

# Ingurumen-zarata eta osasuna

(Environmental noise and health)

Ane Arregi<sup>1,2\*</sup>, Nerea Lertxundi<sup>1,2,3</sup>, Asier Anabitarte<sup>2,5</sup>, Ainara Andiaarena<sup>1,2</sup>,  
Jesus Ibarluzea<sup>2,3,4</sup>, Aitana Lertxundi<sup>2,3,5</sup>

<sup>1</sup> Psikologia Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

<sup>2</sup> BIODONOSTIA Osasun Ikerketa Institutua

<sup>3</sup> Epidemiologia eta Osasun publikoaren ikerketarako kontsorzio Espainiarra (CIBERESP),  
Carlos III. Osasun Institutua

<sup>4</sup> Eusko Jaurlaritzaren Gipuzkoako Osasun Publikoaren eta Adikzioen Zuzendariordetza

<sup>5</sup> Medikuntza eta Erizaintza Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

**LABURPENA:** Lan honek zaratak pertsonen osasunean duen eraginaren inguruko ebidentzia zientifikoa biltzea du helburu. Bertan aztergai izan dira zaratak sistema kardiobaskularrean eta, zehazki, hipertentsioan eta bihotzeko gaixotasunetan duen eragina, gaixotasun metabolikoekin duen erlazioa, loaren kalitate subjektibo zein objektiboa eta baita minbizia garatzeko arriskua. Gainera, zarataren ondorio psikologiko eta kognitiboak ere ikertu dira. Haurtzaroari arreta berezia eskaini zaio, talde zaurgarria denez gero. Zarataren mekanismoari dagokionez, badirudi zaratak sortzen duen kalteak HPA ardatzaren eta sistema sinpatikoaren aktibazioa dakarrela, eta horrekin batera estresaren hormonon eta estres oxidatiboaren areagotzea eta hantura. Egungo ebidentzietan oinarrituta, beharrezkotzat jotzen da osasun publikoaren alde epe luzeko estrategiak eta araudiak garatzea.

**HITZ GAKOAK:** ingurumena; zarata; osasun publikoa.

**ABSTRACT:** *This work aims to gather scientific evidence about the impact of noise on public health. The effect of noise on the cardiovascular system and specifically on hypertension and heart disease, its relation to metabolic diseases, the subjective or objective quality of sleep, and the risk of developing cancer, have been examined. The psychological and cognitive effects of noise have also been investigated. Special attention has been paid to childhood as a vulnerable group. As for the noise mechanism, the noise damage appears to be due to the HPA axis and activation of the sympathetic system due to stress hormones, oxidative stress and inflammation. Based on current evidence, the development of long-term strategies and directive policies for public health is considered necessary.*

**KEYWORDS:** *environment, noise, public health.*

\* **Harremanetan jartzeko / Corresponding author:** Ane Arregi. Psikologia Fakultatea UPV/EHU. Tolosa Hiribidea 70 (20018 Donostia-San Sebastian, Euskal Herria) – [ane.arregi@ehu.eus](mailto:ane.arregi@ehu.eus) – <https://orcid.org/0000-0003-4781-5664>

**Nola aipatu / How to cite:** Arregi, Ane; Lertxundi, Nerea; Anabitarte, Asier; Andiaarena, Ainara; Ibarluzea, Jesus; Lertxundi, Aitana (2023). «Ingurumen-zarata eta osasuna». *Ekaia*, 43, 2023, 171-189. (<https://doi.org/10.1387/ekaia.22953>).

Jasotze-data: 2021, ekainak 30; Onartze-data: 2022, maiatzak 16.

ISSN 0214-9001 - eISSN 2444-3255 / © 2023 UPV/EHU



Lan hau Creative Commons Aitortu-EzKomertziala-LanEratorririkGabe 4.0 Nazioartekoa lizentzia baten mende dago

## **1. SARRERA**

Europako Parlamentuaren 2002/49/EE Zuzentarauaren [1] arabera, kutsadura akustikoa gizakiaren aktibitate eratorritako kanpoko soinu kaltegarri edo desiratu gabea da. Askotariko zarata-iturriak daude, baina oro har aktibitatea, lekua eta eguneko momentuari lotuta egon ohi dira. Garraiobi-deekin lotutako zarata da hirietan eta beren inguruneetan jendeari gehien eragiten dion kanpo-zarata. Errepideetako zarata ibilgailuaren motorrak sortutako zarata da, baina ibilgailuaren eta airearen arteko nahiz gurpilaren eta lurraren arteko marruskadurak sortutako zaratak motorraren zarata gainditzten dute, automobilen kasuan 50 km/h abiadura handitzean eta kamioien kasuan 80 km/h baino azkarragoko abiaduran. Trenbideen inguruko zaratari dagokionez, trenaren abiaduraren eta kalitatearen arabera da. Abiadura handiko trenek, adibidez, maiztasun handiko zarata sortzen dute, hegazkinak sortzen dutenaren antzekoa, alegia. Aireko trafikoak sortutako zaraten inguruko ikerketa ugaritu egin da azken 30 urteetan, eta urte hauetan hegazkinen motorren aldaketek zarata jaitsi duten arren, trafiko bolumenaren igoerak, bereziki gaueko garraioaren gorakada nabarmenak, gatazkak sortu ditu, maiz, aireportuen inguruetako populazioaren eta agintarien artean [2].

Bestalde, industrialdeak ere zarata-iturri garrantzitsuak izan ohi dira. Jatorriaren arabera ezberdintasun nabarmenak egon daitezke, eta espontaneo edo jarraia izan daiteke, intentsitate-aldakuntza handiekin. Gainera, maiztasun txikiko zaratak ez dira hain erraz arintzen inguruko egituretan, eta distantzia handietan zehar transmititu daitezke. Eraikin barruetan zenbait motatako zaratak ezberdindu ditzakegu: gailu mekanikoak (igogailua, aireztapena, ur-hodiak etab.) edo etxeko zaratak (bizilagunen ahotsak, telebista, maskotak edo musika tresnak). Eraikuntza-lanak ere zarata-iturri esanguratsua dira, hiriguneetan batez ere [3]. Bukatzeko, azken urteetan modu esanguratsuan handitzen ari den beste zarata bat da aipagarri: aisialdiko jardueretatik eratorritako zarata [2].

Zarata osasun publikorako ingurumenetiko arrisku-faktore garrantzitsuenetarikoen artean aurkitzen da, eta azken urteetan areagotu egin da haren gaineko kezka politika-arduradunen eta herritarren artean. Europar Batasuneko (EB) Ingurumeneko zarataren araudiaren (Environmental Noise Directive) arabera, EBn 100 milioi pertsonengan du eragina trafiko-zaratak, eta, Europa mendebaldea bakarrik aintzat hartuta, gutxienez 1,6 milioi urte osasuntsu galtzen dira trafiko-zarataren eragina dela eta [4]. Kezka honen adierazgarri da azken hamarkadan argitaratutako artikuluko zientifikoaren kopuruaren gorakada eta zaratak osasunean dituen eraginaren hainbat errebisio sistematikoren lanketa [4-8], ebidentzia zientifikoak eza-gutu eta gomendioak ezartze aldera.

Argia da hiri eta herrien plangintzaren eta bertako biztanleriaren osasunaren arteko erlazio estua, eta erlazio honetaz jabetzearen adibideak ba-

ditugu jadanik XIX. mendean, orduan hasi baitziren bizitokiak eta industria guneak banatzen biztanleria kutsaduratik babesteko [9].

Hirien ingurumeneko aldagaien inguruko erabakiek, ondorioz, eragin zuzena dute osasun publikoan. Honen harira, Munduko Osasun Erakundeak (MOE) hiriaren gobernantzan eta plangintzan osasuna eta osasun-berdintasuna ardatz izan daitezen gomendatzen du, hirigintza, garraio eta etxebizitz-politika integratuen beharra azpimarratuz [10]. Eta hain zuzen ere, zarata hirigintzak eragindako arrisku-esposizioen artean aurkitzen da, trafikoa, aire-kutsadura, isolatze soziala edo aktibitate fisiko eza bezala, besteak beste [11].

Gaiaren garrantziaz jabetuta, artikulua honek zaratak pertsonen osasunean duen eraginaren inguruko ebidentzia zientifikoa biltzea du helburu.

## 2. ZARATAREN NEURKETA

Ingurumen-zarata dezibelioen (dB) bitartez neurtzen da eta, Europako araudiari jarraiki, hurrengo adierazleak erabiltzen dira. Europar Batasunean (EB) gehien erabiltzen den adierazlea  $L_{den}$  da. Adierazle honek eguneko (goiza, arratsaldea eta gaua) batez besteko soinu-presio maila deskribatzen du [12].

Eguneko esposizioak ( $L_{day}$ ) 12 ordu irauten du (07:00-19:00); arratsaldeko esposizioak ( $L_{evening}$ ) 4 orduko luzera du (19:00-23:00) eta gauekoak ( $L_{night}$ ), aldiz, 8 ordu (23:00-07:00). Kontuan edukita arratsaldeko eta gaueko orduak oro har deskantsu eta lo-orduak direla,  $L_{den}$  kalkulaterakoan dB gehikuntza bat egiten zaie arratsaldeko eta gaueko esposizioei: arratsaldekoari 5 dB-ko penalizazioa aplikatu behar zaio eta gauekoari 10 dB-koa [13].

EBn, 137 milioi herritar inguru ari dira 55 dB  $L_{den}$ -etik gorako esposizioa jasaten. Haietatik % 91k errepideko zarataren eraginez jasaten du esposizio hori, % 6k trenbidearen zarataren ondorioz, % 2k hegazkinek sorturiko zaratagatik eta, gainerakoek, industria-aktibitateagatik. Egun osoko 55 dB  $L_{den}$  mailatik gorako zarata eta gauean 50 dB  $L_{night}$  mailatik gorakoa «zarata maila altua» bezala definitzen dira. Hala eta guztiz ere, Munduko Osasun Erakundeak (MOE) gauerako 40 dB  $L_{night}$ -eko muga gomendatu du, eta 50 dB  $L_{night}$ , bere aldetik, helburua lortu bitarteko maila litzateke [4]. Gaueko esposizioa bereziki garrantzitsua da osasun ondorioetarako, jendea atsedean hartzen eta lasaitzen den garaia baita.

## 3. ZARATAREN ERAGINA OSASUNEAN

Zaratarekiko esposizioak osasunean eragindako kalteak bide zuzen nahiz ez-zuzenen bidez gertatu daitezke. Dakigunez, zarata ingurumeneko aldagai estresatzaile bat da, giza organo eta sistemak aldatzen dituena [13] sistema sinpatikoaren eta endokrinoaren aktibazioaren bidez [14]. Zarata-

ren esposizioarekin lotutako osasun-arazoak aspaldidanik aztertzen ari diren arren, azken hamarkadan modu esanguratsuan handitu da entzumenean zuzenean eragiten ez dituen osasun-ondorioei buruzko literatura. Kasu gehienetan aireportuaren, errepide-trafikoaren eta trenbideetako zarataren eta osasun-arazoen arteko asoziazioak aztertu dituzte, eta ikerketa epidemiologikoei osasunerako ondorio kaltegarriak identifikatu dituzte zenbait arlotan: gaixotasun kardiobaskularretan [16], diabetesean [17], gizentasunean [18], jaiotza-emaizetan [19], haurren garapen kognitiboan [20], depresioan [21], eta loaren kalitatean [22]. Osasunaren alde ugaritan izan ditzakeen eraginaz gain, zaratak ondorio ekonomikoak ere eragin ditzake zarata-maila arrisku-tsua jasaten dituen laginaren tamaina dela eta. Estatu Batuetan egindako estimazio baten arabera, zarataren 5 dB-ko jaitsierak hipertentsioaren % 1,4 eta bihotzeko gaixotasunen % 1,8 gutxitzea ekarriko luke, bai eta horrekin batera \$3.9 bilioiren aurrezteak urteko ekonomian [23].

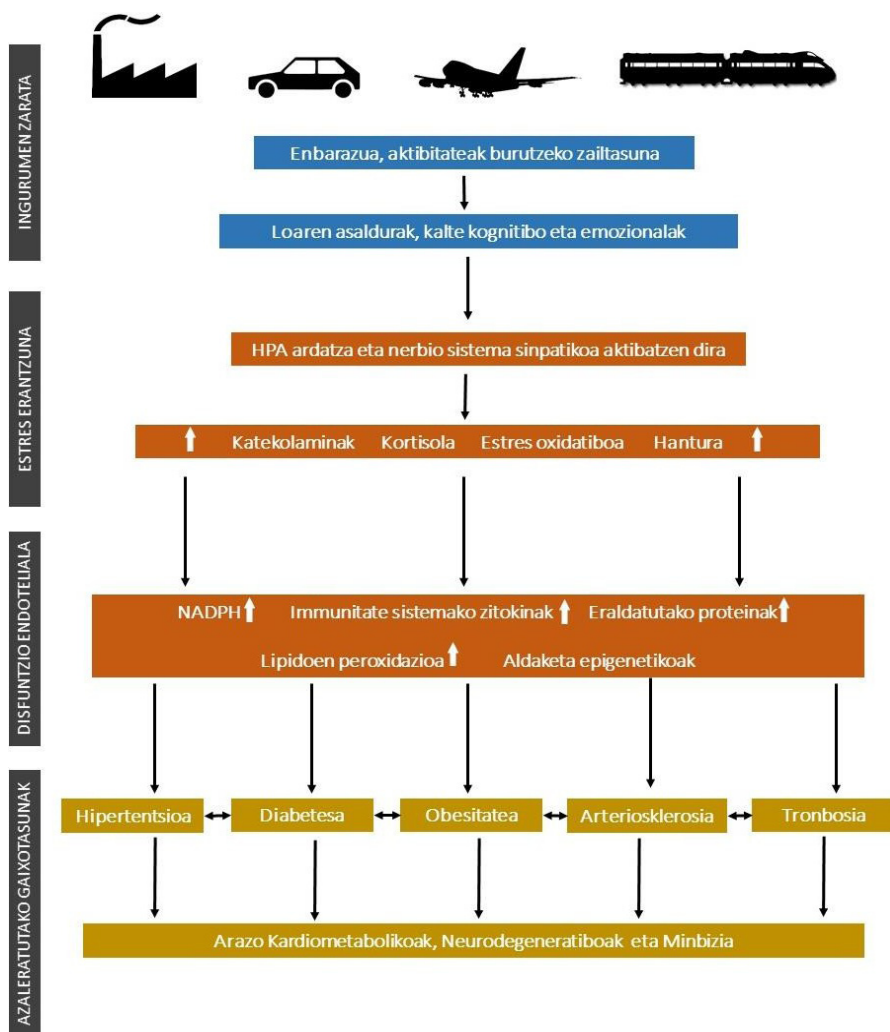
Gaur egun dagoen ebidentziaren argitan, esan genezake zaratak osasunean dituen ondorioak akutuak (sumindura, estresa, distrakzioa, lo-arazoak edo kalte kognitiboak) izan daitezkeela zein kronikoak (hipertentsioa, disrupzio endokrinoa, gaixotasun kardiobaskularra, diabetesa edo jaiotzako ondorioak) [24]. Gehien erabiltzen den osasun-erantzuna zaratak sortzen duen ondoeza eta loaren nahasmendua bada ere, hura kroniko bihurtuz gero estres erantzun bat sortu daiteke, eta ondorioz gaixotasun kardiometabolikoak eragin.

### **3.1. Zarataren eraginaren mekanismoa**

Zaratak osasunean duen eragin kaltegarria ulertzeko, ezinbestekoa da zarataren bidea edo mekanismoa ondo ezagutzea. Badirudi zaratak estres-erantzun bat sortzen duela, modu zuzenean nahiz ez zuzenean. Alde batetik, zaratak ondoeza sortzen du, estres-erantzuna sortuko duena. Modu berean, honen ondorioz datorren loaren asaldurak eta sumindurak ere estres erantzun bat sortuko du [25]. Zarata hautematen dugunean ardatz hipotalamikopituitario-adrenalaren (HPA) eta nerbio-sistema sinpatikoaren aktibazioa gertatzen da. Aktibazio honek estresaren hormonen (katekolaminak eta kortisola) jariatzea handitzen du eta lo egiteko arazoak eragiten ditu [26].

Animalia-ereduetan ikusi denaren arabera, HPA ardatzaren eta nerbio-sistema sinpatikoaren aktibazioak estres oxidatiboa eta hantura dakar eta, ondorioz, igoera zitokinen, immunitate-sistemako zelulen, oxidazioaren ondorioz eraldaturiko proteinen eta lipidoen peroxidazio-bitartekarien kontzentrazioan. Era berean, NADPH (Nikotiamida-Adenina Dinukleotido fosfata) oxidasa aktibatzen da, disfuntzio endoteliala agertzen da eta odoleko presioa igotzen da.. Gainera, aldaketa epigenetikoak abiarazten dira, gene adierazpenaren eta microRNA profilaren aldaketetan hautematen den gertaera. Bitartekari hauek guztiak arrisku-faktore gisa daude definiturik gizakietan hipertentsio, diabetes, obesitate, arteriosklerosi eta tronbosirako, eta lotura dute arazo kardiometabolikoekin, neurodegeneratiboekin eta minbiziekin [25].

Mekanismo honek azalduko lituzke gizakietan zarataren eraginez agertzen diren sistema baskularraren arazoak, estres-hormonen kontzentrazio-igoerak eta hantura zein estres oxidatiboaren markatzaileen presentziak [27]. Ondorioz, modu honetan hobeto uler genitzake zarataren ondorio kronikoak; hau da, arazo kardiobaskularrak eta metabolikoak nahiz minbizia garatzeko arriskua (ikus 1. irudia).



Moldaketa: [24].

**1. irudia. Zaratak osasunean duen eraginaren bidea.** Irudian ikus daitekeen bezala, zaratak sortzen duen ondorez arazo akutu batzuk (urdira) eragiten ditu lehenik. Hori kroniko bihurtzen denean, ordea, gorputzak estres-erantzun bat sortzen du (laranja) eta, ondorioz, osasun-arazo kronikoak eragiten ditu (horia).

Hori horrela, artikulu honetan laburpen bat egin da zaratak osasunean eragiten dituen arazo akutuen (kalte emozionalak eta loaren asaldurak) zein kronikoen (gaixotasun kardiobaskularrak, gaixotasun metabolikoak eta minbizia) inguruan jasotako ebidentzia zientifikoa bilduta.

### **3.2. Zaratarekiko haserrea, nahaste psikologikoak eta kognitiboak**

Haserrea herritarren ingurumen-zarataren aurreko ohiko erantzuna da, eguneroko jarduera, sentimendu, pentsamendu, lo edo atsedenen ondorio negatiboetatik sortutakoa, baina beste ondorio negatibo batzuk ere ikus daitezke, hala nola narritadura, larridura, nekea eta estresari lotutako bestelako erantzunak [28]. Ernegazio edo haserre larria ongizate eta osasun gutxituari lotuta egon daiteke, eta zarata eta amorrua argi eta garbi elkarrekin erlazionatua dauden bitartean, pertsona bakoitzaren zaratarekiko erantzuna eta sentiberatasuna banakako faktoreek erabakitzen dituzte, baita egoera genetikoei eta fisiologikoei eta bizitza-estiloek ere.

Ondorio psikologikoei dagokienez, bost azterlanen meta-analisan oinarritutako lan batean ikusi zen hegazkinen zaratak depresio-arriskua areagotzen duela; zehazki, 10 dB  $L_{den}$  bakoitzeko %12ko arrisku-igoera (OR: 1,12, 95% KT: 1,02-1,23) ikusi zuten. [29].

Ondorio kognitiboak direla eta, argitalpen batzuen arabera zaratak demenzia-arriskua areagotzen du, baina lan hauek ez dira ugariak eta alborapen handiko ikerketak dira eta, beraz, oso balio baxua onartzen zaie. Adibidez, Clark eta Paunovic-ek, 2018an, ez zuten erlaziorik aurkitu zarataren eta demenzia baskularraren intzidentzian, bi azterlanetan oinarrituta [5]. Bestalde, azken argitalpenen arabera ikusi da aire-kutsadurak kalteak eragiten dituela funtzio kognitiboetan, bai helduengan [30], eta baita umeengan ere [31]. Aire-kutsaduraren eta errepideko zarataren arteko korrelazio estua kontuan hartuta, zarataren eragina baino areago aire kutsadurarena izan liteke funtzio kognitiboan kalteak sortzen dituen ingurumen-aldagaia. Hau kontuan izanda, etorkizuneko ikerketek bi arrisku faktoreak sartu beharko lituzkete beren ikerketa-diseinuan funtzio kognitiboan sortutako kalteak aztertzerakoan, errepideko zarataren eta aire kutsaduraren eragina modu isolatuan argitze aldera.

### **3.3. Loaren arazoak**

Loak berebiziko funtzioa betetzen du ongizate fisiko zein psikologikorako, lo egiten dugunean prozesu psikologiko zein fisiologiko garrantzitsuak gertatzen baitira: ehunen konponketa, ikasketaren eta oroimenaren kontsolidazioa eta atsedena, besteak beste [32]. Ondorioz, frogatu egin da loaren murrizketak edo loaren mozketak efektu kaltegarriak eragiten dituela askotariko sistemetan, eta besteak beste ikusi da arazo kar-

diometabolikoak eragin ditzakeela. Adibidez, lotura du zenbait kalte kardiobaskularrekin: arterien kaltzifikazioa, arteriosklerosia, obesitatea, hipertentsioa eta 2 motako diabetesa [33]. Gainera, arazo metabolikoetan, endokrinoetan eta seinale immunologikoei loturiko arazoetan ere eragiten duela ikusi da. Zehazki, loaren murrizketa edo/eta mozketak akutuak nahiz kronikoak honako nahasmenduak eragiten ditu: intsulina-sekrezio desgokia, intsulina-sentikortasun gutxitua, tonu sinpatikoaren areagotzea eta disfuntzio endotelial benosoa [34]. Horrez gain, loaren arazoa luzatzen denean, beste honako ondorioak sortzen dira: egunean zeharreko nekea, arreta jartzeko arazoak, emaitza akademikoen zein jarduera kognitiboen okertzea, bizi-kalitatea okertzea, aldartearen gorabeherak eta suminkortasuna [35-37].

Ingurumen-zarata altuegiak, batez ere arratsaldean eta gauean zeharrekoak, lo egiteko arazoak ekar ditzake; izan ere, ordu bitarte hauek atsedena hartzeko erabiltzen dira. Lo egin bitartean soinu-presio maximo ez hain altu batek ere  $-33$  dB-ko soinu batek ( $L_{Amax}$ ) hain zuzen ere— gorputzaren erreakzioak eragin ditzake: takikardiak, gorputzaren mugimenduak eta esnatzeak [2, 38]. Hori dela eta, gauean zeharreko ingurumen-zaratak eragina du loaren arkitekturan eta loaren kalitate subjektiboan: subjektuek norberaren loa kaltetuta dagoela eta atsedeen-balio gutxi duela onartzen dute [39]. Munduko Osasun Erakundearen arabera, ingurumen-zaratak ondorengo eraginak ditu loan: lo hartzeko zailtasunak edukitzea, loaren zatiketa, gauean zehar esnatzea edo goizean goizegi esnatzea, gutxiago lo egitea edo lo egin bitartean gehiago mugitzea [40]. Hori dela eta, MOEk zehazten du 40 dB-ko gaueko soinu mailak helburu izan behar duela, eta bitarteko helburu bezala ikusi behar dugula 50 dB-ko maximoa [4].

Pertsona helduak, umeak, txandaka lan egiten dutenak eta aurrez entzumen-arazoak dituztenak talde zaurgarrienak dira ingurumen-zarataren ondoriozko lo-nahasmenduen aurrean [2]. Hala ere, ez da asko ikertu ingurumen-zaratak umeen loan duen eraginaren inguruan. Ikerketa batek 12 urteko umeetan esposizio/erantzun erlazio bat adierazi zuen gaueko auto-trafiko esposizioaren eta loaren kalitatearen zein egunean zeharreko nekearen artean [41]. Azken ikerketa honek auto-trafiko zarataren eta lo hartzeko arazoen artean loturarik ikusi ez bazuen ere, badirudi umearen gelan neurturiko zarataren eta lo hartzeko zailtasunen arteko lotura bat egon bada-goela [42].

Honen guztiaren ondorioz, loaren nahasmenduak ingurumen-zarataren ondorio ez auditibo garrantzitsuenetakotzat jotzen dira. Izan ere, ingurumen-zarata denboran luzatzen denean, lehen azaldu bezala gorputzean estres erantzun bat sortuko da, eta haren ondorioz beste osasun arazo batzuk azalerazi: gaixotasun kardiobaskularrak, metabolikoak eta minbizia, besteak beste.



### **3.4. Gaixotasun kardiobaskularra**

Azken hamarkadetan gehien aztertu den osasun arloa da, bereziki, zarak sortzen duen odolaren presio-igoera, hipertentsioa alegia, eta bihotzeko gaixotasun iskemikoa [27]. Hipertentsioari dagokionez, 2012an argitaratutako metaanalisik batean 24 zeharkako ikerketaren emaitzak batu zituzten eta, errepideetan sortutako zarataren ondorioz, 5dB bakoitzeko hipertentsio arteriala jasateko aukera % 3,4 igotzen zela aurkitu zen (OR *odds ratio*oa: 1.034; % 95 KT: 1.011-1.06) [43]. Zarataren estimazioa egiteko garaian, gehienak kanpo-zarata hartzen dute kontuan, baina badira etxe barruko zarata ere neurtu eta osasunean dituen ondorioak neurtu dituenik ere. Zehazki, Gironan aurrera eramandako ikerketa batean gaueko zarata kanpoan nahiz barruan neurtu zuten, logelaren orientazioa eta etxe barruko isolamendua bezalako informazioa erabiliz. Lortutako emaitzen arabera, gaueko barruko zarata mailak erlazio handiagoa azaltzen zuen hipertentsioarekin kanpoko zaratarekin alderatuta [44]. Bestalde, ikerketek hegazkinen eragindako zarataren eta hipertentsioaren arteko erlazioak ere adierazi dituzte; HYENA (Hypertension and Exposure to Noise near Airports) deritzon estudioan Europako 5 aireportu handien inguruetan bizi ziren 4.861 pertsonak hartu zuten parte, helburua zelarik hegazkinen sortutako zarata eta aireportuen inguruko errepideen zarataren eta bizilagunen hipertentsio-arriskuaren arteko erlazioa aztertzea. Lortutako emaitzen arabera, epe luzeko esposizioa lotuta dago hipertentsio-arrisku handiagoarekin, batez ere gaueko hegazkinen zarata eta eguneroko batez besteko errepideko zaratarekin dagokionez. Zehazki, gaueko hegazkinen zarataren 10dB-ren igoera bakoitzarekin hipertentsioa jasateko aukera % 14 (OR: 1.14; % 95 KT: 1.01-1.29) igoko litzateke [45].

Bestalde, ikerketa askok adierazi dute errepideen zaratarekiko esposizioaren eta bihotzeko gaixotasun iskemikoaren arteko erlazioa. Duela urte gutxi argitaratutako bi metaanalisik bildu dituzte ikerketa guztiok: bi metaanalisiek ebidenziak aurkitu zituzten errepideko trafikoaren zarataren [16] eta errepideen zein hegazkinen zarataren [46] eta bihotzeko gaixotasunen arriskua handitzearen arteko erlazioak. Hori horrela, bi lanen autoreek azpimarratzen dute arazo kardiobaskularren arrisku-faktore esanguratsua dela garraio bideek eragindako zarata.

Bukatzeko, azkenengo hamarkadan trafikoak eragindako zaratak infartuak izateko arriskua handitzen duela baieztatzen duten ikerketak ere argitaratu dira; Danimarkako ikerketa batean [47], etxe barruan trafiko-zaratarekiko esposizioa izateak infartuak izateko arriskua handitzen zuela ikusi zuten, zarataren 10dB-ko igoerarekin (OR: 1,16; % 95 KT: 1,03; 1,25), eta geroago kohorte berberarekin egindako azterketan arrisku hau infartu iskemikoetara mugatzen zen [48].



### 3.5. Gaixotasun metabolikoak

Azken urteetan geroz eta gehiago dira zarata obesitatearekin erlazionatzen duten lanak, bai helduengan, eta baita haurrengan ere. Guztiak Europa iparraldeko lurraldeetan burututako lanak dira, eta batzuk zeharkako ikerketak diren arren [49, 50], badira prospektiboak direnak ere [18, 51]. Azken hauek zarataren eragina denboran zehar zein izan den aztertzen dute, eta ikusi zuten garraio-trafikutik (zenbait garraio mota hartu zituzten kontuan) eratorritako zarata modu zuzenean positiboki erlazionatuta zegoela gerri-zirkunferentziarekin. Hala eta guztiz ere, Oftedal-ek eta kolaboratzaileek emakumeengan soilik ikusi zituzten lortutako emaitzak, eta ez, ondorioz, populazio osoarengan [50].

Diabetesa gaixotasun metaboliko kronikoa da, eta haren intzidentzia ingurumeneko hainbat aldagairekin lotu izan ohi da. Berriki publikatutako meta-analisi batean, azken hamar urteetan zarataren eta diabetesaren arteko erlazioa aztertzen zuten lanak ikertu zituzten eta hautatze/baztertze irizpide zorrotzei jarraiki, 8 artikulua hautatu zituzten —5 kohorte-ikerketa eta 3 zeharkakoak—, guztira 514.570 parte-hartzaile eta 23.708 diabetikorekin. Emaitzek diotenez, zaratarekiko esposizioak diabetesa garatzeko arriskua handitzen du (OR = 1.08; % 95 KT = 1.03 ~ 1.12), eta prebentzio-neurri bezala zarataren eraginpean egon direnen odol-analisiak egitearen beharra azpimarratzen dute, gehienbat lan jardueretan zarata maila altuak jasaten dituzten pertsonen artean [52].

### 3.6. Minbizia

Zarata minbiziaren intzidentzia mailarekin erlazionatzen duten ikerketa gutxi egin den arren, bada zaratak estres oxidatzailea sortzen duela baieztatzen duenik [53] eta, ondorioz, garrantzi handia hartzen du erlazio posiblearen azterketak. Gaiaren inguruko argitalpenak urriak eta eztabaidagarriak dira; bularreko minbiziari dagokionez, adibidez, guk dakigula 4 artikulua publikatu dira [48, 54-56]. Lehenengo bi ikerketen arabera, estrogeno-hartzaile negatibodun bularreko minbizia izateko arrisku handiagoarekin lotu zen zarata. Aldiz, Andersen eta kolaboratzaileek 2018an estrogeno-hartzaile positiboko bularreko minbizia —eta ez negatiboa— izateko arriskuarekin lotu zuten [55]. Orain dela gutxi, Danimarkan, bertako 35 urtetik gorako emakume guztien populazioarekin egindako ikerketan, 1,8 milioi emakumek hartu zuten parte eta 2000-2017 urte bitartean egindako jarraipenean 66.006 emakumek garatu zuten bularreko minbizia. Emaitzen arabera, errepideetako trafikoak eta trenbideek sortutako zarata bularreko minbizia garatzeko arrisku handiagoarekin lotu daiteke; zehazki, esposizio gutxien duen fatxadako aldean (eskuarki logelak kokatzen diren aldean), 10 urtean zarataren 10 dB-ko gehikuntza bularreko minbizian 1.032ko arrisku erlatiboarekin eta %95eko konfiantza-tarteekin (1.019-1.046) lotu

daiteke errepideko zaratarentzat eta 1.023ko (0.993-1.053) trenbideetako zaratarentzat [26].

#### **4. ZARATAREN ERAGINA HAURREN OSASUNEAN**

Munduko Osasun Erakundeak argitaratutako gidaliburuan [56] adierazten da etorkizuneko zarata epidemiologikoko ikerketek talde zaurgarrietan jarri beharko dutela arreta; zarata-adierazle batzuk okerragoak izan daitezke azpitalde jakin batzuentzat, hala nola haur, adineko pertsona eta talde sozioekonomiko baxuentzat.

Umeek helduek baino defentsa-gaitasun gutxiago dute ingurumen-zarata aurre egiteko, eta gainera, zarata gutxiago kontrolatu dezakete [57]. Ondorioz, haurrak zaratarekiko arrisku taldetzat hartzen dira: haur eta jaioberriak zarataren kontsumitzaile pasiboak dira, eta haren ondorio kaltegarrietarako sentiberagoak [58], Munich-eko aireportuaren ikerketak agerian utzi zuen hegazkinen zaratak haurren adrenalina eta noradrenalina mailak handitzen zituela [59]. Honez gain, dirudienez, lotura positibo baina ez oso nabarmen bat dago hegazkinen zarataren eta haurren odol-presioaren artean [25] eta, haurrek ere, helduek bezala, errepideko zaratak eragindako onodoezak edo haserre-erreakzioak aitortzen dituzte. Europako aireportu-inguruetan zeuden eskoletan lehen hezkuntzako 2.844 haurrekin burututako ikerlan batean, haserre handia zuten haurren ehunekoa % 5,1 igotzea aurreikusten zen 50 dB-ko esposizioa zutenen artean, eta % 12,1 60 dB-ko esposizioa zutenen artean [7].

Gero eta nabariagoa da zaratak ondorio kaltegarriak dituela haurren oroi-menean eta irakurketan. Hori hegazkinek sortutako zaratarekin frogatu da, baina baita errepideetako trafiko-zaratarekin ere [60]. Zaratak haurren garen kognitiboan eragindako kalteak interbentzio-ikerketetan ere ikusi izan dira; zehazki, Munich-eko aireportu berria egin aurretik eta ondoren egindako neurketen arabera, kontrol taldearekin alderatuta, zarataren taldean zeuden haurrengan maila baxuagoak aurkitu zituzten errendimendu kognitiboan, epe luzeko oroimenean eta irakurketa-gaitasunean, hain zuzen ere [61]. Modu berean, berriki argitaratutako ikerlan esperimental batean ere, aztertutako haurren atentzio-gaitasuna okerragoa izan zen zarata handiena zuen taldean [62]. Autore hauek azpimarratzen duten legez, ikaskuntza arloan jarduten duen eskola bezalako testuinguru batean, irakaskuntza, irakurketa eta idazteko ingurune egokiago baten beharra asetzeko premia dago.

#### **5. ONDORIOAK**

Gaur egungo bizimodua eta urbanizazio maila altua dela eta, etengabeko faktore bilakatu da zarata. Modu honetan, ingurumen-zarataren kutsa-

dura osasunerako arriskutsua den faktoretzat hartzen da, gero eta luzeagoa baita eragin ditzakeen efektu kaltegarrien zerrenda [63]. Hain zuzen ere, artikulua honetan bildu dugu zaratak osasunean duen eragin ez auditiboaren inguruko ebidentzia zientifikoa.

Zaratak osasunean bi arazo mota eragin ditzake: akutuak eta kronikoak. Badirudi zaratak sortutako ondoreak eta loaren nahasmenduek gorputzeko estres erantzun bat sortzen dutela HPA ardatzaren eta sistema sinpatikoaren aktibazioa dakarrena, eta ondorioz, estresaren hormonen eta estres oxidatiboaren igoera eta hantura sortzen dira [25, 26]. Oro har, zarataren ondorioz agertzen diren hasierako arazoetan jartzen da fokua. Zarataren ondorio psikologiko eta kognitiboak dagokienez, badirudi zaratak aldarte ezegonkorra, haserrea eta sumingarritasuna eragin dezakeela, besteak beste [28]. Gainera, loaren nahasmenduak ingurumen-zaraten ondorio garrantzitsuenetakotzat hartzen dira; izan ere, ingurumen-zaratak eragina du loaren kalitate subjektibo zein objektiboan [2, 38-40]. Loak ongizate fisiologiko zein psikologikorako duen garrantzia kontuan izanda, ugariak dira zaratak eragindako loaren asalduren albo-ondorioak ere [33, 34, 36, 37, 64]. Erantzun kronikoen inguruan gutxiago ikertu bada ere, sistema kardiobaskularrean duen eraginari dagokionez, badirudi hipertentsioa eta bihotzeko gaixotasunak eragin ditzakeela [16, 43, 45-47]. Gaixotasun metabolikoekin duen erlazioa ere sakonki aztertu da, eta zaratarekiko esposizioak diabetesa garatzeko arriskua handitzen duela ikusi da [52]. Horrez gain, eta gaiaren inguruko ikerketak murrizak eta eztabaidagarriak badira ere, badirudi ingurumen-zarata eta bularreko minbizia garatzeko arriskuaren artean ere lotura bat egon daitekeela [26, 48, 54-55].

Hau guztia ikusirik, agerian geratzen da ingurumen-zarataren mailak kontrolatzearen beharra, eta ahal den neurrian murrizten saiatzearen garrantzia. Horretarako, ezinbestekoa da erakundeen partetik gaian arreta jartzea eta egoera hobetzeko neurriak ezartzea. Euskal Autonomia Erkidegoaren kasuan, 213/2012 dekretuan [65] zehazten dira ingurumen-zarataren prebentzio- eta murrizte-neurriak, zaratak osasunean duen eragina gutxitze aldera eta Euskal Autonomia Erkidegoaren kalitate akustikoa hobetzeko helburuarekin. Dekretu honetan zehazten denaren arabera, 10.000 biztanle baino gehiagoko herri zein hirietako udaletxe oro beharturik dago haren lurraldeari dagokion zarata-mapa eratzea. Gainera, mapa horretan oinarrituriko ekintza-plan bat ere eratu beharko litzateke, 5 urteko denbora tartean ingurumen-zarata murrizteko harturiko neurriak zehaztuko dituen. Dekretu honen arabera, honakoa da plan honen helburua: zona urbanoetan, kanpoaldean gehienez 65 dB-ko zarata-esposizioa egotea egunean zehar eta 50 dB-koa gauez. Sentikor diren espazioetan, berriz —hau da, etxe, eskola eta osasun-eremuetan—, 45 dB-ko zarata maila egunean zehar eta 35 dB-koa gauez.

Beraz, beharrezkoa da ingurumen-zarata iturriek igortzen duten soinua etengabe monitorizatzea eta kontrolpean edukitzea. Honi esker, aztertu egin daiteke zaratak udalerrri hauetako herritarrengan duen eragina. Honen

adibide da Bilboko udalak 2000. urtean abiarazi zuen ikerketa, hiriko zarata mailen inpaktu psikosoziala aztertzea helburu zuena [66]. Esan beharra dago zarata-mapa hauek garraiobide eta industrien ondoriozko zaratak hartzen dituztela baitan, eta ondorioz, gutxi dira kaleko edo bizilagunen zaratei loturiko efektuak kontuan hartzen dituztenak. Zarata mota hauek iker-tzea ere oso garrantzitsua da, epe luzera eragin ditzaketen eraginak kaltega-riak izan baitaitezke.

Azken urteetan apustu argia egin da ingurumen-zarata gutxitzearen alde. Egoera honetan, autoen ondorioz sortutako zarata gutxitzea da erronka han-diena eta, horretarako, hainbat aurrerapen egin dira: motor eta errepideen zarata murriztea, gurpilak aldatzea, auto elektrikoak sustatzea eta trafikoa arautzea hiriguneetan. Tren eta hegazkinek sorturiko zarata murrizteko aha-leginetan, motorrak sortutako zarata murriztean ipintzen da fokua. Aktibi-tate industrialari dagokionez, ordea, helburua da aktibitatea gune urbanotik aldendutako industria guneetara mugatzea; horrekin batera, fabrikaren isola-mendu egokia ere bilatzen da [67]. Hala ere, badirudi helburu hauetatik oso urrun gaudela oraindik eta ezinbestekoa da kontzientzia piztea zarata honek sortu ditzakeen osasun-kalteen inguruan. Horrez gain, zenbait neurri urba-nistiko ere hartu beharko lirateke: trafikoaren erregulazioa zarata maila ego-kiak lortu arte; aireportuen eta autobus- eta tren-geltokien urruntzea bizileku inguruetatik edo etxeen isolamendu egokia, besteak beste [63].

Aipatzekoa da 2020. urteko zarataren jaitsiera erabatekoa, COVID-19aren ondoriozko itxialdiak eragindakoa. Garai horretan hartutako neurri zorrotzak zirela eta, garraio eta aktibitate industrialaren zati handi bat eten zen, eta, on-dorioz, ingurumen-kutsadura mailak modu esanguratsuan jaitsi. Egoera ho-nek agertoki egoki bat sortu du ingurumen-zarataren jaitsierak populazioan zein eragin dituen ikertzeko. Jada zenbait ikerketak jarri dute fokua honetan; ikerketa batek, adibidez, pandemian zeharreko aireportuetako zarata maila zein hark eragindako ondoeza esanguratsuki jaitsi zela ondorioztatu du [68].

Azken urteetan zarata mailak gutxitzearen alde egin den lanaren on-dorio nabarmenena, berriki, 2021eko ekainaren 3an, *Estatuko Boletín Ofi-zialean* argitaratutako eranskin baten zuzenketa da, non zarataren ebalua-zio-metodoak eguneratzen diren. Bertan, egungo ezagutzan oinarrituta, gaixotasun batzuk pairatzeko arrisku erlatiboa nahiz absolutua kalkula-tzeko formulak eskaintzen dira. Aurrerapauso handia da arriskuaren neur-ketaren zehaztapen hau [69].

Azkenik, artikuluko honek azpimarratzen du ezinbestekoa dela zaratak osasunean duen eraginaren inguruan ikertzen jarraitzea. Are gehiago, in-gurumen-zarataren eraginpean zaurgarritzat jotzen diren giza taldeei arreta berezia eskaini beharko litzaieke: jaiotze-bidean direnak, jaioberriak eta haurrak, hain zuzen ere. Garapen-garaia erabakigarria da indibiduoaren etorkizuna eraikitzeko, eta beraz, haren garapenean zehar gerta daitekeen

edozein alteraziok, heldu-garaiko osasun, bizitza-kalitate, portaera-arazo, edota errendimendu akademiko zein laboralaren kaltetzea ekar dezake. Hori dela eta, ezinbestekoa da bereziki haurren osasunean eragina izan dezakeen arazoen identifikazioa eta esku-hartzea. Testuinguru honetan, zaratak osasunean zein eragin duen ikertu eta deskribatu behar da lehenik, ondoren horren arabera neurriak hartu ahal izateko.

Gaur egun munduko populazio osoaren % 75 hiriguneetan bizi da, eta 2050. urterako % 80 hiriguneetan biziko dela aurreikusten da [70]. Gauzak honela, begi-bistakoa da osasun publikoaren alde epe luzeko estrategiak eta araudiak garatu behar direla. Hiri osasuntsuen diseinua ezinbestekoa da, beraz, ezaugarri horrek bertako biztanleriaren osasunean izango duen eragin zuzena kontuan hartuta.

## **LABURDURAK**

dB	= dezibelio.
EU	= Europar Batasuna.
HPA	= Hipotalamo-pituitario-adrenal.
KT	= konfiantza-tartea.
NAPDH	= Nikotiamida-Adenina Dinukleotido fosfatoa.
OR	= Odd Ratioa.
MOE	= Munduko Osasun Erakundea.

## **ESKER ONA**

AAk eskerrak eman nahi dizkie Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza, Hizkuntza Politika eta Kultura sailei, doktore tesia egiteko jaso duen diru-laguntzagatik.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] ZUZENTARUA 2002/49/EE Europako Parlamentu eta Kontseuluarena, 2002ko ekainaren 25ekoa, ingurumen-zarataren ebaluazioari eta kudeaketari buruzkoa. *Europar Batasuneko Aldizkari Ofiziala*. 2002ko uztailaren 18a, zkia. 189, 12-25.
- [2] MUZET, A. 2007. «Environmental noise, sleep and health». *Sleep Medicine Reviews*, **11**(2), 135-142.
- [3] HONG, A., KIM, B., eta WIDENER, M. 2019. «Noise and the city: Leveraging crowdsourced big data to examine the spatio-temporal relationship between urban development and noise annoyance». *Urban Analytics and City Science*, **47**(7), 1202-1218.

- [4] BROWN, A., eta VAN KAMP, I. 2017. «WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review of Transport Noise Interventions and Their Impacts on Health». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**(8), 873.
- [5] CLARK, C. eta PAUNOVIC, K. 2018. «WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **15**(11), 285.
- [6] GUSKI, R., SCHRECKENBERG, D., eta SCHUEMER, R. 2017. «WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**(12), 1539.
- [7] VAN KEMPEN, E., CASAS, M., PERSHAGEN, G., eta FORASTER, M. 2018. «WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **15**(2), 379.
- [8] NIEUWENHUIJSEN, M., RISTOVSKA, G. eta DADVAND, P. 2017. «WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**(10), 1252.
- [9] CORBURN, J. 2007. «Reconnecting with Our Roots». *Urban Affairs Review*, **42**(5), 688-713.
- [10] WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2008. «Commission on the Social Determinants of Health. Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health. Final report of the Commission on the social determinants of health». Geneva: World Health Organization.
- [11] GILES-CORTI, B., VERNEZ-MOUDON, A., REIS, R., TURRELL, G., DANNENBERG, A. L., BADLAND, H., FOSTER, S., LOWE, M., SALLIS J.F., STEVENSON, M. eta OWEN, N. 2016. «City planning and population health: a global challenge». *The Lancet*, **388**(10062), 2912-2924.
- [12] MURPHY, E., eta KING, E.A. 2010. «Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications». *Environment International*, **36**(3), 290-298.
- [13] DE VOS, P., & VAN BEEK, A. 2011. «Environmental Noise». *Encyclopedia of Environmental Health*, 476-488.
- [14] MUNZEL, T., GORI, T., BABISCH, W., eta BASNER, M. 2014. «Cardiovascular effects of environmental noise exposure». *European Heart Journal*, **35**(13), 829-836.
- [15] ISING, H. eta BRAUN, C. 2000. «Acute and chronic endocrine effects of noise: review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene». *Noise Health* **2**, 7-24.

- [16] BABISCH, W. 2014. «Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: a meta-analysis». *Noise Health*, **16**,1-9.
- [17] SORENSEN, M., ANDERSEN, Z.J., NORDSBORG, R.B., BECKER, T., TJONNELAND, A., OVERVAD, K., RAASCHOU-NIELSEN, O. 2013. «Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study». *Environ Health Perspect*, **121**, 217-22.
- [18] CHRISTENSEN, J.S., RAASCHOU-NIELSEN, O., TJONNELAND, A., NORDSBORG, R.B., JENSEN, S.S., SØRENSEN, T.I., eta SØRENSEN, M. 2015. «Long-term exposure to residential traffic noise and changes in body weight and waist circumference: a cohort study». *Environ Res*, **143**, 154-161.
- [19] GEHRING, U., TAMBURIC, L., SBIHI, H., DAVIES, H., eta BRAUER, M. 2014. «Impact of Noise and Air Pollution on Pregnancy Outcomes». *Epidemiology*, **25**(3), 351-358.
- [20] LERCHER, P. 2002. «Ambient neighbourhood noise and children's mental health». *Occupational and Environmental Medicine*, **59**(6), 380-386.
- [21] ORBAN, E., McDONALD, K., SUTCLIFFE, R., HOFFMANN, B., FUKS, K.B., DRAGANO, N., VIEHMANN, A., ERBEL, R., JÖCKEL, K.-H., PUNDT, N., eta MOEBUS, S. 2016. «Residential Road Traffic Noise and High Depressive Symptoms after Five Years of Follow-up: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study». *Environmental Health Perspectives*, **124**(5), 578-585.
- [22] HUME KI, BRINK M, BASNER M. 2012. «Effects of environmental noise on sleep». *Noise Health* 2012, **14**, 297-302.
- [23] SWINBURN TK, HAMMER MS, and NEITZEL RL. 2015. «Valuing quiet: an economic assessment of U.S. environmental noise as a cardiovascular health hazard». *Am J Prev Med*, **49**, 345-353.
- [24] HAYS, J., MCCAWLEY, M., eta SHONKOFF, S.B.C. 2017. «Public health implications of environmental noise associated with unconventional oil and gas development». *Science of The Total Environment*, **580**, 448-456.
- [25] MÜNZEL, T., SØRENSEN, M., SCHMIDT, F., SCHMIDT, E., STEVEN, S., KRÖLLER-SCHÖN, S., eta DAIBER, A. 2018. «The Adverse Effects of Environmental Noise Exposure on Oxidative Stress and Cardiovascular Risk». *Antioxidants & Redox Signaling*, **28**(9), 873-908.
- [26] SØRENSEN, M., POULSEN, A.H., KROMAN, N., HVIDTFELDT, U.A., THACHER, J.D., ROSWALL, N., BRANDT, J., FROHN, L. M., JENSEN, S.S., LEVIN, G., eta RAASCHOU-NIELSEN, O. 2021. «Road and railway noise and risk for breast cancer: A nationwide study covering Denmark». *Environmental Research*, **195**, 110739.
- [27] MÜNZEL, T. eta DAIBER, A. 2018. «Environmental Stressors and Their Impact on Health and Disease with Focus on Oxidative Stress». *Antioxidants & Redox Signaling*, **28**(9), 735-740.
- [28] OHRSTROM E, BARREGARD L, ANDERSSON E, SKANBERG A, SVENSSON H, ANGERHEIM P. 2007. «Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic». *J Acoust Soc Am*, **122**, 2642-52.



- [29] HEGEWALD, J., SCHUBERT, M., FREIBERG, A., ROMERO STARKE, K., AUGUSTIN, F., RIEDEL-HELLER, S.G., ZEEB, H., eta SEIDLER, A. 2020. «Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**(17), 6175.
- [30] FECHT, D.; HANSELL, A.L.; MORLEY, D.; DAJNAK, D.; VIENNEAU, D.; BEEVERS, S.; TOLEDANO, M.B.; KELLY, F.J.; ANDERSON, H.R.; GULLIVER, J. 2016. «Spatial and temporal associations of road traffic noise and air pollution in London: Implications for epidemiological studies». *Environ. Int.*, **88**, 235-242.
- [31] LERTXUNDI A, ANDIARENA A, MARTÍNEZ MD, AYERDI M, MURCIA M, ESTARLICH M, GUXENS M, SUNYER J, JULVEZ J, IBARLUZEA J. 2019. «Prenatal exposure to PM2.5 and NO2 and sex-dependent infant cognitive and motor development». *Environ Res*, **174**, 114-121.
- [32] DE LA CRUZ, L. 2018. «Impacto de un programa de actividad física en el sueño de niños en edad escolar y factores relacionados». Centro de estudios socio-sanitarios, Universidad de Castilla-La Mancha.
- [33] Knutson, KL. 2010. «Sleep duration and cardiometabolic risk: a review of the epidemiologic evidence». *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, **24**(5):731-43.
- [34] CAPPuccio FP, COOPER D, D'ELIA L, STRAZZULLO P, and MILLER MA. 2011. «Sleep duration predicts cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective studies». *Eur Heart J*, **32**, 1484-1492.
- [35] STANSFELD SA, BERGLUND B, CLARK C, LOPEZ-BARRIO I, FISCHER P, OHRSTROM E, HAINES MM, HEAD J, HYGGE S, VAN KAMP I, BERRY BF, TEAM Rs. 2005. «Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study». *Lancet* 365: 1942-9, 2005.
- [36] CARTER, J.C. eta WREDE, J.E. 2017. «Overview of Sleep and Sleep Disorders in Infancy and Childhood». *Pediatric Annals*, **46**(4), 133-138.
- [37] BASNER, M., BABISCH, W., DAVIS, A., BRINK, M., CLARK, C., JANSSEN, S., eta STANSFELD, S. 2014. «Auditory and non-auditory effects of noise on health». *The Lancet*, **383**(9925), 1325-1332.
- [38] BASNER M, SAMEL A eta ISERMANN U. 2006. «Aircraft noise effects on sleep: application of the results of a large polysomnographic field study». *J Acoust Soc Am*, 119, 2772-84.
- [39] HALPERIN, D. 2014. «Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health?». *Sleep Science*, **7**(4), 209-212.
- [40] WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2009. *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization Europe.
- [41] ÖHRSTRÖM, E., HADZIBAJRAMOVIC, E., HOLMES, M. eta SVENSSON, H. 2006. «Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults». *Journal of Environmental Psychology*, **26**(2), 116-126.
- [42] TIESLER CM, BIRK M, THIERING E, KOHLBÖCK, G., KOLETZKO, G., BAUER, C.P., BERDEL, D., VON BERG, A., BABIASCH, W. eta HEINRICH, J. 2013. «Exposure to road traffic noise and children's behavioural problems and sleep

- disturban ce: results from the GINIplus and LISApplus studies». *Environ Res*, **123**, 1-8.
- [43] VAN KEMPEN E eta BABISCH W. 2012. «The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis». *J Hypertens* **30**, 1075-86, 2012.
- [44] FORASTER, M., KÜNZLI, N., AGUILERA, I., RIVERA, M., AGIS, D., VILA, J., BOUSO, L., DELTELL, A., MARRUGAT, J., RAMOS, R., SUNYER, J., ELOSUA, R. eta BASAGAÑA, X. 2014. «High Blood Pressure and Long-Term Exposure to Indoor Noise and Air Pollution from Road Traffic». *Environmental Health Perspectives*. **122**, 1193-1200.
- [45] JARUP, L., BABISCH, W., HOUTHUIJS, D., PERSHAGEN, G., KATSOUYANNI, K., CADUM, E., ... VIGNA-TAGLIANTI, F. 2007. «Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study». *Environmental Health Perspectives*, **116**(3), 329-333.
- [46] VIENNEAU D, SCHINDLER C, PEREZ L, PROBST-HENSCH N, ROOSLI M. 2015. «The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a metaanalysis». *Environ Res*, **138**, 372-80. function and stress hormone release in healthy adults». *Eur Heart J*, **34**, 3508-14.
- [47] SØRENSEN M, HVIDBERG M, ANDERSEN ZJ, NORDSBORG RB, LILLELUND KG, JAKOBSEN J, TJØNNELAND A, OVERVAD K, RAASCHOU-NIELSEN O. 2011. «Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study». *Eur Heart J* **32**, 737-44.
- [48] SØRENSEN, M., LÜHDORF, P., KETZEL, M., ANDERSEN, Z. J., TJØNNELAND, A., OVERVAD, K., eta RAASCHOU-NIELSEN, O. 2014. «Combined effects of road traffic noise and ambient air pollution in relation to risk for stroke?». *Environmental Research*, **133**, 49-55.
- [49] CHRISTENSEN JS, HJORTEBJERG D, RAASCHOU-NIELSEN O, KETZEL M, SØRENSEN TI, and SØRENSEN M. 2016. «Pregnancy and childhood exposure to residential traffic noise and overweight at 7 years of age». *Environ Int*, **94**, 170-176.
- [50] OFTEDAL B, KROG NH, PYKO A, ERIKSSON C, GRAFF-IVERSEN S, HAUGEN M, SCHWARZE P, PERSHAGEN G, and AASVANG GM. 2015. «Road traffic noise and markers of obesity—a population- based study». *Environ Res*, **138**, 144-153.
- [51] ERIKSSON C, HILDING A, PYKO A, BLUHM G, PERSHAGEN G, and OSTENSON CG. 2014. «Long-term aircraft noise exposure and body mass index, waist circumference, and type 2 diabetes: a prospective study». *Environ Health Perspect*, **122**, 687-694.
- [52] WANG, H., SUN, D., WANG, B., GAO, D., ZHOU, Y., WANG, N., & ZHU, B. 2020. «Association between noise exposure and diabetes: Meta-analysis». *Environmental Science and Pollution Research*, **27**(29), 36085-36090.
- [53] SCHMIDT FP, BASNER M, KROGER G, WECK S, SCHNORBUS B, MUTTRAY A, SARIYAR M, BINDER, H., GORI T, WARNHOLTZ A, MUNZEL T. 2013. «Effect of nighttime aircraft noise exposure on endothelial function and stress hormone release in healthy adults». *Eur Heart J*, **34**, 3508-14.

- [54] HEGEWALD J, SCHUBERT M, WAGNER M, DROGE P, PROTE U, SWART E, MOLLER U, ZEEB H, eta SEIDLER A. 2017. «Breast cancer and exposure to aircraft, road, and railway-noise: a case-control study based on health insurance records». *Scand J Work Environ Health*, **43**, 509-518.
- [55] ANDERSEN, Z.J., JORGENSEN, J.T., ELSBORG, L., LOPHAVEN, S.N., BACKALARZ, C., LAURSEN, J.E., PEDERSEN, T.H., SIMONSEN, M.K., BRAUNER, E.V., LYNGE, E., 2018. «Long-term exposure to road traffic noise and incidence of breast cancer: a cohort study». *Breast Cancer Res*, **20** (1), 119.
- [56] THEAKSTON, F. 2011. «Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe». World Health Organization, Regional Office for Europe.
- [57] THAKUR, R. 2016. «The Responsibility to Protect at 15». *International Affairs*, **92**(2), 415-434.
- [58] VAN KAMP I, DAVIES H. 2013. «Noise and health in vulnerable groups: A review». *Noise Health*, **15**, 153-9.
- [59] EVANS GWB, M. HYGGE, S. 1998. «Chronic noise exposure and psychological response: a prospective study of children living under environmental stress». *Psychol Sci*, **9**, 75-77.
- [60] PAUNOVIC K, STANSFELD S, CLARK C, BELOJEVIC G. 2011. «Epidemiological studies on noise and blood pressure in children: Observations and suggestions». *Environ Int*, **37**, 1030-41.
- [61] HYGGE S, EVANS GW, BULLINGER M. 2002. «A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children». *Psychol Sci*, **13**, 469-74.
- [62] FERNANDES, R.A., VIDOR, D.C.G.M., eta OLIVEIRA, A.A. de. 2019. «The effect of noise on attention and performance in reading and writing tasks». *CoDAS*, **31**(4), 1-6.
- [63] GUPTA, A., GUPTA, A., JAIN, K., eta GUPTA, S. 2018. «Noise Pollution and Impact on Children Health». *The Indian Journal of Pediatrics*, **85**(4), 300-306.
- [64] STANSFELD, S., eta CLARK, C. 2015. «Health Effects of Noise Exposure in Children». *Current Environmental Health Reports*, **2**(2), 171-178.
- [65] DEKRETUA 213/2012, urriaren 16koa, Euskal Autonomia Erkidegoko kutsadura akustikoarena. Euskal Herriko Agintaritzaren Aldizkaria. 2012ko azaroaren 16a, zkia. 222.
- [66] HERRANZ, K., eta LASA, J. 2007. *Impacto psicosocial del ruido, hacia un Bilbao sostenible*. International Congress on Acoustics, Madrid.
- [67] SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY. 2017. *Noise abatement approaches*. Future Brief 17. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol.
- [68] AMOATEY, P., AL-HARTHY, I., AL-JABRI, K., AL-MAMUN, A., BAAWAIN, M.S., eta AL-MAYAH, A. 2022. «Impact of COVID-19 pandemic on aircraft noise levels, annoyance, and health effects in an urban area in Oman». *En-*

- vironmental science and pollution research international*, **29**(16), 23407-23418.
- [69] PCM/542/2021 ORDENA, maiatzaren 31koa, 1513/2005 Errege Dekretuaren III. Eranskinaren aldaketa. *Estatuaren Aldizkari Ofiziala*. 2021eko ekainaren 3a, zkia.132, 67857-67862.
- [70] EUROPAKO INGURUMEN AGENTZIA. 2020. *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

