

# Oka estuarioko ur-kalitatearen hobekuntzaren lehen zantzuak saneamenduaren ondorioz

Early signs of improvement of the water quality of the Oka estuary, after sanitation

Izaskun Zorita\*, Joana Larreta, Ainhize Uriarte, Oihana Solaun

AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

**LABURPENA:** Euskal Herrian, hirietako hondakin-uren isurketek eutrofizazio arriskua eta bainua hartzeko debekua eragin dituzte, bereziki Okaren estuarioaren barrualdean. Horregatik, 2015ean, hondakin-urak tratatzeko Bermeon araztegi berri bat jarri zen martxan, edukiera handiagokoa, eta 2021ean Urdaibai eskualdeko hondakin-ur ia guztiak estolderia-sistemara lotu ziren. Lan honen helburua uraren kalitatearen espazio- eta denbora-joerak saneamenduaren fase ezberdinekin zehaztea izan zen. Horretarako, mantenugaien kontzentrazioak eta aldagai ozeanografiko nagusiak hiru hilean behin neurtu ziren estuarioan zehar kokatutako hiru laginketa-puntuetan, 1995 eta 2021 bitartean. Horrez gain, 2008-2021 bainu-denboraldian, bi astetik behin, bakterio fekalak aztertu ziren estuarioko lau hondartzetan. Estuarioaren barruko laginketa-puntutik kanpo laginketa-punturaino, gradiente bat ikusten da, mantenugai guztien kontzentrazioaren batez besteko balioetan, baita oxigenoaren eta klorofilaren balioetan ere. Bestalde, saneamenduak aurrera egin ahala, estuarioko uraren kalitate fisiko-kimikoa hobetu egin dela ikus daiteke, bereziki aztertutako azken urteetan. Bainatzeko urei dagokienaz, barruko hondartzak zentsu ofizialetik kendu ziren 2016. urtean, azken lau urteetan kalitate nahikoa ez erakusteagatik; baina 2021ean, hondartza horietako bat berriro sartu zen bainatzeko guneen zerrendan. Lehenengo hobekuntza-seinale horiek adierazten dute neurri zuzentzaileak eraginkorrak izaten ari direla, bai mantenugaien sargaien kudeaketan, baita kostaldeko zerbitzuen lehengoratzeko eta babesean ere.

**HITZ GAKOAK:** hondakin-urak, araztegia, eutrofizazioa, bainatzeko urak, kudeaketa, Urdaibai.

**ABSTRACT:** In the Basque Country, urban wastewater discharges, especially in the inner part of the Oka estuary, have posed a risk in terms of eutrophication and bathing water uses. Thus, in 2015 a new wastewater treatment plant with higher capacity was implemented in Bermeo, and in 2021 almost all wastewater of the Urdaibai region were connected to the sewerage system. The aim of this study was to determine the spatial and temporal trends of water quality in relation to the implementation of the different phases of the sewerage system. Nutrient concentrations and main oceanographic variables were measured quarterly at three stations along the estuary from 1995 to 2021. Additionally, faecal coliforms were analysed fortnightly at four beaches during the bathing season from 2008 to 2021. A gradient from the innermost station to the outermost station has been found in the mean concentration values of all nutrients, as well as oxygen and chlorophyll. On the other hand, as the clean-up progressed, the improvement in the physico-chemical quality of the water throughout the estuary has been evidenced, especially in recent years. As for the bathing waters, the inner beaches were removed from the official census in 2016 for having been classified as 'poor' quality for the last four years, but in 2021 one of the beaches was reinstated on the list of bathing areas. These early signs of improvement indicate that remedial measures are proving effective in managing nutrient inputs and in restoring and protecting coastal services.

**KEYWORDS:** sewage, treatment plant, eutrophication, bathing waters, management, Urdaibai.

\* **Harremanetan jartzeko / Corresponding author:** Izaskun Zorita. AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA). Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia - Gipuzkoa, Spain. – izorita@azti.es – https://orcid.org/0000-0003-0718-8184

**Nola aipatu / How to cite:** Zorita, Izaskun; Larreta, Joana; Uriarte, Ainhize; Solaun, Oihana (2024). «Oka estuarioko ur-kalitatearen hobekuntzaren lehen zantzuak saneamenduaren ondorioz». *Ekaia*, 46, 2024, 129-150. (https://doi.org/10.1387/ekaia.24631).

Jasotze-data: 2023, martxoak 16; Onartze-data: 2023, abenduak 5.

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



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

## 1. SARRERA

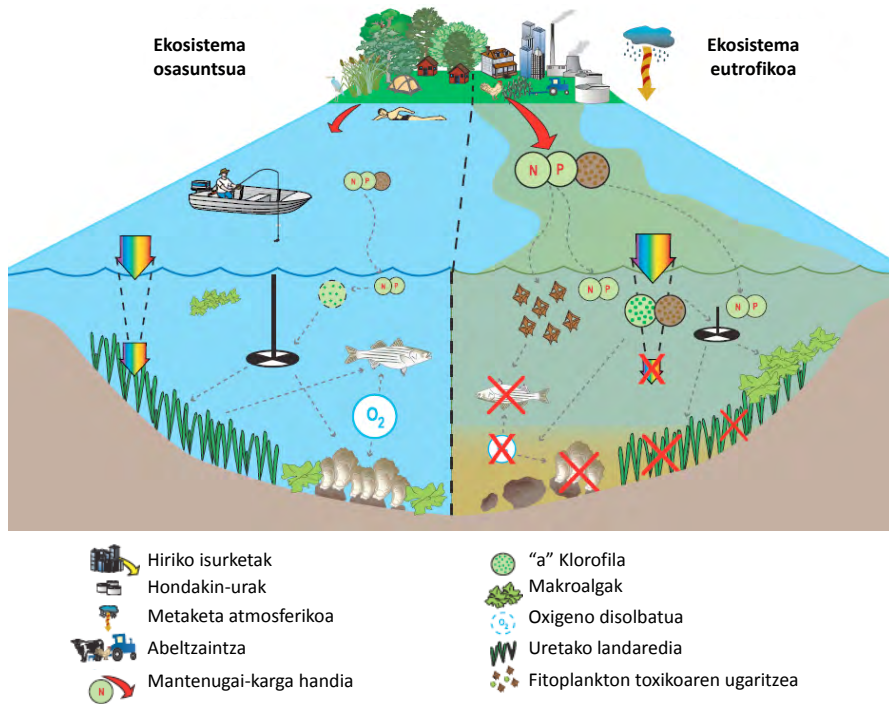
Itsas ekosistemek giza osasunari eta ongizateari laguntzen dioten zerbitzu ekosistemiko ugari eskaintzen dituzte [1, 2], besteak beste, erabilera desberdinetarako ur-hornidura, mikroorganismoek eragindako kutsadura ezabatzea, lautada alubial naturalek eragindako uholdeen aurkako babesa eta aisialdiko jardueren aukera, hala nola igeriketa, arrantza, uretako kirolak, ibilaldiak eta turismoa [3]. Hala ere, giza jarduerak munduko itsas ekosistema eta zerbitzu asko mehatxatzen dituzte. Adibidez, hondakin-urak edota hiriko isurketak araztegieta tratamendu eraginkorrik gabe itsas ingurunera zuzenean isurtzen direnean, eutrofizazioa edo bainua hartzeko debekua eragin ditzakete.

Eutrofizazioa da hondakin-urek daramaten gehiegizko mantenugaien metaketaren ondorioz estuarioetan gertatzen den algen gehiegizko hazkundea. Prozesu horretan, uraren gainazalean argiaren sarrera oztopatzen duen geruza bat eratzen da, eta horrek uraren hondoan fotosintesia egitea galarazten du, oxigenoa kontsumitzen duten prozesu katabolikoak bultzatuz. Hori guztia dela eta, bakterio eta alga toxikoak baino ezin dira bizi han, eta, aldi berean, beste kutsatzaile eta substantzia toxiko batzuk askatzen dira. Ondorioz, uraren oxigeno-kontzentrazioa asko jaisten da, eta horrek bizidun askoren heriotza eragin dezake, eta, horrenbestez, biodibertsitatea murriztu [4] (1. irudia). Beraz, eutrofizazioak ur-ekosistemen degradazioa dakar, eta eragin ekologiko, ekonomiko eta sozial garrantzitsuak ditu [5, 6].

Kostako uren kutsadura mikrobiologikoaren eragile nagusiak hondakin-uren isurketak dira, estolden gainezkatzeak, euri-uren isurketak, ur kutsatuen isurketak eta nekazaritza- eta hiri-isurketak barne [7, 8]. Hondakin-uretan aurki daitezkeen bakterio fekalak arrisku larria dira osasun publikoarentzat; izan ere, gaixotasun gastrointestinalak, begietakoak, entzumenekoak, azalekoak eta arnasbideetakoak sor ditzakete [9, 10], eta, ondorioz, urak ezin dira aisialdirako erabili [6]. Adibidez, hondartzetako uretan baimendutako bakterio fekalen maila gaintitzen denean, ez bainatzeko gomen-dioa egin daiteke. Zerbitzu horiek gizartearentzat eta ekonomiarentzat garrantzitsuak direnez, ezinbestekoa da ingurumena egoera onean mantentzea.

Hori dela eta, kostaldeko baliabideak lehengoratzeko eta babesteko, ingurumen-kudeaketak hainbat kutsatzailerari arreta jarri behar die [11]. Gauzak horrela, mantenugaiak Europar Batasuneko legediaren adierazle garrantzitsutzat jotzen dira. Esaterako, Europako Uraren Esparru Zuzentarauak (UEZ; 2000/60/CE) zehazten duenez, egoera ekologiko onean egoteko, «mantenugaien kontzentrazioek ez dituzte ekosistemaren funtzionamendua bermatzeko ezarritako mailak gaintitu behar». Europako Itsas Estrategiari buruzko Esparru Zuzentarauak (2008/56/CE), berriz, eutrofizazioa tratatzeko irizpideak ezartzen ditu, itsas uretan ingurumen-egoera ona lortzeko, eta Hirietako Hondakin Uren Tratamenduari buruzko Zuzentaruak (91/271/CE) Europar Batasuneko uraren funtsezko tresna politikoetako bat da, ur-ingurunea eta

giza osasuna babesteko. Bestetik, uren kalitatea bainurako onargarria den ala ez jakiteko, 2006/7/CE Zuzentarauak eta 1341/2007 Errege Dekretuak bakterio fekalen mailak ezartzen dituzte. Horrela, araudi horien bidez, uren kalitatea erabilera ezberdinetarako egokia dela bermatzen da.

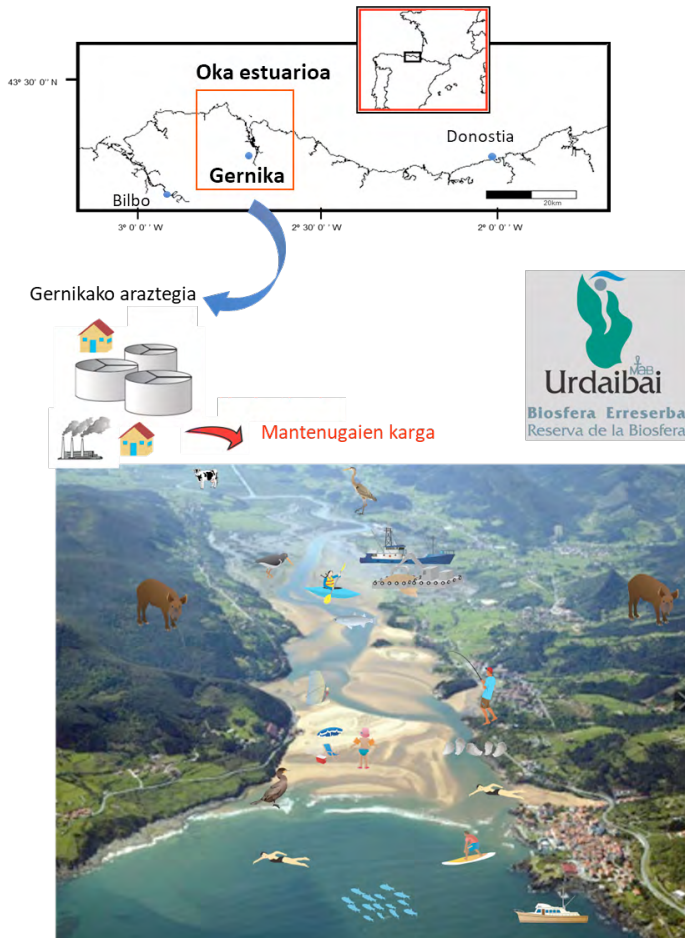


**1. irudia.** Ekosistema osasuntsua eta ekosistema eutrofikoa alderatzen dituen kontzeptu-diagrama. Iturria: [4] artikulutik moldatua.

### 1.1. Okaren itsasadarra

Okaren estuarioa Euskal Herrian hidromorfologikoki ondo kontserbatuta dagoen estuarioa da. Paisaia bereziagatik eta giza jardueren eta naturalingurunearen arteko oreka ona direla eta, UNESCOk Urdaibai biosferaren erreserba izendatu zuen 1984an. Okaren arroak 17 km luze eta 220 km<sup>2</sup>-ko azalera ditu, hau da, Bizkaiko azalaren %10 gutxi gorabehera, eta 22 udal-erri hartzen ditu, osorik edo zati batean. Gaur egun, udal-erri horietatik 16 bertako urez hornitzen dira (Gautegiz-Arteaga, Ea, Elantxobe, Gernika-Lumo, Forua, Ibarrangelu, Mendata, Murueta, Ajangiz, Muxika, Busturia, Sukarrieta, Mundaka, Kortezubi, Arratzu eta Bermeo). Urdaibaiko Biosferaren Erreserbak 45.000 biztanle inguru ditu (udan eta jaiegunetan biztanle-kopurua aise bikoizten da), eta % 80 baino gehiago hiriguneetan biltzen da.

Horien artean, eskualdeko jarduera ekonomikoa zentralizatzen duten bi hiri-guneak aipa ditzakegu: Gernika, erdigune geografikoan kokatua, merkataritza- eta komunikazio-gunea; eta Bermeo, itsasoari betidanik lotua, eta gaur egun Kantauri itsasoko baxurako porturik garrantzitsuenena. Lurraldearen gainerakoan, hainbat giza kokaleku daude, landa-eremuak edota marinelak. Oso lurralde gizatiartua da, eta, oro har, Oka ibaiaren arroko jarduera sozioekonomiko nagusia zerbitzuetan oinarritzen da, baina lehen sektoreko nekazaritza, abeltzaintza eta arrantza ere aurki daitezke; baita hainbat industria-jarduera ere, hala nola industria metalurgikoa, ontziola, gainazalen tratamenduak, mahai-tresnen eta plastikoaren fabrikazioa, batez ere Gernika inguruan. Estuarioaren ahoan dauden hainbat hondartzatan kirol-jarduerak ere egiten dira; besteak beste, igeriketa, arrantza eta surfa (2. irudia).



2. irudia. Urdaibaiko Biosfera Erreserbako giza jardueren irudi eskematikoa.

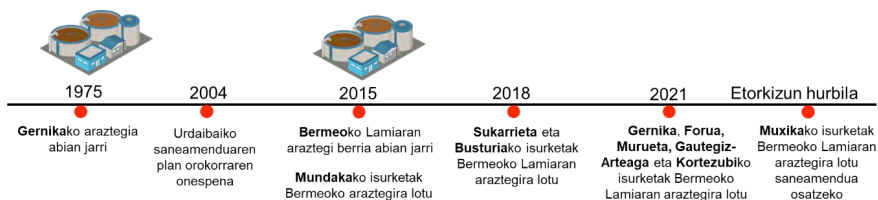
Euskal Autonomia Erkidegoan (EAEn) Ur Agentziak (URak) Europako UEZren eskaerei erantzuteko aztertzen dituen 12 estuarioetatik, Okaren estuarioa da azken urteotan mantenugaien mugak etengabe gainditu dituen estuarioetako bat [12, 13, 14]. Gernikako araztegiak ez du behar bezala funtzionatu urte askoan eta uraren kalitatearen degradazioa eta giza erabilerarako baliabideen urritasuna eragin ditu, batez ere barrualdean, araztegitik gertu (3. irudia). Adibidez, itsaski-bilketarako debekuak ezarri dira bertako muskuiluek edota ostrek giza kontsumorako onargarriak diren bakterio-mailak gainditu izan dituztelako. Horrez gain, Okaren estuarioaren barrualdea eutrofizazioarekiko gune sentikortzat hartu izan da [15, 16]. Mantenugaien karga handia daramaten hondakin-urek, estuariora heltzean, fitoplankton-loraldiak eragin izan dituzte udasasoian [17] bainurako arriskua areagotuz. Bestalde, mantenugaien gehiegizko isurketez gain, araztegiak disruptore endokrinoak ondo tratatu gabe isuri izan dituela ere ondorioztatu da; izan ere, Okaren estuarioko muskuiluetan eta korrokoietan agerturiko intersex eta feminizazio-zantzuak konposatu hauekin erlazionatu izan dira [18, 19]. Are gehiago, 2020. eta 2021. urteetan, Oka barrualdeko ur-masaren egoera ekologikoaren kalifikazioa txarra izan zen, fitoplanktonaren eta baldintza orokorren egoeratik [13, 14]. Degradazio-egoera hori Eusko Jaurlaritzako Osasun Sailak 2008. urtetik egiten duen bainu-eremuetako osasun-jarraipenean ere islatu izan da. Izan ere, EAeko kostaldeko bainu-eremuak aztertuta, azken urteetan, Okaren estuarioaren barrualdean kokatzen diren hondartzetan bainua ez da gomendagarria izan uraren kutsadura mikrobiologikoagatik; eta horrek Europar Batasuneko bainatzeko urei buruzko zuzentzaurearen nahitaezko arauak ez betetzea eragin du [20]. Ez da arraroa tokiko komunikabideetan, tarteka, bainuaren debekuari buruzko albisteak topatzea (3. irudia).



**3. irudia.** Okaren estuarioko ur-kalitatearen degradazioak eutrofizazioa eta bainatzeko debekua eragin ditu. a) Okaren estuarioko barrualdean, itsasbeheran, fitoplankton-loraldiak eragindako ur gorrizka; (b) itsasgoran, ohikoa den kolore marroixka, eta c) Okaren estuarioko barrualdeko hondartzetan bainuaren debekua iragartzen duten berriak.

## 1.2. Okaren estuarioko saneamendu-lanen eboluzioa

Kutsaduraren ondorio kaltegarri batzuk murrizketa-neurrien bidez alda daitezke [21]. Modurik eraginkorrena araztegieta hondakin-urak tratatzea da, bai bakterio fekalen mailak behera egiteko, bai mantengai gehiegizko metaketa saihesteko. Urdaibaiko Saneamenduaren Plan Orokorra EAEko ingurumen-jarduera garrantzitsuenetakoa bat da. Plan horren helburua Urdaibaiko uraren egoera ekologiko ona babestea da, eta ingurumena errespetatzen duen saneamendu eraginkorra lortzea. Horregatik, nahiz eta Gernikako araztegiak lehen eta bigarren mailako tratamenduak izan, zaharkitua zegoela ikusirik, 2004an, Urdaibaiko Saneamenduaren Plan Orokorra onartu zen. Horrela, arloan sortutako etxeko eta industriako hondakin-uren bilketa eta tratamendua barne hartzen dituen saneamendu-plana jarri zen martxan. Saneamendua fase ezberdinetan osatuz joan da (4. irudia). Izan ere, lan nekeza izan da sakabanatutako hainbat baserri Gernikatik Bermeora doan kolektore nagusira lotzea, eta ibaiaren bi bazterren hondakin-urak bildu eta Bermeoko Lamiaran araztegiara eramatea. 2007 eta 2014 urteen artean, kolektore nagusiaren tarte desberdinen lanak egin ziren. 2015ean, Bermeon, abian jarri zen Lamiaran, ahalmen handiagoko hondakin-urak tratatzeko araztegi berria. Araztegi horrek hondakin-ur araztuen isurketak 300 metroko luzera duen itsaspeko hustubide baten bidez, 25 metroko sakonerara isurtzen ditu. 2015. urtean, Bermeoko eta Mundakako hondakin-urak ere Lamiaranera lotzea lortu zen. 2018. urte amaieran, Sukarrietako eta Busturiko isurketak Lamiarango hondakin-uren araztegi berrira lotu ziren, eta 2021ean, Gernikako eta Busturiko saneamendu-kolektorea martxan jarri zenez, arroko hondakin-ur ia guztiak arazketa-sistemara lotuta gelditu dira. Orain, saneamenduan sartuta daude Gernika, Forua, Murueta, Gautegiz-Artega eta Kortezubi udalerriak. Hala ere, Muxika-Gernika kolektore nagusiaren azken zatia egiteke dago, baina saneamendua laster osatzea espero da. Beste alde batetik, aipatu behar da, Lamiarango araztegiak gain, beste sei araztegi daudela martxan Urdaibaiko, hondakin-urak arazteko, kolektore nagusitik urrun kokatzen diren udalerrietan (Ea, Elantxobe, Ibarrangelu).



## 4. irudia. Okaren estuarioko saneamendu lanen kronologia.

### 1.3. Helburua

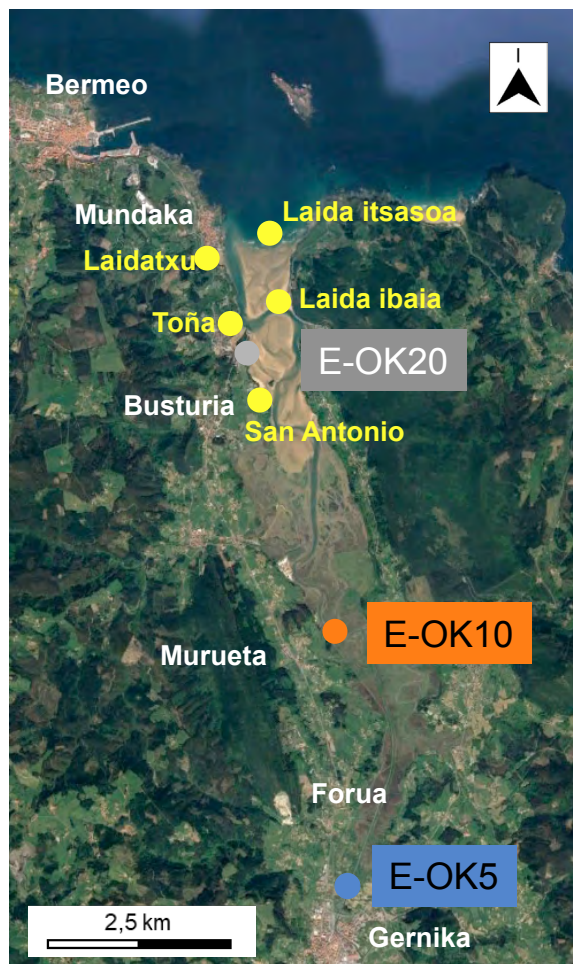
Kutsaduraren jarraipen-programa egokiak burutzea ezinbestekoa da neurri zuzentzaileen eraginkortasuna aztertzeko [22]. Beraz, lan honen helburua da uraren kalitatearen espazio- eta denbora-joerek saneamendu berriarekin hoberantz egin duten zehaztea, baita neurri zuzentzaileek Okaren itsasadarreko hondartzen erabileran (edo bainuan) eragina duen aztertzea ere.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Laginketa eta parametro fisiko-kimikoen azterketa

Datu hidrografikoak URAk Europako UEZ aplikatzeko egiten duen «Euskal Autonomia Erkidegoko trantsizioko eta kostaldeko uren egoera ekologikoaren jarraipen-sarea» lanetik atera dira [14]. Horretarako, estuarioan zehar kokatuta dauden 3 laginketa-puntuetan azaleko urak hiru hilean behin hartu ziren (neguan, udaberrian, udan eta udazkenean), itsasbeheran eta itsasgoran (5. irudia). Ikerketa honen iraupena 1995 eta 2021 artekoa da. Hau da, Gernikako araztegiko hondakin-urak estuariora isurtzeari utzi zitzaion arte, baina denbora-seriea aldatu egiten da laginketa-puntuaren arabera. Barrualdean kokatzen den laginketa-puntua, E-OK5, oligohalinoa da (0-5 PSU gazitasun-unitate praktikoa), Gernikako araztegitik oso gertu dago, eta 2002-2021 tartean lagindu zen. Erdialdean kokatzen den laginketa-puntua, E-OK10, polihalinoa da (18-30 PSU), Muruetako ontziola parean dago eta 1995etik 2021era bitartean ebaluatu zen. Kanpoaldean kokatzen den laginketa-puntua, E-OK20, euhalinoa da (30-34 PSU), Txatxarramendi uhartetik gertu dago, eta 1997tik 2021era aztertu zen (5. irudia). Laginketa bakoitzean, aldagai ozeanografikoak (gazitasuna, tenperatura eta oxigeno-asetasuna) YSI sentore bat erabiliz neurtu ziren, eta azaleko urak «a» klorofila eta mantenugai ez-organikoen kontzentrazioak zehazteko analizatu ziren. Horretarako, ura 4,7 cm-ko diametroa duen Whatman GF/C iragazkien bidez iragazi zen. Iragazki hori % 90eko azetonan erauzi zen 48 orduz, eta UV/VIS espektrofotometroan irakurri zen. Bestetik, amonioa, nitratoa eta fosfatoa fluxu segmentatuzko autoanalizatzaile baten bitartez (Bran + Luebbe autoanalizatzailea 3) neurtu ziren metodo kolorimetrikoak erabiliz [23].



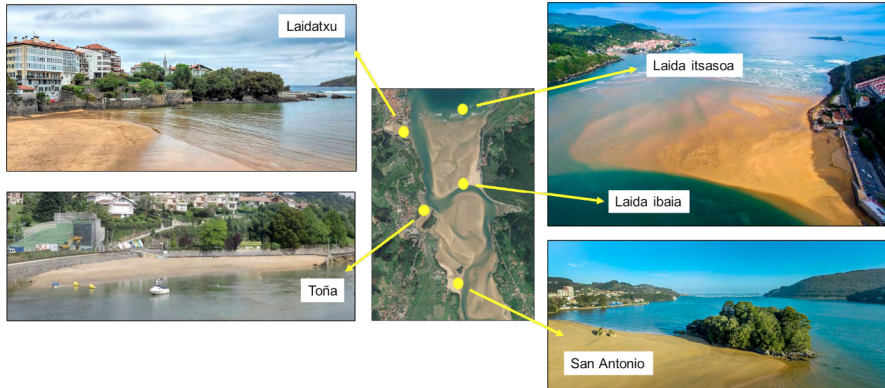


**5 irudia.** Azterketa-eremuaren eta laginketa-puntuen mapa. Iturria: AZTI.

Beste alde batetik, bainatzeko uren kalitatea aztertzeko datuak Eusko Jaurlaritzako Osasun Sailak Europar Batasunak bainatzeko urei buruzko zuzentaraua betetzeko egiten duen eta eskuragarri jartzen dituen bainuguneen zaintza sanitariotik lortu dira. Horretarako, estuarioaren ahoan dauden lau hondartzetan (Laida, Laidatxu, Toña eta San Antonio) laginketak burutu ziren (6. irudia). Bakterio fekalak (*Escherichia coli* eta hesteetako enterokokoak) astean behin edo bi astean behin aztertu ziren azaleko uretan, ekainetik irailera bitarteko bainu-denboraldian, 2008 eta 2021 artean. Bakterio fekalen neurketa Europar Batasunak bainatzeko urei buruzko zuzentzarauan ezarritako metodologia estandarizatuari jarraituz egin zen. Ho-



rrela, bainu-guneen sailkapena urtero egiten da eta aztertutako azken lau urteetako analisien emaitzen arabera, epealdi horretan, bainu-guneetan egoera ezberdinak bereizten dira: Oso Ona, Ona, Nahikoa eta Ez-nahikoa. Urak behar besteko kalitaterik ez badu, ez bainatzea gomendatzen da.



**6 irudia.** Aztertutako hondartzen kokapena.

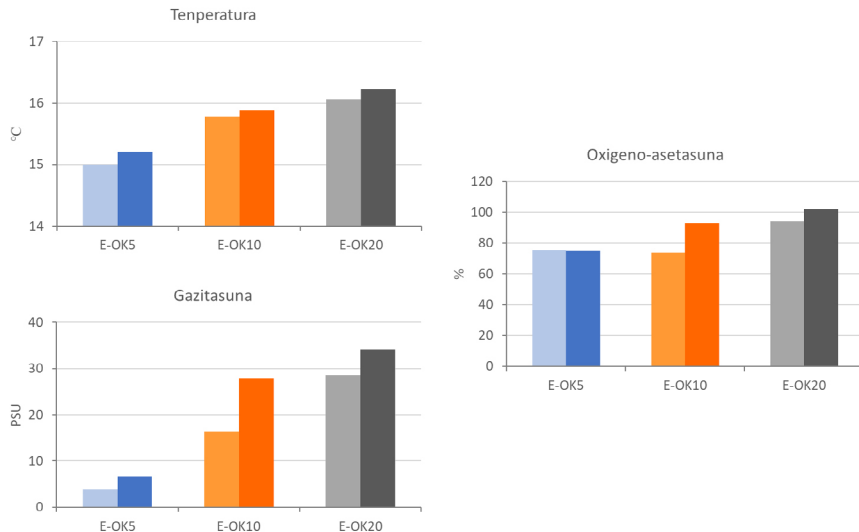
Lan honetarako aldagai horiek guztiak hautatu dira, hondakin-urekin lotutako kutsadura-adierazle gisa erabiltzen direlako. Adibidez, amonio-eta fosfato-maila altuak behar bezala tratatu gabeko hiriko hondakin-uren isurketen adierazletzat hartzen dira [21]. Oxigenoa eta klorofila, berriz, eutrofizazioaren eraginaren adierazle gisa erabiltzen dira [16]; izan ere, oxigenazio-baldintzak ur-sistemen funtzionamendu normalarekin zerikusia duten faktore naturalen arabekoak dira (fotosintesia, arnasketa, nitrifikazioa, difusioa, etab.), baita faktore antropikoen arabekoak ere (adibidez: materia organiko askoko isurketak). Klorofila, aldiz, oso aldagai erabilgarria da biomasa fitoplanktonikora hurbiltzeko, eta fitoplanktonak itsas inguruneko nitrogenoa eta fosforoa aberasteari ematen dion erantzunaren gaineko informazioa ematen digu [24]. Bakterio fekalak, azkenik, ur-hondakinen kutsadura mikrobiologikoaren adierazle gisa erabiltzen dira [25, 26].

### 3. EMAITZAK ETA EZTABAIDA

#### 3.1. Aldagai fisiko-kimikoen aldakortasun espaziala

Aldagai fisiko-kimikoen aldakortasun espaziala aztertzeko, denborasieran lortutako datu guztiekin, laginketa-puntu bakoitzak itsasaldiarekiko duen aldagaien batezbestekoa kalkulatu da. Tenperatura nahiko antzekoa izan zen itsasbeheran eta itsasgoran laginketa-puntu guztietan (7. irudia).

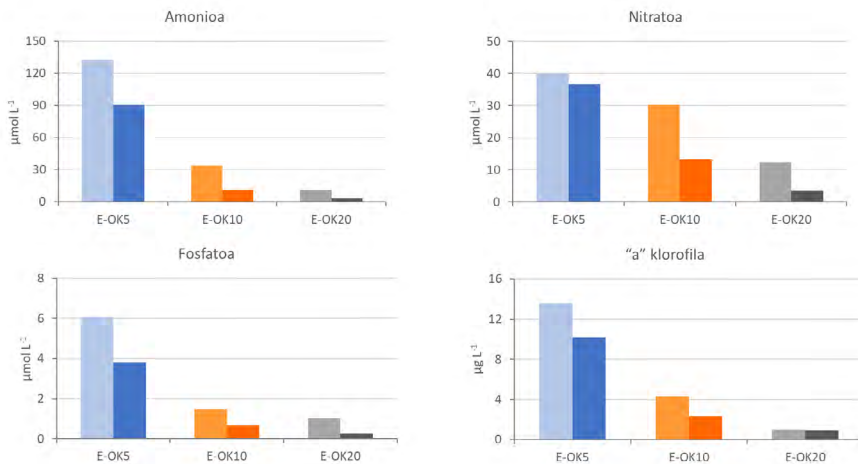
Hala ere, gazitasun- eta oxigeno-balio handiagoak erregistratu ziren itsasgoran itsasbeheran baino. Bestalde, gero eta gradiente handiagoa ageri da aldagai ozeanografikoetan, barrualdetik kanpoalderantz.



**7. irudia.** Datu-serieko aldagai ozeanografikoen batez besteko balioak, itsasaldika eta laginketa-puntuka. Laginketa-puntu bakoitzean, kolore argia itsasbeherari dagokio, eta kolore iluna, berriz, itsasgorari.

Hiriko hondakin-uren isurketen adierazle diren mantenugaietan eta «a» klorofilan nabarmena da itsasaldiaren eragina, baina aldagai ozeanografikoen kontrako joera dute (8. irudia). Kasu horretan, mantenugai eta «a» klorofila kontzentrazio handiagoak aurkitu ziren itsasbeheran itsasgoran baino. Izan ere, itsasaldiek garrantzi handia dute euskal estuario gehienetan ura berritzeko [27]. Bestalde, mantenugaien kontzentrazioak handiak izan ziren estuarioaren barrualdean, baina, estuarioaren kanpoalderantz joan ahala, kontzentrazioa txikiagoa izan zen; horrek lurreko ekarpenen diluzio-gradiente gazitasun terminoetan islatzen dela adierazten du [28]. Diluzio efektu hori Okaren estuarioan aurretik egindako lan batean ere atzematzen da [17, 29, 30, 31], baita beste hainbat estuariotan ere [13, 14, 29, 32], horixe baita gradiente naturala. Horrez gain, Okaren estuarioaren barrualdean kanpoaldean baino mantenugai kontzentrazio handiagoak izatearen beste arrazoi posible batzuk ere badaude. Arrazoietako bat izan daiteke estuarioen barruko eremuetan uraren erresidentzia-denborak luzeagoak direla kanpoaldean baino, batez ere ibaiaren fluxu txikiko aldietan, bereziki udan [33]. Beste arrazoietako bat da Gernikako araztegitik hurbil dauden sedimentuetan urteetan zehar metatutako gehiegizko mantenugaiak mugit-

menduarekin askatzeko aukera dagoela. Mantengaien balioei dagokienez, ikerlan honetan topatutako mailak bat datoz aurretik Okaren estuarioan egindako lan batzuekin, zeinetan barrualdeko uren mantengaien kontzentrazioak eremu eutrofikoetako maila tipikoetara iristen direla ondorioztatzen baita [17, 30, 31]. Horregatik, barrualdeko laginketa-puntuak zeuden mantengaien maila altuak eta oxigeno-maila baxuak araztegitik hainbat urtetan zehar isuri izan diren hondakin-urekin erlaziona daitezke, eta horrek guztiak uraren kalitatea eta komunitate biologikoak hondatzea eragin dezake [31]. Are gehiago, emaitza horiek bat datoz Okaren itsasadarrean hainbat urtetan azaldu den egoera ekologikoaren sailkapenarekin. Izan ere, barrualdeko laginketa-puntuak (E-OK5) egoera ekologiko eskasean edo txarrean sailkatu izan da urte askotan, batez ere fitoplanktonaren egoeratik, hain zuzen ere, «a» klorofilaren, oxigenoaren eta mantengaien mailarekin erlazio zuzena duen elementu biologikoaren egoeratik [13, 14]. Kanpoaldeko laginketa-puntuak (E-OK20), berriz, uraren kalitate fisiko-kimikoa eta egoera ekologikoa ona izan da, batez ere azken urteetan, eta horrek araztegiaren eta giza jardueren eragina txikia dela adierazten du [14].

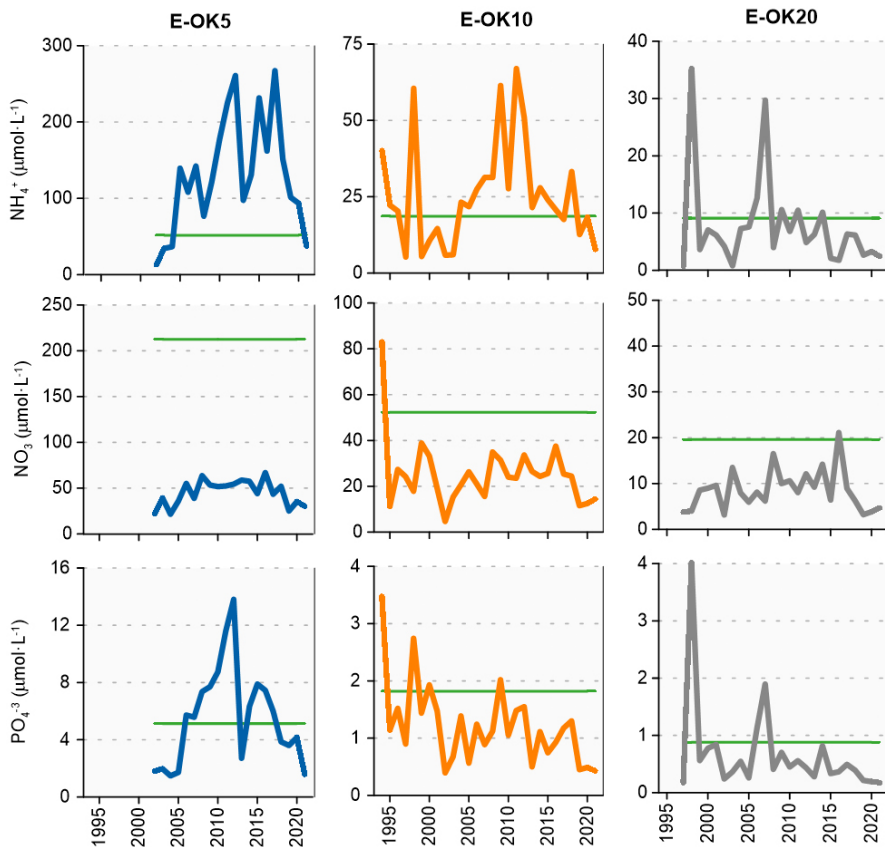


**8. irudia.** Datu-serieko mantengaien eta «a» klorofilaren batez besteko balioak, itsasaldika eta laginketa-puntuak. Laginketa-puntu bakoitzean kolore argia itsasbeherari dagokio, eta kolore iluna, berriz, itsasgorari.

### 3.2. Aldagai fisiko-kimikoen bilakaera 1995-2021 aldirako

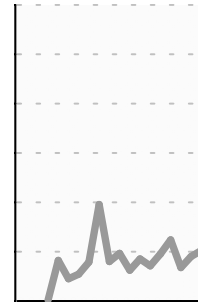
Urteko batez besteko mantengaien kontzentrazioan diluzio-gradiente bat dago estuarioaren barrualdetik kanpoaldera, grafikoen eskalan ikus daitekeen bezala (9. irudia). Horrek adierazten du barrualdeko laginketa-puntuak urtetan zehar jaso izan dituela araztegiaren sortzen ziren jatorri antropikoko mantengaitan aberatsak ziren urak. Bestalde, amo-

nio- eta fosfato-kontzentrazioek kalitate-helburuak gainditu zituzten urte gehienetan, baina, saneamenduak aurrera egin ahala, mantenugai horien kontzentrazioak kalitate-helburuen azpitik geratu ziren, eta hobekuntza islatu zen, batez ere aztertutako azken urteetan. Saneamendua martxan jarri den beste estuario batzuetan ere (Ibaizabal eta Oiartzun) amonio eta fosfato kontzentrazioen beheranzko joera nabarmendu da denboran zehar [14, 32]. Nitratoa, berriz, kalitate-helburuaren azpitik dago, seguruenik mantenugai hau aldakortasun naturalekin lotuago dagoelako aldaketa antropikoekin baino, eta, beraz, ez da aldaketarik espero saneamendu-lanen ondorioz [31]. Izan ere, nitratoa EAEko estuarioetan arroen lixibiatutik dator nagusiki, eta euriak asko baldintzatzen du haren aldakortasuna [34].



**9. irudia.** Mantenugaien kontzentrazioen urteko batezbestekoaren bilakaera 1995-2021 eperako. Gazitasun-tarte bakoitzari dagokion kalitate-helburua lerro berde batez adierazten da. [35], eta kontuan hartu Y ardatzaren eskala ez dela beti berdina. Iturria: [14].

Oxigeno-asetasunari dagokionez, balio baxuagoak aurkitu ziren barrualdeko laginketa-puntuan, kanpokoan baino (10. irudia). Hala ere, oxigeno-asetasunaren goranzko joera ikus daiteke laginketa-puntu guztietan, bereziki aztertutako azken urteetan, deskargak estolderia-sistemara lotu zirenetik. Hobekuntza nabariagoa izan zen barrualdeko laginketa-puntuetan (E-OK5 eta E-OK10), kanpokoan baino (E-OK20), azken horrek kalitate-helburuaren balioak bete baitzituen ia denbora-serie osoan. «a» klorofilaren kasuan, oxigeno-asetasunarekin alderatuz, kontzentrazio handiagoak hauteman ziren barrualdeko laginketa-puntuan kanpoko laginketa-puntuan baino (10. irudia). Horrek esan nahi du kanpoaldean eutrofizazio-arrisku txikiagoa dagoela, agian, itsasaldia berritzearen eraginez. Bestalde, «a» klorofila kontzentrazioan ez zen denbora-joera garbirik atzeman.



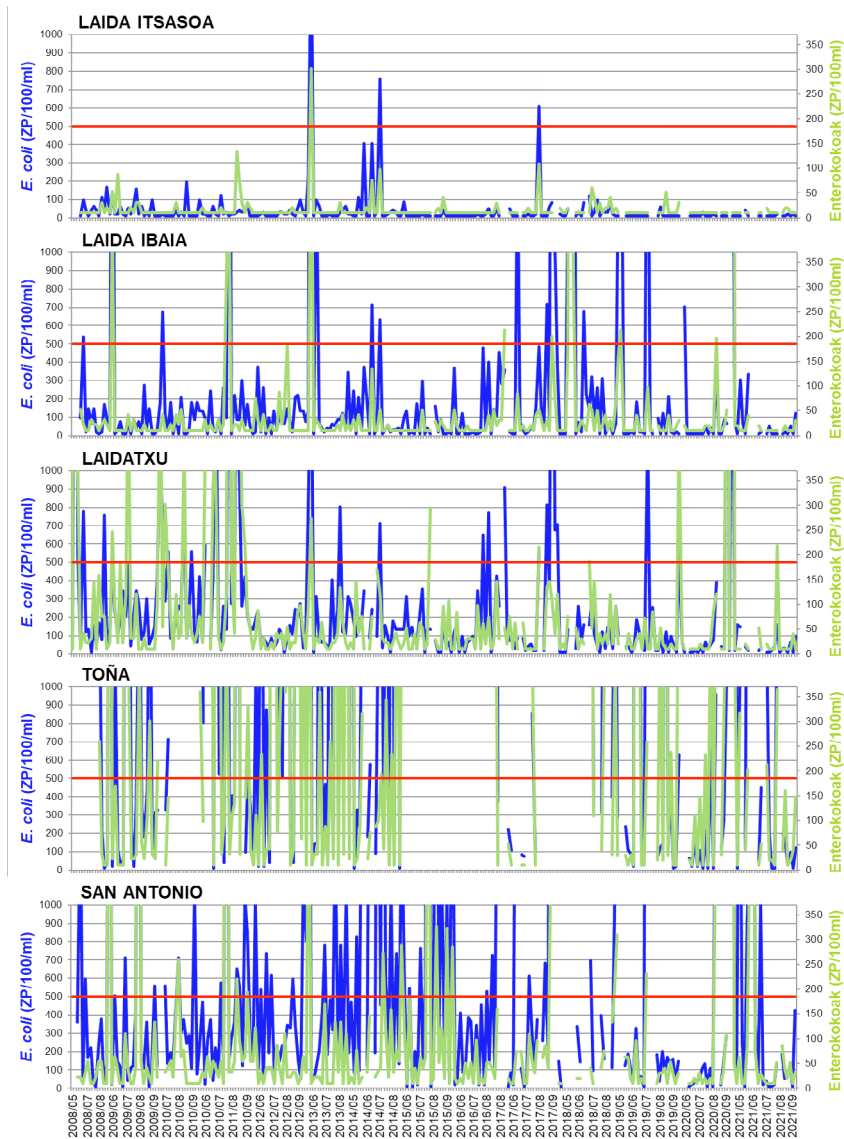
**10. irudia.** Oxigeno-asetasunaren eta «a» klorofilaren kontzentrazioen urteko batezbestekoaren bilakaera 1995-2021 eperako. Gazitasun-tarte bakoitzari dagokion kalitate-helburua lerro berde batez adierazten da [35], eta kontuan hartu Y ardatzaren eskala ez dela beti berdina. Iturria: [14].

Emaitzen arabera, Okaren estuarioa hobetzen ari da saneamendua-ren ondorioz. Araztegi berria estuarioaren ahoan abian jarri zenetik, saneamenduan aurrera egin da, arroko herriak saneamendu-sarearekin pixkanaka lotuz eta isuriak murriztuz. Horrek urari lotutako adierazle fisiko-kimikoetan du isla, lehenik kanpoko zatian eta gero barrualdean. Joera hori finkatzen bada, epe ertainean egoera ekologikoan eta estuario-komunitateen egituran eta funtzioan islatzea espero da [14, 36], batez ere 2021etik aurrera, Gernikako araztegiak hondakin-urak isurtzen ez dituenetik. Izan ere, beste estuario batzuetan, hala nola Britainia Handiko Londresko Thames ibaian, Bilboko Ibaizabal ibaian, Txinako Shangaiko Huangpu ibaian edota Estatu Batuetako New York-eko Hudson ibaian, hondakin-urak tratatzeko lanak garatu zirenean, nabarmen murriztu ziren isuriak, eta hobetu egin zen uraren kalitatea [32, 37, 38, 39, 40].

### **3.3. Bainatzeko uren kalitatearen bilakaera 2008-2021 aldirako**

Bainatzeko uren kalitatearen bilakaerari dagokionez, estuarioaren erdiko eremuan kokatzen diren San Antonio eta Toña hondartzetan 2008-2021 denboraldiko lehen urteetan, bakterio fekalen mailek etengabe gairitu zuten bainurako kalitate-helburua, baina ez zela gomen-dagarria adieraziz (11. irudia). Bakterio fekalen maila altuak era eraginkorrean tratatu gabeko hondakin-uren adierazle dira. Laidatxuren kasuan, denbora-seriearen hasieran, bakterioek bainurako kalitate-helburua gairitu zuten, baina azken urteetan, hondakin-uren isurketen ezabatzearekin bat, ez-betetzeen maiztasuna murriztu egin zen eta uraren kalitatea hobetu. Laidaren kasuan, batez ere itsasotik gertu dagoen zonan, bakterio fekalet baimendutako maila noizbehinka gairitu bazuten ere, ia denboraldi osoan bakterio-mailak bainurako kalitate-helburuaren azpitik mantendu ziren ur-kalitatea bainurako egokia zela azalduz (11. irudia).





**11. irudia.** Bainatzeko uren bilakaera 2008-2021 aldirako. Lerro gorriak bainu-rako bakterio-maila onargarriak adierazten ditu (2006/7/CE Zuzentaraua). ZP: zenbakirik probableena.

1. taulan, 2008-2021 denboraldirako bainatzeko uren urteko kalitatea ageri da. Bainatzeko eremuak urtero sailkatzen dira azken lau urteetako emaitza analitikoaren arabera. Saneamenduak aurrera egin ahala, bainatzeko

uren kalitatea hobetu egin da. Adibidez, azterlanaren hasieran, barrualdeko hondartzetan (San Antonio eta Toña) bainatzeko urek kalitate nahikoa ez zuten, bi hondartza horiek hondartzetako errolda ofizialetik kendu ziren. Hala ere, 2021ean, saneamendua amaitu ondoren, San Antonio hondartza berriro sartu zen erroldan kalitate nahikoa zuelako, eta, joera horrekin jarraituz gero, Toña hondartzako ur-kalitatea hobetzea eta erroldan sartzeari espero da. Bakterio fekalen datu-serie luzeak erabili dituen beste lan batean kutsadura mikrobiologikoa duten tokiak sakonera gutxikoak eta ur-aldaketa gutxikoak direla ondorioztatu da [41]. Toki horietan, bakterio fekalak hondakin-uretatik etortzeaz gain, sedimentuen berresekiduratik ager daitezkeela uste da [42], eta biziraupen luzea izan dezakete uhertasun handiko baldintzatan [43]. Hala ere, badirudi Okaren estuarioko erdialdeko eremuaren egoera bestelakoa dela uren erresidentzia-denbora oso laburra delako [15]. Laidatxuko hondartzan uraren kalitatea hobetuz joan da, aroko herrietako deskargak estolderia-sarera lotu ahala. Laidako hondartzan, ibaiaren zein itsasoaren aldean, denboraldi osoan zehar, bainatzeko uraren kalitatea ona edo oso ona izan zen, eta horren adierazle izan da hondartzako bisitari kopuru handia.

**1. taula.** Bainatzeko uren urteko kalitatea 2008-2021 aldirako. (Gakoak: Oso Ona (OO), O (Ona), Nahikoa (N), Ez-nahikoa (EZN), Daturik gabe (DG))

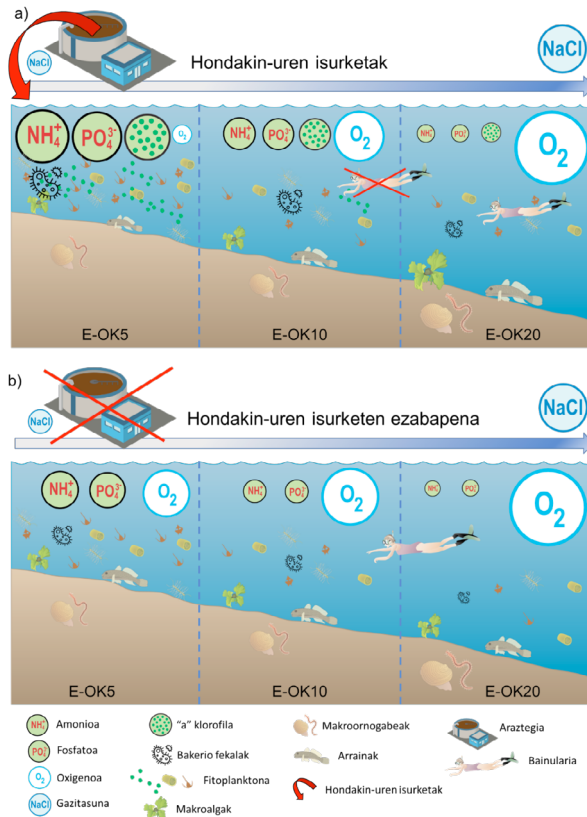
Hondartza	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Laida itsasoa	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO	OO
Laida ibaia	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	OO	O
Laidatxu	EZN	EZN	EZN	EZN	EZN	EZN	N	N	N	N	N	O	O	O
Toña	EZN	EZN	EZN	DG	EZN	EZN	EZN	EZN	Erroldatik kanpo					
San Antonio	EZN	EZN	EZN	EZN	EZN	EZN	EZN	EZN	Erroldatik kanpo					N

Okaren estuarioko araztegia, kutsadura mikrobiologikoa murriztean, inguruko hondartzen kalitate bakteriologikoa hobetu ahal izan da. Horri esker, hainbat urtetan itxita egon diren hondartzak berriro ireki ahal izan dira saneamenduaren eraginkortasuna islatuz. Beste estuario batzuetan ere, saneamendu-lanen bitartez, hondakin-urak murriztu dira, eta kutsadura mikrobiologikoa jaistearen lortu da, inguruko hondartzen bainu-guneen ur-kalitatea hobetuz [25, 32, 40]. European, tratatu gabeko hiri- eta industria-urak uretara zuzenean ez isurtzeko, urte askoan estolderia-sisteman hondakin-urak hobeto tratatzeko inbertsioak egin dira. Hori dela eta, Europako bainatzeko urak orain dela 30 urte baino askoz garbiagoak dira [6].

#### 4. ONDORIOAK

Bermeoko Lamiaran araztegia martxan jarri aurretik, Okaren estuarioaren barrualdean, Gernikako araztegiako hondakin-uren isurketen ondorioz, mantenu-gaiak, «a» klorofila eta bakterio fekalen maila altuak oxigeno-maila

baxuekin detektatu ziren, barrualdetik kanpoalderako gradiente natural bat islatuz (12. irudia). Horren ondorioz, estuario barrualdeko hondartzetan, eutrofizazio-arriskua eta hondartzen bainu-guneen kalitatean arazoak atzeman ziren. Estuarioaren kanpoaldean, berriz, itsasaldiek eragindako ur-fluxu berriarren efektuz, ur-kalitatea hobea zen. Hala ere, saneamenduak aurrera egin ahala, estuario osoko uraren kalitate fisiko-kimikoa eta mikrobiologikoa hobetu egin zen aztertutako azken urteetan. Hobetzeko joera hori sendotzen bada, epe ertainera fitoplanktonaren biomasan islatu daiteke, eta, ondorioz, egoera ekologikoan, eta baita bainatzeko uren egoeran ere (12. irudia). Lehenengo hobekuntza-seinale horiek adierazten dute neurri zuzentzaileak eraginkorrak izaten ari direla mantenugaien kudeaketan eta kostaldeko zerbitzuen lehengoratzeko eta babesean. Beraz, hondakinak kudeatzeko jardunbide egokien bidez mantenugaien kutsadura murrizteak osasun publikoa hobetzen lagunduko du, batez ere uraren kalitatean eragin positiboa izanik.



**12. irudia.** Okaren estuarioaren egoeraren ilustrazio eskematikoa a) Gernikako araztegiako hondakin-urak estuarioaren barrualdean isurtzen zirenean, eta b) Gernikako hondakin-urak Bermeoko Lamiaran araztegiara desbideratu zirenean.

## 5. ESKER ONAK

Eskerrak eman nahi genizkioke URARI, datu hidrografikoak «Euskal Autonomia Erkidegoko trantsizioko eta kostaldeko uren egoera ekologikoaren jarraipen-sarea» proiektutik hartzen uzteagatik, eta Eusko Jaurlaritzako Osasun Sailari, bainu-guneen zaintza sanitarioan lortzen dituen bakterio fekalen datuak eskuragarri jartzeagatik (<https://www.euskadi.eus/informazioa/euskal-autonomia-erkidegoko-hondartzen-osasun-egoera/web01-a3playas/eu/>). Hemen azaltzen diren irudi batzuk Maryland Unibertsitatetik hartuak izan dira: [ian.umces.edu/imagelibrary/](http://ian.umces.edu/imagelibrary/). Azkenik, ur-lagin-ketetan eta laborategiko lanetan parte hartu duten AZTIko pertsona guztiei, euren lan handia eskertu nahi diegu, baita A. Garmendiari ere testua berri-kusteagatik. Dokumentu hau AZTI BRTAren 1193 ekarpena da.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BARBIER, E.B. 2012. «Progress and challenges in valuing coastal and marine ecosystem services». *Review of Environmental Economics and Policy*, **6**, 1-19.
- [2] LIQUETE, C., PIRODDI, C., DRAKOU, E.G., GURNEY, L., KATSANEVAKIS, S., CHAREF, A. eta EGOH, B. 2013. «Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review». *PLoS One*, **8**, e67737.
- [3] STOSCH, K.C., QUILLIAM, R.S., BUNNEFELD, N. eta OLIVER, D.M. 2017. «Managing multiple catchment demands for sustainable water use and ecosystem service provision». *Water*, **9**, 677.
- [4] BRICKER, S., LONGSTAFF, B., DENNISON, W., JONES, A., BOICOURT, K., WICKS, C. eta WOERNER, J. 2007. *Effects of Nutrient Enrichment In the Nation's Estuaries: A Decade of Change*. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 26. National Centers for Coastal Ocean Science, Silver Spring, MD. 328 pp.
- [5] HALPERN, B.S., MCLEOD, K.L., ROSENBERG, A.A. eta CROWDER, L.B. 2008. «Managing for cumulative impacts in ecosystem-based management through ocean zoning». *Ocean & Coastal Management*, **51**, 203-211.
- [6] EEA (European Environment Agency). 2012. European Waters-Assessment of status and pressures. EEA Report 8/2012. Copenhagen, European Environment Agency. 100 pp.
- [7] EREGNO, F.E., TRYLAND, I., TJOMSLAND, T., MYRMEL, M., ROBERTSON, L., eta HEISTAD, A. 2016. «Quantitative microbial risk assessment combined with hydrodynamic modelling to estimate the public health risk associated with bathing after rainfall events». *Science of the Total Environment*, **548**, 270-279.
- [8] HE, Y., HE, Y., SEN, B., LI, H., LI, J., ZHANG, Y., JIANG, S.C. eta WANG, G. 2019. «Storm runoff differentially influences the nutrient concentrations and

- microbial contamination at two distinct beaches in northern China». *Science of the Total Environment*, **663**, 400-407.
- [9] HAILE, R.W., WITTE, J.S., GOLD, M., CRESSEY, R., MCGEE, C., MILLIKAN, R.C., GLASSER, A., HARAWA, N., ERVIN, C., HARMON, P., HARPER, J., DERMAND, J., ALAMILLO, J., BARRETT, K., NIDES, M. eta WANG, G. 1999. «The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff». *Epidemiology*, **10**, 355-363.
- [10] WADE, T.J., PAI, N., EISENBERG, J.N. eta COLFORD J.J.M. 2003. «Do U.S. Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis». *Environmental Health Perspectives*, **111**, 1102-1109.
- [11] CARVALHO, L., MACKAY, E.B., CARDOSO, A.C., BAATTRUP-PEDERSEN, A., BIRK, S., BLACKSTOCKF, K.L., BORICS, G., BORJA, A., FELD, C.K., FERREIRA, M.T., GLOBEVNIK, L., GRIZZETTI, B., HENDRY, S., HERINGE, D., KELLY, M., LANGAAS, S., MEISSNER, K., PANAGOPOULOS, Y., PENNING, E., ROUILLARD, J., SABATER, S., SCHMEDTJE, U., SPEARS, B.M., VENOHR, M., VAN DE BUND, W. eta SOLHEIMM, A.L. 2019. «Protecting and restoring Europe's waters: An analysis of the future development needs of the Water Framework Directive». *Science of the Total Environment*, **658**, 1228-1238.
- [12] BORJA, A., BALD, J., FRANCO, J., LARRETA, J., MENCHACA, I., MUXIKA, I., REVILLA, M., RODRÍGUEZ, J.G., SOLAUN, O., URIARTE, A., VALENCIA, V., ZORITA, I., ADARRAGA, I., AGUIRREZABALAGA, F., SOLA, J.C., CRUZ, I., MARQUIEGUI, M.A., MARTÍNEZ, J., RUIZ, J.M., CANO, M., LAZA-MARTÍNEZ, A. eta MANZANOS, A. 2017. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados. Campaña 2016. Elaborado por AZTI para URA, 414 pp.
- [13] BORJA, A., BALD, J., CALVO UYARRA, M., FRANCO, J., LARRETA, J., MENCHACA, I., MUXIKA, I., POUSO, S., GARMENDIA, J.M., LANZÉN, A., REVILLA, M., RODRÍGUEZ, J.G., SAGARMÍNAGA, Y., SOLAUN, O., URIARTE, A., ZORITA, I., ADARRAGA, I., AGUIRREZABALAGA, F., SOLA, J.C., CRUZ, I., MARQUIEGUI, M.A., MARTÍNEZ, J., RUIZ, J.M., CANO, M., LAZA-MARTÍNEZ, A. eta MANZANOS, A. 2021. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados. Campaña 2020. Elaborado por AZTI para URA, pp. 389.
- [14] BORJA, A., BALD, J., BELZUNCE, M.J., CALVO UYARRA, M., FONTÁN, A., FRANCO, J., GARMENDIA, J.M., LANZEN, A., LARRETA, J., MENCHACA, I., MUXIKA, I., POUSO, S., REVILLA, M., RODRÍGUEZ, J.G., SAGARMÍNAGA, Y., SOLAUN, O., URIARTE, A., ZORITA, I., ADARRAGA, I., AGUIRREZABALAGA, F., SOLA, J.C., CRUZ, I., MARQUIEGUI, M.A., MARTÍNEZ, J., RUIZ, J.M., CANO, M., LAZA-MARTÍNEZ, A. eta MANZANOS, A. 2022. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados. Campaña 2021. Elaborado por AZTI para URA, 375 pp.

- [15] GARMENDIA, M., BRICKER, S., REVILLA, M., BORJA, A., FRANCO, J., BALD, J. eta VALENCIA, V. 2012. «Eutrophication assessment in Basque estuaries: comparing a North American and a European method». *Estuaries and Coasts*, **35**, 991-1006.
- [16] REVILLA M., SOLAUN, O., MENCHACA, I., ZORITA, I., FRANCO, J., BORJA, A., VALENCIA, V. eta BALD, J. 2017. Estudio de la sensibilidad a la eutrofización de los estuarios del País Vasco. Informe 2017. Elaborado por AZTI para URA, 95 pp.
- [17] ORIVE, E., IRIARTE, A., DE MADARIAGA, I. eta REVILLA, M. 1997. «Phytoplankton blooms in the Urdaibai estuary during summer: physico-chemical conditions and taxa involved». *Oceanologia Acta*, **21**, 293-305.
- [18] ORTIZ-ZARRAGOITIA, M. eta CAJARAVILLE, M.P. 2010. «Intersex and oocyte atresia in a mussel population from the Biosphere's Reserve of Urdaibai (Bay of Biscay)». *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **73**, 693-701.
- [19] PUY-AZURMENDI, E., ORTIZ-ZARRAGOITIA, M., VILLAGRASA, M., KUSTER, M., ARAGÓN, P., ATIENZA, J., PUCHADES, R., MAQUIEIRA, A., DOMÍNGUEZ, C., LÓPEZ DE ALDA, M., FERNANDES, D., PORTE, C., BAYONA, J.M., BARCELÓ, D. eta CAJARAVILLE, M.P. 2013. «Endocrine disruption in thicklip grey mullet (*Chelon labrosus*) from the Urdaibai Biosphere Reserve (Bay of Biscay, Southwestern Europe)». *Science of the Total Environment*, **443**, 233-244.
- [20] SOLAUN, O., GARMENDIA, J.M., DEL CAMPO, A., GONZÁLEZ, M., REVILLA, M. eta FRANCO, J. 2016. «Perfiles de las aguas de baño de la zona litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco». Revisión 2016. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua, pp. 520.
- [21] CLOERN, J.E. 2001. «Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem». *Marine Ecology Progress Series*, **10**, 223-253.
- [22] BOESCH, D.F. 2002. «Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems». *Estuaries*, **25**, 886-900.
- [23] GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M. eta KREMLING, K. 1983. «Methods in seawater analysis». Weinheim, Verlag Chemie, Germany. 419 pp.
- [24] HARDING, L. 1994. «Long term trends in the distribution of phytoplankton in Chesapeake Bay: roles of light, nutrients and streamflow». *Marine Ecology Progress Series*, **104**, 267-291.
- [25] BROSNAN, T.M. eta O'SHEA, M.L. 1996. «Sewage abatement and coliform bacteria trends in the lower Hudson-Raritan estuary since passage of the clean water act». *Water Environmental Research*, **68**, 25-35.
- [26] ASLAN-YILMAZ, A., OKUŞ, E. eta ÖVEZ, S. 2004. «Bacteriological indicators of antropogenic impact prior to and during the recovery of water quality in an extremely polluted estuary, Golden Horn, Turkey». *Marine Pollution Bulletin*, **49**, 951-958.
- [27] VALENCIA, V., FRANCO, J., BORJA, A. eta FONTÁN, A. 2004. *Oceanography and marine environment of the Basque Country*, Amsterdam: Elsevier, 159-194 pp.
- [28] BRICKER, S.B., FERREIRA, J.G. eta SIMAS, T. 2003. «An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status». *Ecological Modelling*, **169**, 39-60.



- [29] VILLATE, F., ARAVENA, G., IRIARTE, A. eta URIARTE, I. 2008. «Axial variability in the relationship of chlorophyll a with climatic factors and the North Atlantic Oscillation in a Basque coast estuary, Bay of Biscay (1997-2006)». *Journal of Plankton Research*, **30**, 1041-1049.
- [30] BARROETA, Z., VILLATE, F., URIARTE, I. eta IRIARTE, A. 2020. «Differences in the colonization success and impact of non-indigenous and other expanding copepod species on the zooplankton of two contrasting estuaries of the Bay of Biscay». *Biological Invasions*, **22**, 3239-3267.
- [31] BILBAO, J., LARRETA, J., FRANCO, J. eta SEOANE, S. 2022. «Immediate effect of sewerage improvement on the phytoplankton and physicochemical conditions in the Urdaibai estuary (southeastern Bay of Biscay)». *Regional Studies in Marine Science*, **56**, 102707.
- [32] GARCÍA-BARCINA, J.M., GONZÁLEZ-OREJA, J.A., eta DE LA SOTA, A. 2006. «Assessing the improvement of the Bilbao estuary water quality in response to pollution abatement measures». *Water Research*, **40**, 951-960.
- [33] REVILLA, M., FRANCO, J., GARMENDIA, M. eta BORJA, A. 2010. «A new method for phytoplankton quality assessment in the Basque estuaries (northern Spain), within the European Water Framework Directive». *Revista de Investigación Marina*, **17**, 149-164.
- [34] BORJA, A., CHUST, G., RODRÍGUEZ, J.G., BALD, J., BELZUNCE-SEGARRA, M.J., FRANCO, J., GARMENDIA, J.M., LARRETA, J., MENCHACA, I., MUXIKA, I., SOLAUN, O., REVILLA, M., URIARTE, A., VALENCIA, V. eta ZORITA, I. 2016. «The past is the future of the present': Learning from long-time series of marine monitoring». *Science of the Total Environment*, **566-567**, 698-711.
- [35] CHC (Confederación Hidrográfica del Cantábrico), URA, 2021. Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental. Revisión para el tercer ciclo: 2022-2027. NORMATIVA.
- [36] SAIZ-SALINAS, J.I. eta GONZÁLEZ-OREJA, J.A. 2000. «Stress in estuarine communities: lessons from the highly impacted Bilbao estuary (Spain)». *Journal of Aquatic Ecosystem Stress Recovery*, **7**, 43-55.
- [37] ANDREWS, M.J. 1984. *Effects of pollutants at the ecosystem level*. SCOPE, Wiley, New York, pp. 195-227.
- [38] GOROSTIAGA, J.M., BORJA, A., DIEZ, I., FRANCÉS, G., PAGOLA-CARTE, S. eta SAIZ-SALINAS, J.I. 2004. *Oceanography and marine environment of the Basque Country*. Elsevier, Amsterdam, pp. 549-578.
- [39] BORJA, A., MUXIKA, I. eta FRANCO, J. 2006. «Long-term recovery of soft-bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervión estuary (southern Bay of Biscay)». *Marine Ecology Progress Series*, **313**, 43-55.
- [40] WANG, X., WANG, S., PENG, G., KATZ, D.S.W. eta LING, H. 2015. «Ecological restoration for river ecosystems: comparing the Huangpu River in Shanghai and the Hudson River in New York». *Ecosystem Health and Sustainability*, **1**, 23.

- [41] BUER, A.L., GYRAITE, G., WEGENER, P., LANGE, X., KATARZYTE, M., HAU, G. eta SCHERNEWSKI, G. 2018. «Long term development of Bathing Water Quality at the German Baltic coast: spatial patterns, problems and model simulations». *Marine Pollution Bulletin*, **135**, 1055-1066.
- [42] CRAIG, D.L., FALLOWFIELD, H.J. eta CROMAR, N.J. 2001. «The effects of temperature and sediment characteristics on survival of *Escherichia coli* in recreational coastal water and sediment». *Environmental Health*, **1**, 43-50.
- [43] KATARŽYTĖ, M., MĒŽINĖ, J., Vaičiūtė, D., LIAUGAUDAITĖ, S., MUKAUSKAITĖ, K., UMGIESSER, G. eta SCHERNEWSKI, G. 2018. «Faecal contamination in shallow temperate estuarine lagoon: source of the pollution and environmental factors». *Marine Pollution Bulletin*, **133**, 762-772.