esekita irauteko duen gaitasuna. Hortaz, zein irizpideri jarraitzen zaion, modu batera edo bestera sailka daiteke PMa.

Jatorriaren arabera, hain zuzen, partikulak izan daitezke naturalak — atmosferan naturan gertatzen diren prozesuen eraginez dauden partikulak — eta antropogenikoak — gizakiaren jardueraren eraginez atmosferan daudenak —; eta eraketa-mekanismoaren arabera, berriz, lehen mailakoak eta bigarren mailakoak. Lehen mailakoak, igorpen-iturritik zuzenean isurtzen dira atmosferara; eta bigarren mailakoak, atmosferan bertan sortzen dira, gertatzen diren prozesu fisiko-kimikoen ondorioz eta gas aitzindarietatik abiatuta.

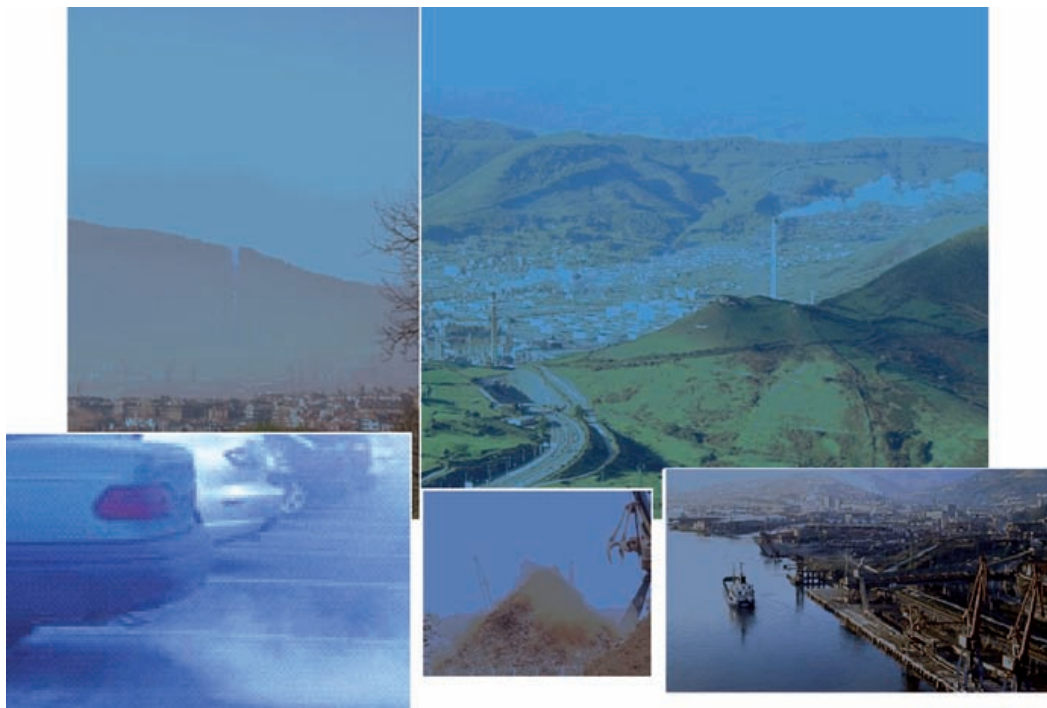
Partikula naturalak lehen mailakoak izaten dira nagusiki: lurreko hautsak, itsas partikulak, suteek eta sumendiek eragindakoak, eta lore-hautsa bezalako landareen hondakinak eta mikroorganismoen hondakinak, besteak beste.



1. irudia. Lehen mailako partikulen iturri naturalak: lurreko hautsak, suteek sortutako keak eta itsas partikulak

Baina bigarren mailakoak ere jatorri naturalekoak izan daitezke, eta partikula horien gas aitzindarien adibideak honakoak dira: sumendiek isuritako SO_2 gasak, itsasoko igorpen biogenikoen ondorioz sortutako dimetil sulfuroa, lurraren transpirazioak eragindako gasak, tximistek sortutakoak eta baso-ingurune zabalek landareen transpirazioa dela-eta sortzen dituzten lurrun organikoak. Partikulen iturri antropogeniko nagusiak, bestalde, hirietan eta industriaguneetan daude, eta haien artean trafikoa, etxeetako berogailuak, eraikitze eta eraipen lanak eta industri jarduerak dira aipagarrienak (2. irudia). Hiri-eremuetan, aipatutako iturriek aireratutako kutsatzaileak esparru geografiko txikietan kontzentratzen dira, sakabanatzeko zailtasunak izaten dituzte, eta hartzaileetatik oso distantzia txikira egoten dira.

Partikulak tamaina askotakoak izan daitezke: badira nanometrotan (nm) neurtzeko moduko diametroa dutenak, baina baita ehunka mikrorainokoak (μm) ere. Hortaz, tamainari dagokionez, partikulak ultrafinak, finak edo lodiak direla esaten da. Airearen kalitatea aztertzeko, PMaren kontzentrazioa



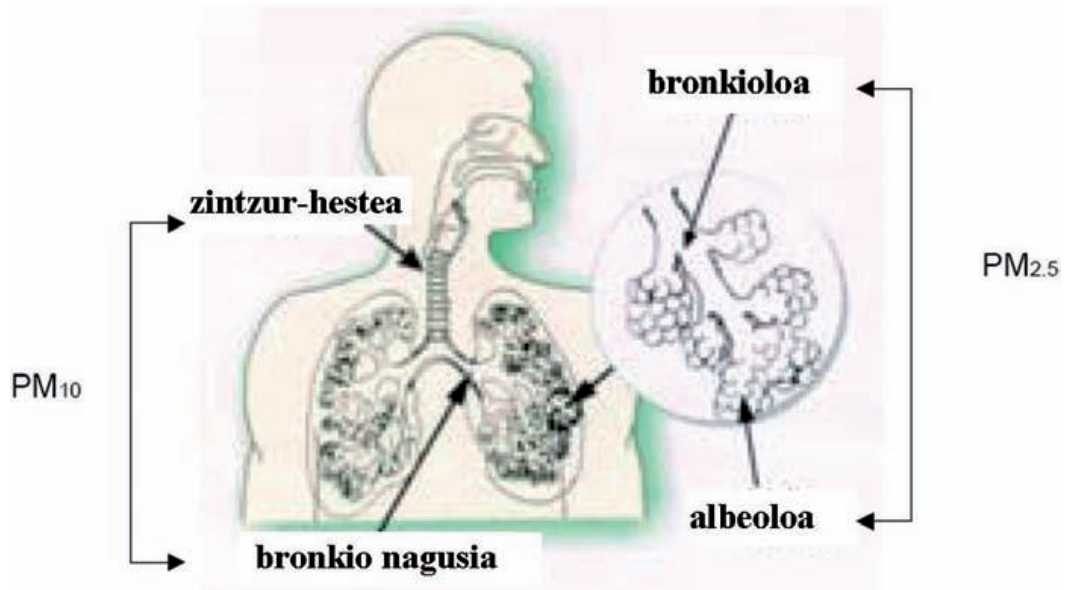
2. irudia. Hirietako partikulen iturri antropogenikoen adibideak. Industri jarduerak eta trafikoa (errepidekoa zein itsasokoa)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ modura ematen da, eta partikulak hurrengo frakzio granulometrikoe-tan sailkatzen dira: TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ eta PM_1 . TSP terminoak esekitako partikula guztiak biltzen dituen bitartean, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ eta PM_1 parametroak 10, 2.5 eta 1 μm -ko diametrotik beherako partikulei dagozkie, hurrenez hurren. Materia partikulatuak gizakiengan sor ditzakeen arazoak ezberdinak dira partikulen tamainaren arabera (3. irudia).

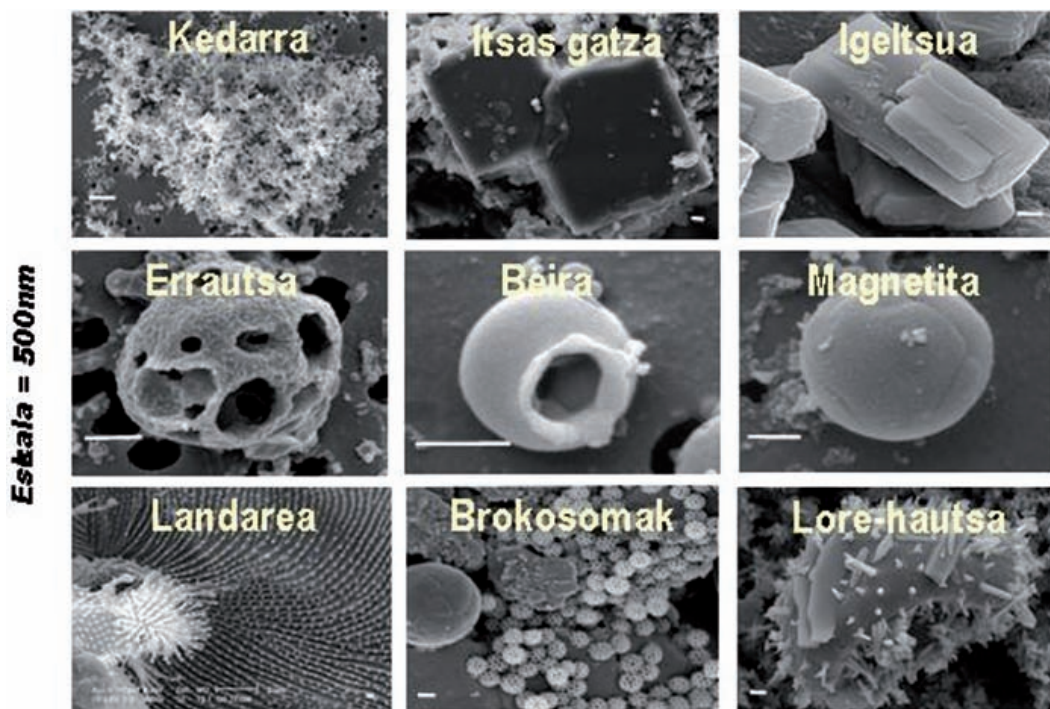
Partikula handiak (10 μm -ko diametrotik gorakoak) sudurretik sartu eta eztarriraino jaisten dira, baina arnasketaren bidez kanporatzen direnez, ez dute osasun arazo larriarik sortzen; partikula txikiagoak, aldiz, biriketaraino irits daitezke eta batzuk (2.5 μm -tik beherakoak) albeoloetaraino; ondorioz, gerta daiteke odolaren bidez gorputzeko beste organoetara garraiatzea eta azken hauek ere hondatzea.

Konposizioari dagokionez, PMA osatzen duten osagaien artean bost talde nagusi bereizten dira: materia minerala (lurrazalarena), itsas aerosola, eta sulfuro-, nitrogeno- eta karbono-konposatuak.

Partikulek atmosferan hainbat orduan edota hainbat egunean iraun dezakete bere horretan, baina guztiek ez dute atmosferan esekita irauteko gaitasun bera, eta bertatik desagertzen dira deposizio hezea edo deposizio lehorra bezalako mekanismo ezberdinen bitartez eta partikulen ezaugarrien



3. irudia. Partikulek organismoan sartzeko duten gaitasuna, beren tamainaren arabera



4. irudia. Materia partikulatuaren adibideak; partikula naturalak (itsas gatzak, igeltsuak, lore-hautsak, landare-zati batek edo matxinsaltoek sortutako brokosomak) eta antropogenikoak (kedarra, errautsa, beira eta magnetita). Mikroskopiaoren bidez hartutako irudiak

arabera. Hurrengo parametroen araberakoa da atmosferan esekita irauteko gaitasuna: diametroa, konposizioa eta propietate termodinamikoak.

Azken batean, materia partikulatua iturri eta mekanismo ezberdin askoren bidez sortzen da, eta, ondorioz, izaera, granulometria eta konposizio ezberdineko partikulen nahaste konplexu bat da, 4. irudian ikus daitekeen bezala.

2.1. Materia partikulatuaren kontrola

2001. urtera arte materia partikulatuaren kontrola ondorengo bi parametro hauen bidez egiten zen: ke beltzak eta esekitako partikula guztiak. 2001eko uztailean 1999/30/CE Zuzentaraua jarri zen indarrean, eta, horrekin batera, PM₁₀-ren muga balioak ezarri ziren, aurreko parametroak baztertuta. Gaur egun, 2008/50/CE Zuzentaraua da Europan materia partikulatuaren maila arautzen duena (1. taula). Lege horretan bi muga balio ezartzen dira, 1999/30/CE Zuzentaruaren 2005. urterako eskatu zirenak: urteko muga balioa (40 µg/m³ PM₁₀) eta eguneko muga balioa (50 µg/m³ PM₁₀, urtean 35 aldiz baino gehiagotan gainditu ezin dena).

Muga balio horiez gain, Zuzentaruak, PM_{2,5} parametroari dagokionez, 25 µg/m³-ko jomuga balio bat ezartzen du, 2015ean muga balio bihurtuko dena.

1. taula. Europako 2008/50/CE Zuzentaruak ezartzen dituen urteko eta eguneko PM₁₀ muga balioak, eguneko muga balioa gaindi dezakeen egun kopurua eta urteko PM_{2,5} jomuga eta muga balioa

2008/50/CE Zuzentaruak	PM ₁₀	PM _{2,5}
Urteko jomuga balioa (µg/m ³)		25 (2010)
Urteko muga balioa (µg/m ³)	40 (2005)	25 (2015)
Urteko muga balioa, 2. fasea (µg/m ³)		20 (2020)
Eguneko muga balioa (µg/m ³)	50 (2005)	
Eguneko muga balioa gainditu daitekeen egun kopurua	35 (2005)	

Gerta daiteke 2008/50/CE Zuzentaruak ezarritako muga balioak gertaera natural baten ondorioz gainditzea (hau sakonago aztertuko da 4.1. Afrikako partikulak atalean). Kasu horietan, jazoera hori benetan gertatu dela egiaztatzea posible bada, fenomeno horri dagokion PM-ekarpena ken daiteke erregistratutako partikula kopuru osotik.

Aipatutako muga eta jomuga balioez gain, Osasunaren Mundu Erakundeak (OME), osasunaren babeserako, Airearen Kalitatearen Gidan [5], urteko zein 24 orduko honako muga balioak proposatzen ditu, hurrenez hu-

ren: PM₁₀ parametrarako, 20 eta 50 µg/m³; PM_{2.5} parametrarako, berriz, 10 eta 25 µg/m³ (kopuru guztiak batez bestekoak dira).

3. IKERKETA LANAREN NONDIK NORAKOAK ETA HELBURUAK

Materia partikulatuaren kontzentrazio maila eta, muin-muinean, airearen kalitatea da, hain zuzen, egin den lanean ikertu dena. Lan horretan materia partikulatuak Euskal Autonomia Erkidegoan duen presentzia aztertu da; zehatz-mehatz, PM₁₀ motakoak duena. Besteak beste, airearen kutsadura mota horrek EAEko hainbat zonaldean eta garaitan dituen kontzentrazioak alderatu dira. Lortutako emaitzak, gainera, beste ikertzaile batzuek antzeko inguruneetan, baina Iberiar Penintsulako beste estazio batzuetan, jasotako emaitzekin alderatu dira.

Esan bezala, euskal herritarrok arnasten dugun airearen kalitatea eza-gutzea izan da ikerketa lanaren helburu nagusia. Hori dela-eta, EAEko hiri handienak aztertu dira, hiriburuak, alegia: Donostia, Gasteiz eta Bilbo, hiri horietan aurkitzen baita biztanle kopuru handiena (5. irudia).



5. irudia. Euskal Autonomia Erkidegoa. Hiriburuen kokapena

Kutsadura maila aztertzeaz gain, materia partikulatuaren ohiko joerak zeintzuk diren aztertu da, eta, horretarako, ezinbestekoa izan da hiritarrak ez diren eta horiek baino garbiagoak diren inguruneei erreparatzea; azken horiek erreferentzia gisa erabili dira.

Industriaguneak lan honetatik kanpo utzi dira. Izan ere, gune horietan gertatzen dena berezia izaten da, eta industriagune bakoitzaren adierazle suertatzen da; beraz, ezin ditugu multzo berean sartu, eta denak batera aztertu. Industriaguneen inguruko arazoak banan-banan aztertu beharrekoak izaten dira.

Azken batean, oraingo egoera aztertzea izan da lanaren helburua, baina gerora ere, unean uneko, tokian tokiko arazoak aztertzeke, oinarrizko erreferentzia izan nahi du artikulu honek.

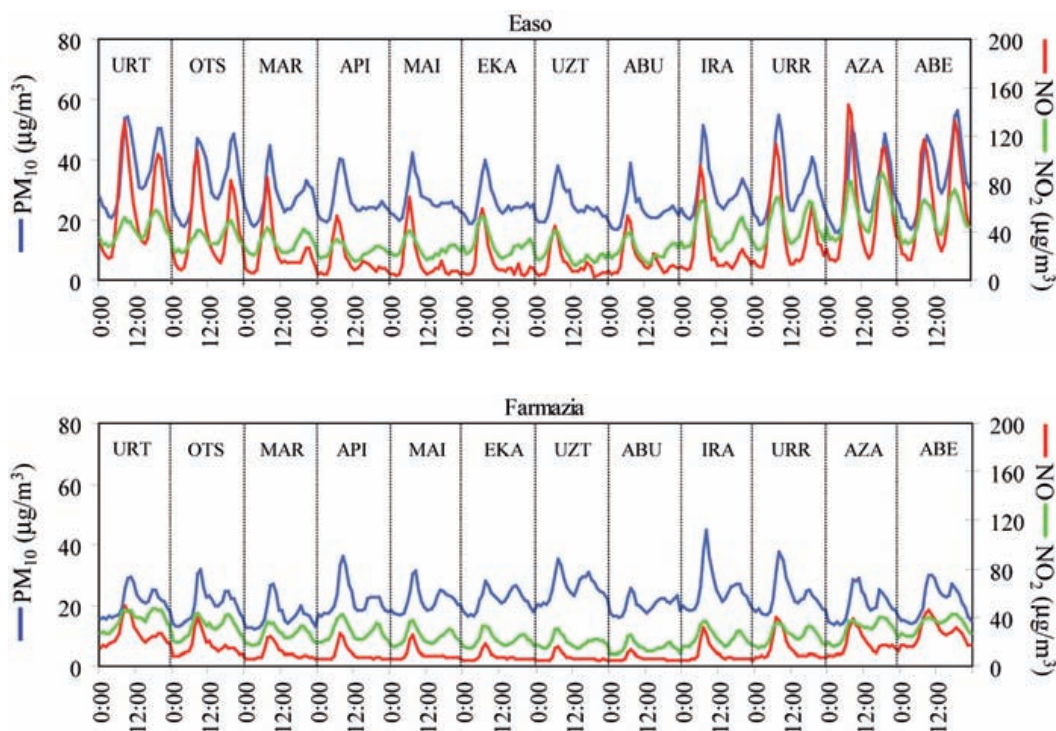
4. METODOLOGIA

Ikerketa lan hau aurrera eramateko, PM_{10} kontzentrazioari buruzko orduan orduko eta egunean eguneko datu multzoak bildu eta aztertu dira EAEko hainbat tokitan, baita gas-espezie kutsagarri batzuenak ere (CO , NO_x — NO eta NO_2 batzen ditu— SO_2 eta O_3). Hain zuzen ere, Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Sailak airearen kalitatea zaintzeko eta kontrolatzeko duen Sareko hamabi estazioetan 2004a eta 2007a bitartean erregistratutako datuak baliatu dira.

Estazio horiek lau ingurune motaren adierazletzat hartu dira, eta iturri antropogenikoen eraginaren arabera sailkatu dira; sailkapen hori egiteko funtsezkoak izan dira lehenago aipatutako gas-espezieen datuak (adibidea, 6. irudia).

NO_x parametroa, hirietan, trafikoarekin lotzen da [6, 7]. 6. irudian ikus daitekeen bezala, *Easo* eta *Farmazia* estazioetan, NO_x parametroak, egunean zehar, bi maximo ematen ditu, neguan bereziki: bata, goizean eta arratsaldean, bestea, trafiko-zirkulazio handiena gertatu izan ohi den orduetan. Joera hori oso ohikoa da hiriguneetan.

Bi estazioak zorrotzago konparatzen badira, ordea, kutsatzaileen joeren artean alde nabarmenak daudela ikus daiteke: *Easo* estazioan urte guztian zehar NO maximoak NO_2 -renak baino handiagoak dira; horrek adierazten du kutsadura sortzen duen iturria —hirietan, trafikoa bereziki— neurketak egin diren estaziotik gertu dagoela. Salbuespena udako hilabeteetan daukagu. NO atmosferan fotokimikoki oxidatzen da, eta NO_2 bihurtzen da. Udan eguzki-erradiazio altuak NO_2 -ren eraketa sustatzen du, NO -tik abiatuta, eta, hori dela-eta, NO -ren arratsaldeko maximoa desagertu egiten da, nahiz eta trafikoa egon badagoen. *Farmazia* estazioan, aldiz, NO_2 mailak



6. irudia. PM₁₀, NO eta NO₂ parametroen orduko balioen batez besteko joera urtean zehar, 2006.-2007. urteetan; *Easo* (hiria) eta *Farmazia* (hiri-ingurunea) estazioetan

NO-renak baino handiagoak dira; NO-k NO₂ bihurtzeko denbora izan du, eta, beraz, estazioa igorpen-iturrietatik urrutiago dagoela esan daiteke. Partikulen joera bat dator *Easo* estazioan NO parametroarekin eta NO₂-rekin *Farmazian*.

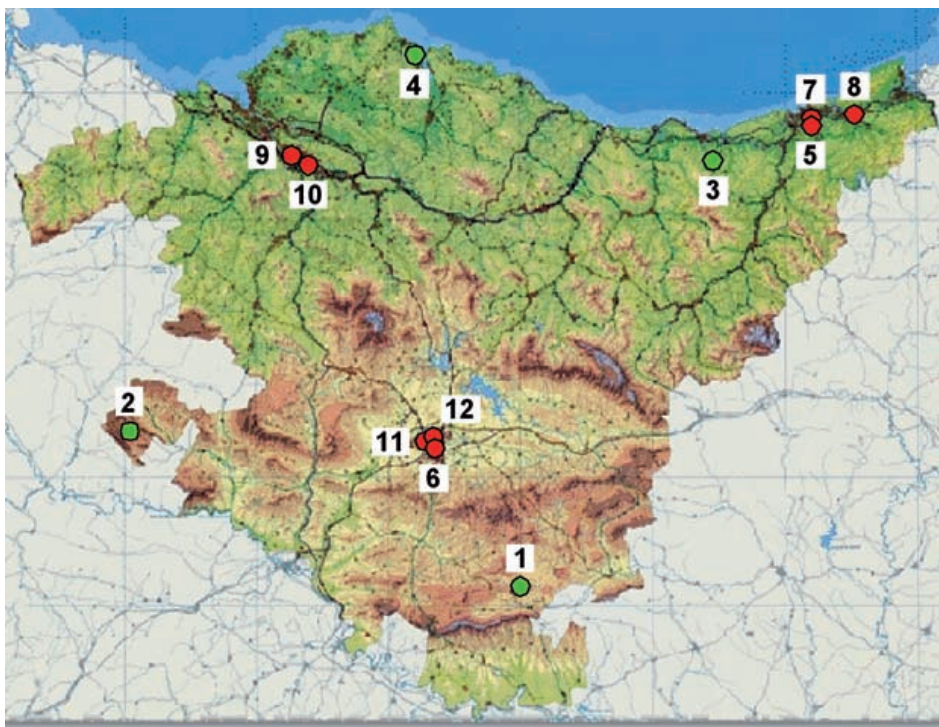
Hori guztia dela-eta, aurrerago ikusiko dugun bezala, bi estazioak hirigunean baina ingurune ezberdinetan sailkatu ditugu: *hiria* deritzogunean, bata (*Easo*) eta *hiri-ingurunea* esaten diogunean, bestea (*Farmazia*).

Definitutako inguruneak eta aztertutako estazioak ondorengoak izan dira (7. eta 8. irudiak eta 2. taula):

1. *Eskualde-ingurunea*: urruneko landa-lurretan kokatuta, igorpen antropogeniko zuzenik iristen ez den gunea. Ingurune mota horren adibideak dira lan honetan aipatuko ditugun *Izki* eta *Balderejo* estazioak.
2. *Ingurune landa-hiritarra*: landa-lurretan, igorpen antropogeniko garrantzitsurik iristen ez den gunetan kokatuta. *Pagoeta* eta *Mundaka*, adibidez.



7. irudia. Izki, Mundaka, Puio eta Gasteiz estazioen argazkiak



8. irudia. EAeko PM₁₀ partikulen mailen azterketarako aukeratutako estazioen kokapena. 1: Izki; 2: Balderejo; 3: Pagoeta; 4: Mundaka; 5: Puio; 6: Farmazia; 7: Easo; 8: Errenteria; 9: Mazarredo; 10: Europa; 11: Gasteiz; 12: Martxoaren Hirua

2. taula. Aztertutako hamabi estazioen kokapen zehatza, bakoitzari dagokion ingurune mota eta kontuan hartutako denboraldia. m.i.m.g: metro itsas mailaren gainetik

Estazioa	Latitudea	Longituda	Altitudea (m.i.m.g.)	Ingurune mota	Aldia
Balderejo	42° 52' 31" I	03° 13' 53" M	911	Eskualde-ingurunea	2004-2007
Easo	43° 18' 44" I	01° 58' 51" M	10	Hiria	2006-2007
Erreterria	43° 18' 52" I	01° 53' 58" M	23	Hiria	2004-2007
Europa	43° 15' 10" I	02° 54' 08" M	76	Hiria	2004-2007
Farmazia	42° 50' 26" I	02° 40' 23" M	550	Hiri-ingurunea	2004-2007
Gasteiz	42° 51' 17" I	02° 40' 50" M	517	Hiria	2004-2007
Izki	42° 39' 11" I	02° 30' 05" M	819	Eskualde-ingurunea	2004-2007
Martxoaren Hirua	42° 51' 20" I	02° 40' 05" M	518	Hiria	2004-2007
Mazarredo	43° 16' 03" I	02° 56' 06" M	33	Hiria	2004-2007
Mundaka	43° 24' 22" I	02° 22' 14" M	116	Ingurune landa-hiritarra	2004-2007
Pagoeta	43° 15' 02" I	02° 09' 18" M	215	Ingurune landa-hiritarra	2004-2007
Puio	43° 18' 10" I	01° 59' 04" M	88	Hiri-ingurunea	2004-2007

3. *Hiri-ingurunea*: hiriguneetan kokatuta, beraz, hiriko aire-masak ukituta, baina ibilgailuen zirkulaziotik aldendutako gunea. Ingurune mota horretan daude *Puio* eta *Farmazia* estazioak.
4. *Hiria*: hiriko igorpen-iturrietatik —bereziki ibilgailuen zirkulaziotik— erlatiboki nahiko gertu dagoen gunea, *Easo*, *Erreterria*, *Mazarredo*, *Europa*, *Gasteiz* eta *Martxoaren Hirua* estazioak, adibidez.

Lehenago esan bezala (3. *Ikerketa lanaren nondik norakoak eta helburuak* atalean), EAEko hiri handien airearen kalitatea aztertzea izan da ikerketa lanaren helburu nagusia. Hori dela-eta, lan honetan aurkezten diren estazio hiritarrak Donostia, Bilbo eta Gasteiz hirietan kokatuta daude. Gipuzkoan, Erreterriako estazioa ere kontuan hartu da, biltzen dituen ezauzgarriek azterketarako egoki bihurtzen baitute. Hirietako estazio horiek, gehiago edo gutxiago, hiriko trafikoaren eraginpean daude.

Easo eta *Puio* estazioak Donostian daude. Donostia Gipuzkoako hiriburua da, 185.506 biztanle ditu (2010eko erroldaren arabera) eta Kantauri itsasoaren ertzean dago. *Erreterria* estazioa, berriz, Erreterria herrian dago. Erreterria Gipuzkoako ipar-ekialdean dagoen udalerrria da, Donostiatik 7 kilometrora. 39.000 herritar inguru dauzka, eta Gipuzkoako jendetsuenetan hirugarren herria da, Donostia eta Irunen atzetik.

Mazarredo eta *Europa* estazioak Bilbon daude. Bilbo Bizkaiko hiriburua da, EAEko hiririk jendetsuena (353.187 biztanle ditu, 2010), eta Donostiatik 112 kilometrora dago. Kantauri itsasoko kostaldetik 14 kilometrora dago, itsas mailaren gainetik 19 m-ra.

Farmazia, Gasteiz eta Martxoaren Hirua Gasteizen daude. Gasteiz, Arabako hiriburua (Bilbotik 77 km-ra eta Donostiatik 103 km-ra), Arabako Lautadan dago, itsas mailaren gainetik 525 m-ra. Hiriak 238.247 biztanle dauzka, 2010eko datuen arabera.

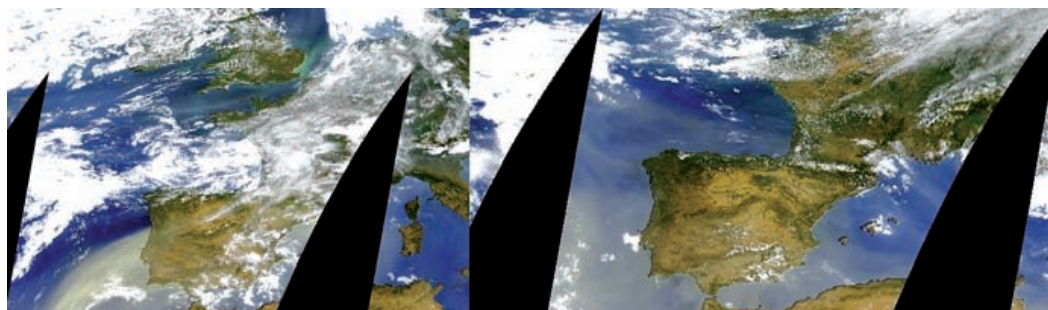
Izki, Balderejo, Mundaka eta Pagoeta, bestalde, parke naturaletan kokatuta daude, eta partikulen ohiko joerak aztertzeko funtsezko estazioak izan dira, leku garbien adierazle direlako. *Pagoeta* eta *Mundaka* hurrenez hurren Gipuzkoan eta Bizkaian daude, eta *Izki* eta *Balderejo*, berriz, Araban.

4.1. Afrikako partikulak

2.1. atalean aipatu dugun bezala, 2008/50/CE Zuzentarauak ezarritako muga balioak gertaera natural baten ondorioz gainditzen direnean, fenomeno horri dagokion PM-ekarpena kopuru osotik ken daiteke; baina, horretarako, beharrezkoa da fenomeno hori benetan gertatu dela egiaztatzea. Europako airearen kalitatea eta atmosferaren garbitasuna arautzen dituen zuzentarauari jarraiki, fenomeno naturalak hurrengoak izan daitezke: sumendien erupzioak, jarduera sismikoak, jarduera geotermikoak, baso-inguruneetako suteak, haize zakarrak, itsas aerosola, partikulen berreskidura eta eskualde lehorretatik etorritako partikula naturalen garraioa. Euskal Autonomia Erkidegoan, aipatutako fenomeno natural horien artean, partikula afrikarren etorrera da garrantzitsuena [8]. EAera —eta, oro har, penintsulara— Afrikatik datozen partikulez kargaturiko aire-masak iristen dira maiz. Aire-masa horiek igoera garrantzitsuak eragiten dituzte bai eguneko eta bai urteko PM mailetan.

PMak atmosferan sortzen duen kutsadura ikertu eta ebaluatzeko helburuarekin hainbat erakundek sinatutako lankidetzaren ondorioz lortutako emaitzak erabili dira Afrikatik Iberiar Penintsulako iparraldera materia minerala iritsi dela egiaztatzeko.

Erakunde horiek Ingurumeneko eta Landa eta Itsas Inguruneko Ministerioa, Ikerketa Zientifikoaren Kontseilu Gorena (CSIC) eta Estatuko Me-



9. irudia. 2004ko uztailaren 23ko (ezkerrean) eta 24ko (eskuinean) SeaWiFS NASA proiektuko satellite-irudiak

tereologia Agentzia dira. Fenomeno horien kuantifikazioa, berriz, bibliografian proposatutako metodologiari jarraiki egin da [9]. Horretarako, funtsezkoak izan dira eskualde-inguruneko estazioak (*Izki* eta *Balderejo*). Urruneko landa-lurretan kokatuta daudenez, ez dute igorpen antropogenikoen eragin zuzenik jasan; eta, beraz, fenomeno naturalekin lotu ahal izan dira estazio horietan erregistratutako PM mailen igoera eta jaitzierak.

5. EMAITZAK ETA EZTABAIDA

5.1. PM₁₀ mailak

Izki eta *Balderejo* eskualde-inguruneko estazioetan 12 eta 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ko PM₁₀ mailak erregistratu ziren, 2004-2007 denboraldian (3. taula). Aldi berean, partikulen mailak *Pagoeta* eta *Mundaka* ingurune landa-hiritarreko eta *Farmazia* eta *Puio* hiri-inguruneko estazioetan honakoak izan ziren, hurrenez hurren: 15, 16, 21 eta 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -koak. Hiriko estazioei dagokienez, azken horietan 23 eta 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bitarteko PM₁₀ mailak jaso ziren 2004a eta 2007a bitartean. Hain zuzen, Donostialdeko estazioetan, *Easo* eta *Errenterian*, 29 (2006-2007 denboraldia) eta 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ko PM₁₀ mailak erregistratu ziren, eta antzekoak Bilbokoetan ere, *Mazarredo* eta *Europan*, 29 eta 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -koak. Gasteizko hiri estazioetan jaso ziren PM₁₀ maila txikienak: 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ko bi kasuetan, alegia, *Gasteiz* eta *Martxoaren Hirua* estazioetan.

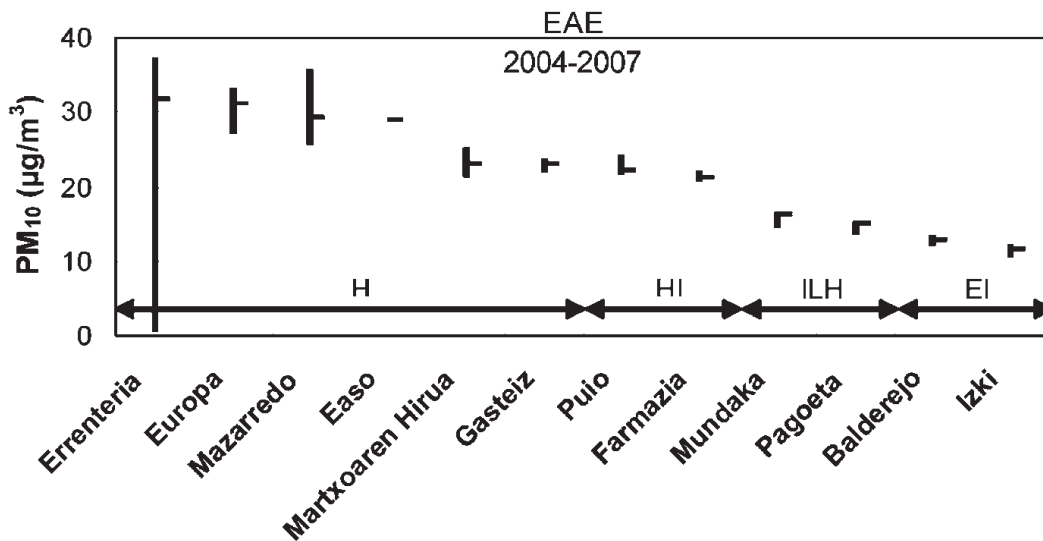
3. taula. Aztertutako Euskal Autonomia Erkidegoko 12 estazioetan bildutako PM₁₀ mailak; urteko eta lau urteko batez besteko balioak. * 2006-2007 aldia

Estazioa	2004	2005	2006	2007	Batez bestekoa	Estazio mota
Balderejo	12	13	13	13	13	Eskualde-ingurunea
Izki	11	12	12	12	12	Eskualde-ingurunea
Mundaka	15	16	16	16	16	Ingurune landa-hiritarra
Pagoeta	15	15	14	14	15	Ingurune landa-hiritarra
Farmazia	22	21	22	21	21	Hiri-ingurunea
Puio	21	24	22	22	22	Hiri-ingurunea
Easo*	—	—	29	29	29	Hiria
Errenteria	37	30	29	31	32	Hiria
Europa	33	33	30	28	31	Hiria
Gasteiz	23	22	23	23	23	Hiria
Martxoaren Hirua	25	22	22	23	23	Hiria
Mazarredo	28	26	35	27	29	Hiria

10. irudian islatu dira aztertutako 12 estazioetan jaso ziren urteko partikulen datu tartearak eta batez besteko balioak. Irudia aztertuz ondorioztatzen da PM_{10} kopuruak gora egiten duela eskualdeko estazioetatik hirikoetara goazen heinean, batez ere azken horietan handiagoak direlako ibilgailu-zirkulaziotik eratorritako igorpenak.

3. taula eta 10. irudia laburbilduz, aztertutako estazioak eta erregistratutako partikulen datuak kontuan hartuta, ondorengo ingurune motak eta ingurune horiei dagozkien urteko partikula mailen tartearak definitu dira:

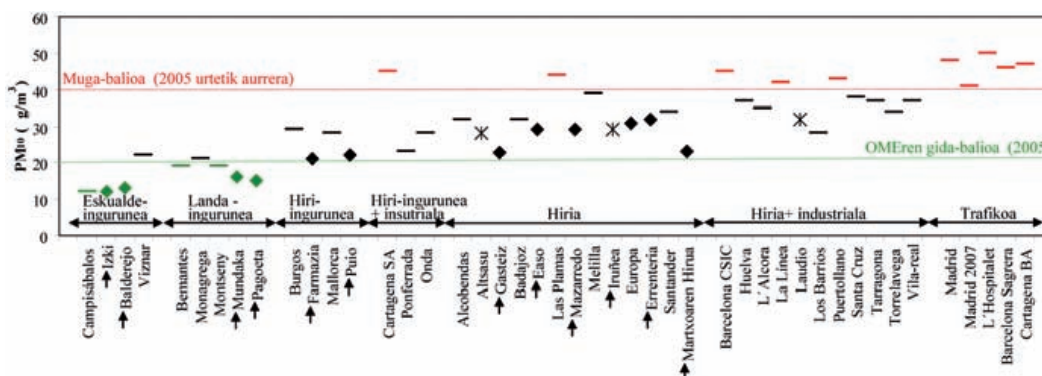
1. Eskualde-ingurunean, urruneko landa-lurretan eta igorpen antropogeniko zuzenik jasaten ez duten guneeetan: $11-13 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$.
2. Ingurune landa-hiritarrean, landa-lurretan eta igorpen antropogeniko garrantzitsurik iristen ez den guneeetan: $14-16 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$.
3. Hiri-ingurunean, hau da, hiriguneetan —eta, beraz, hiriko aire-masak ukituta—, baina ibilgailuen zirkulaziotik aldentutako guneeetan: $21-24 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$.
4. Hirian, hots, hiriko igorpen-iturrietatik —bereziki ibilgailuen zirkulaziotik— gutxiago edo gehiago aldentutako guneeetan: $22-37 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$.



10. irudia. 2004-2007 denbora tartean EAEko eskualde-ingurunean, ingurune landa-hiritarreko, hiri-ingurunean eta hiriko estazioetan erregistratutako urteko partikula datu tartearak eta batez besteko balioak. * 2006-2007 aldia. EI: eskualde-ingurunea, ILH: ingurune landa-hiritarra, HI: hiri-ingurunea eta H: hiria

Euskal Autonomia Erkidegoan aztertutako PM_{10} -ren batez besteko kopuruak, oro har, baxuagoak dira Iberiar Penintsulan antzeko inguru-

nea duten estazioetan eskuratutakoak baino. Hiri-ingurunean jaso ditugun PM_{10} kontzentrazioei dagokienez, bibliografian landa-inguruneetarako ($14-21 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eta hirietarako ($28-42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aurkeztu diren ohiko balio tarteen artean daude [10]. Hiriko estazioek, berriz, *Gasteiz*ek eta *Martxoaren Hiruak* izan ezik, ingurune mota horretarako ohikoak diren balioak ($28-42 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$) erregistratu dituzte [10]. Gasteizko estazioak, hain zuzen ere, ohiko balioetatik behera geratu dira, eta lortutako mailak bat datoz lan honetan hiri-ingurunerako erregistratutakoekin. Hori guztia, argiago ikus daiteke 11. irudian [8, 10, 11, 12].

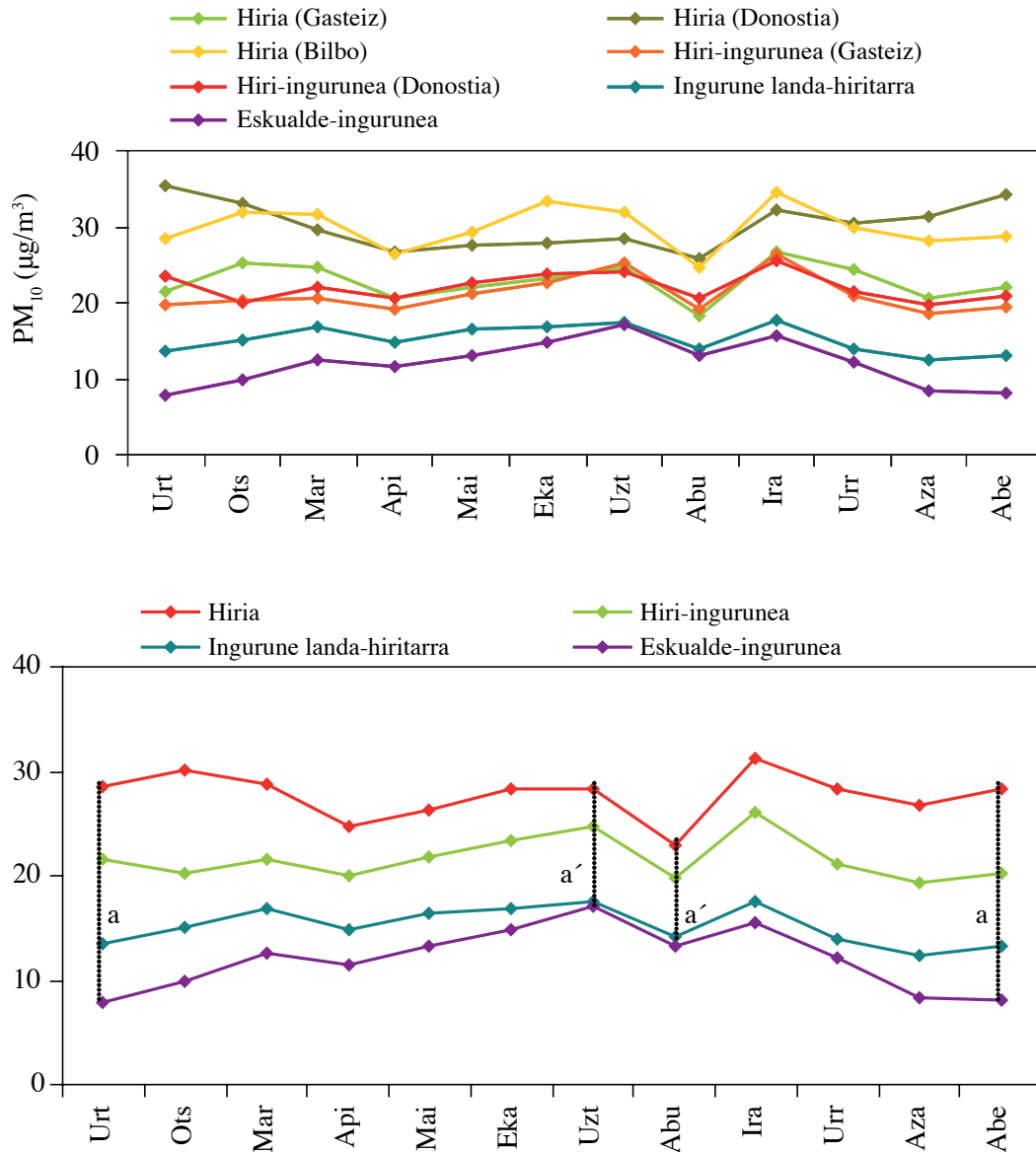


11. irudia. Ikerketa lan honetan eta beste lan batzuetan (Llodio [8]; Iruñea eta Altsasu [11]; eta Iberiar Penintsulako beste estazio batzuk [10, 12]) aztertutako eskualde-ingurunekeo estazioetan, landa-ingurunekeo estazioetan (ingurune landa-hiritarreko *Pagoeta* eta *Mundaka* kasu), eta hiri-ingurunekeo eta hiriko estazioetan 2004-2007 denbora tartean erregistratutako batez besteko PM_{10} mailak. Erronboak: lan honetan aztertutako estazioak. Izartxoak: beste lan batzuetan ikertutako Euskal Herriko estazioak

Bestalde, lan honetan eskualde-ingurunean eta ingurune landa-hiritarrean erregistratu diren PM_{10} mailak penintsulako beste leku batzuetan lortutakoekin alderatzen baditugu, azken horiek bibliografian aurkeztutako PM_{10} tarteen balio minimotik gertu daudela ikusi da, bai EMEP (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air pollutants in Europe) eskualde-inguruneak ($13-21 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eta bai landa-inguruneak ($14-21 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kontuan hartzen badira [10].

5.2. PMaren bilakaera urtaroen arabera

Jarraian datorren irudian, urtaroen araberako PM_{10} -ren bilakaera finkatu da; lan hau egiteko aukeratu diren estazioetan 2004.-2007. urte bitartean jasotako datuetan oinarritzen da (12. irudia, goian). Interpretazioa errazteko, eta ingurune mota bereko estazio ezberdinen arteko parekotasunak direla-eta, 12. irudiko beheko grafikoan ondorengo kategorien batez



12. irudia. Batez besteko hilabeteko PM₁₀ balioak EAEko eskualde-inguruneko, ingurune landa-hiritarreko, hiri-inguruneko eta hiriko estazioetan, 2004-2007 denbora tartean

besteko balioak aurkeztu dira hilabete bakoitzerako: eskualde-ingurunea, ingurune landa-hiritarra, hiri-ingurunea eta hiria.

Eskualde-inguruneko estazioek urtaroen araberako joera argia erakutsi dute (12. irudia), maximo zabala uda aldean eta balio minimoak neguan. Aipatutako joera orokorraz gain, martxoan maximo puntual bat eta abuztuan minimo bat ere erregistratu dela ikus daiteke 12. irudian. PMaren ur-

taroen araberako joera hori atmosferak dispertsatzeko duen gaitasunaren ondorio da. Neguan atmosfera geldiago dago, eta kutsadura igortzen den tokian bertan pilatzen da. Udan, aldiz, atmosferaren dispertsio-ahalmena handiagoa da, eta errazagoa da kutsatzaileak ingurune batetik bestera mugitzea. Martxoko maximoa guztiz naturala da, eta Afrikatik etorritako partikulekin lotuta dago; abuztuko minimoa, berriz, hilabete horretako opor egunekin lotuta dago. Ingurune landa-hiritarreko eta hiri-inguruneko estazioek antzeko joera izan dute, baina hiriguneetatik gertuago egonda hiriko igorpen-iturrietatik ere gertuago daudenez, aldea txikiagoa izan da neguko eta udako balioen artean.

Hiriko estazioek, aldiz, maila baxuagoak agertu dituzte udan neguan baino. Hori, lehenago aipatu dugun bezala, atmosferak neguan partikulak dispertsatzeko gaitasun txikiagoa izatearen ondorioetako bat da, eta bai garai horretako igorpen antropogenikoen kopuru handiagoaren ondorio ere. Hiriko estazioetan jaso diren apirileko eta abuztuko minimoak Aste Santuko eta udako oporrekin lotuta daude.

12. irudia aztertu ondoren, hurrengo atera den ondorio garbiena: PM_{10} mailetan ingurune batetik bestera dagoen aldea handiagoa da neguan (a) udan (a') baino. Izan ere, neguan atmosfera geldiago dago, eta kutsadura igortzen den tokian bertan pilatzen da. Udan, aldiz, atmosferaren dispertsio-ahalmena handiagoa da, eta horrek erraztu egiten du kutsatzaileak ingurune batetik bestera mugitzea.

5.3. PM mailak eta muga balioak

Europako 2008/50/CE Zuzentarauari dagokionez, hamabi estazioak aztergai izan diren lau urteetan, ez da onartutako materia partikulatuaren urteko muga balioa ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$) gainditu. Eguneko muga balioa ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3 PM_{10}$) 35 aldiz baino gehiago ezin gaindi daitekeelako debekuari dagokionez, ez da hori betetzen *Erreterria*, *Europa* eta *Mazarredo* (4. taula, letra lodiz) bezalako hiriko estazio batzuetan, ziurrenik trafikoaren ondorioz. Dena dela, hori bera gertatzen da Iberiar Penintsulako antzeko guneeetan ere.

Eguneko muga balioak Afrikako partikulen eraginez gainditu daitezkeela esan dugu lehenago, 4.1. atalean. Kasu horietan, gertaera horri dagokion PM_{10} maila ken dakioko eguneko datu osokoari. Hurrengo taulan Afrikako partikulen ekarpena kendu eta lortu diren emaitzak erakusten dira. Afrikako partikulen ekarpena kenduta ere, EAeko hiriko zenbait estaziotan (*Erreterria*, *Europa* eta *Mazarredo*) ez da betetzen eguneko muga balioa 35 aldiz baino gehiagotan ez gainditzea (5. taula, letra lodiz).

4. taula. Urteko batez besteko balioak, 2004-2007 denbora tartean batez besteko PM₁₀ balioak eta eguneko muga balioa gainditu den egun kopurua. K > 50: 2008/50/CE Zuzentarauak ezarritako 50 µg/m³ PM₁₀ eguneko muga balioa gainditu den egun kopurua

Estazioa	2004		2005		2006		2007		2004-2007		Estazio mota
	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	
Balderejo	12	1	13	2	13	0	13	1	13	4	Eskualde-ingurunea
Izki	11	1	12	2	12	0	12	0	12	3	Eskualde-ingurunea
Mundaka	15	1	16	2	16	1	16	0	16	4	Ingurune landa-hiritarra
Pagoeta	15	0	15	2	14	0	14	2	15	4	Ingurune landa-hiritarra
Farmazia	22	3	21	13	22	13	21	8	21	37	Hiri-ingurunea
Puio	21	5	24	9	22	1	22	1	22	16	Hiri-ingurunea
Easo*	—	—	—	—	29	25	29	17	29	42	Hiria
Errenteria	37	74	30	29	29	17	31	35	32	155	Hiria
Europa	33	45	33	52	30	46	28	17	31	160	Hiria
Gasteiz	23	19	22	17	23	18	23	12	23	66	Hiria
Martxoaren Hirua	25	23	22	16	22	14	23	16	23	69	Hiria
Mazarredo	28	31	26	21	35	66	27	16	29	134	Hiria

5. taula. Urteko batez besteko balioak, 2004-2007 denbora tartean batez besteko PM₁₀ balioak eta eguneko muga balioa gainditu den egun kopurua, Afrikatik etorritako partikulei dagokien PM₁₀ kopurua kenduta. K > 50: 2008/50/CE Zuzentarauak ezarritako 50 µg/m³ PM₁₀ eguneko muga balioa gainditu den egun kopurua

Estazioa	2004		2005		2006		2007		2004-2004		Estazio mota
	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	PM ₁₀	K>50	
Balderejo	12	0	13	0	13	0	12	0	12	0	Eskualde-ingurunea
Izki	11	0	11	0	12	0	12	0	11	0	Eskualde-ingurunea
Mundaka	15	0	16	0	16	1	16	0	16	1	Ingurune landa-hiritarra
Pagoeta	15	0	15	0	14	0	14	0	15	0	Ingurune landa-hiritarra
Farmazia	20	1	20	9	21	9	20	4	20	23	Hiri-ingurunea
Puio	19	0	23	5	21	1	20	0	21	6	Hiri-ingurunea
Easo*	—	—	—	—	28	21	27	14	28	35	Hiria
Errenteria	35	61	29	25	28	14	29	29	30	129	Hiria
Europa	31	34	32	49	29	37	26	10	30	130	Hiria
Gasteiz	22	13	22	13	22	17	21	8	22	51	Hiria
Martxoaren Hirua	23	16	21	12	21	10	21	11	22	49	Hiria
Mazarredo	27	24	25	17	34	60	25	12	28	113	Hiria

6. ONDORIOAK

1. Euskal Autonomia Erkidegoan (EAE) Airearen Kalitatea Zaindu eta Kontrolatzeko Sarean 2004a eta 2007a bitartean materia partikuluaren (PM) datu tarte hauek jaso ziren urteko: 11-13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , eskualde-ingurunean, 14-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , ingurune landa-hiritarrean, 21-24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , hiri-ingurunean, eta 22-37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} , hirian.
2. PM_{10} kopuruak gora egiten du eskualdeko estazioetatik hirikoe-tara goazen heinean, batez ere ibilgailuen zirkulaziotik eratorritako igorpenak direla-eta. Gainera, ingurune batetik besterako PM_{10} kopuruetan dagoen aldea handiagoa da neguan udan baino. Izan ere, neguan atmosfera geldiago dago, eta kutsadura igortzen den tokian bertan pilatzen da. Udan, aldiz, atmosferaren dispersio-ahalmena handiagoa da, eta horrek erraztu egiten du kutsatzaileak ingurune batetik bestera mugitzea.
3. EAEn aztertutako PM_{10} -ren batez besteko kopuruak, oro har, Iberiar Penintsulan antzeko ingurunea duten estazioetan eskuratutakoak baino txikiagoak dira.
4. 2008/50/CE Zuzentarauari dagokionez, hamabi estazioak aztergai izan ziren lau urteetan ez zen onartutako urteko kopuruaren muga balioa (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10}) gainditu. Eguneko muga balioa (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}) urtean 35 aldiz baino gehiagotan ezin gaindi daitekeelako debekuari dagokionez, hau ez da beti betetzen hiriko estazio batzuetan, ziurrenik trafikoaren ondorioz. Dena dela, hori bera gertatzen da Iberiar Penintsulako antzeko guneeetan ere.

ESKERRONAK

Eskerrak eman nahi dizkiot Eusko Jaurlaritzako Ingurumen Sailari Airearen Kalitatea Zaindu eta Kontrolatzeko Sareko datuak erabiltzeko aukera emateagatik.

Era berean, nire esker ona Eli Altunari, lan hau orrazten laguntzeagatik.

BIBLIOGRAFIA

- [1] INZA, A. (2010). *Estudio de series temporales y composición química del material particulado atmosférico en distintas áreas del País Vasco*. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).
- [2] MÉSZÁROS, E. (1999). *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*. Akadémiai Kiado, Budapest.
- [3] WHO (2003). *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*. World Health Organization.

- [4] POPE, C.A., DOCKERY, DW. (2006). «Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect». *Journal of the Air and Waste Management Association*, **56**, 709-742.
- [5] WHO (2005). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. World Health Organization.
- [6] ZABALZA, J., OGULEI, D., ELUSTONDO, D., SANTAMARÍA, J.M., ALASTUEY, A., QUEROL, X., HOPKE, P.K. (2007). «Study of urban atmospheric pollution in Navarre (Northern Spain)». *Environmental Monitoring and Assessment*, **134**, 137-151.
- [7] MORENO, T., LAVÍN, J., QUEROL, X., ALASTUEY, A., VIANA, M., GIBBONS, W. (2009). «Controls on hourly variations in urban background air pollutant concentrations». *Atmospheric Environment*, **43**, 4178-4186.
- [8] VIANA, M., QUEROL, X., ALASTUEY, A., GANGOITI, G., MENÉNDEZ, M. (2003). «PM levels in the Basque Country (Northern Spain): analysis of a 5-year data record and interpretation of seasonal variations». *Atmospheric Environment*, **37**, 2879-2891.
- [9] ESCUDERO, M., QUEROL, X., PEY, J., ALASTUEY, A., PÉREZ, N., FERREIRA, F., ALONSO, S., RODRÍGUEZ, S., CUEVAS, E. (2007). «A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks». *Atmospheric Environment*, **41**, 5516-5524.
- [10] QUEROL, X., VIANA, M.M., PEY, J., ALASTUEY, A., MORENO, T., PANDOLFI, M., MINGUILLÓN, M.C., AMATO, F., PÉREZ, N., RECHE, C., CUSACK, M., DE LA ROSA, J., GONZÁLEZ, A., PALLARÉS, M., JIMÉNEZ, S., ARTIÑANO, B., SALVADOR, P., SÁNCHEZ, M., HERCE, M.D., FERNÁNDEZ-PATIER, R., GARCÍA DOS SANTOS, S. (2009). *Niveles, composición y fuentes de PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁ en España: Cantabria, Castilla León, Madrid y Melilla*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- [11] ZABALZA, J., OGULEI, D., HOPKE, P.K., LEE, J.H., HWANG, I., QUEROL, X., ALASTUEY, A., SANTAMARÍA, J.M. (2006). «Concentration and sources of PM₁₀ and its constituents in Alsasua, Spain». *Water, Air and Soil Pollution*, **174**, 385-404.
- [12] QUEROL, X., ALASTUEY, A., MORENO, T., VIANA, M.M., CASTILLO, S., PEY, J., RODRÍGUEZ, S., ARTIÑANO, B., SALVADOR, P., SÁNCHEZ, M., GARCÍA DOS SANTOS, S., HERCE GARRALETA, M.D., FERNÁNDEZ-PATIER, R., MORENO-GRAU, S., NEGRAL, L., MINGUILLÓN, M.C., MONFORT, E., SANZ, M.J., PALOMO-MARÍN, R., PINILLA-GIL, E., CUEVAS, E., DE LA ROSA, J., SÁNCHEZ DE LA CAMPA, A. (2008). «Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) across Spain 1999-2005». *Atmospheric Environment*, **42**, 3964-3979.