



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

II. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2017ko maiatzaren 10, 11 eta 12
Iruñea, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Kutsadura urbanoaren eta ur-
eskasiaren arteko elkarreragina
erreken funtzionamenduan**

*Olatz Pereda, Daniel von Schiler,
Vicenç Acuña, Jordi René Mor,
Isabel Muñoz, Sergi Sabater eta
Arturo Elozegi*

165-172 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.ii.05.24>

ANTOLATZAILEA:



ELKARLANEAN:



LAGUNTZAILEAK:



Kutsadura urbanoaren eta ur-eskasiaren arteko elkarreragina erreken funtzionamenduan

Olatz Pereda¹, Daniel von Schiller¹, Vicenç Acuña², Jordi René Mor², Muñoz Isabel⁴,
Sergi Sabater^{2,3} & Arturo Elosegí¹

¹ Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, PO Box 644, 48080, Bilbo, Bizkaia.

² Kataluniako Uraren Ikerketa Zentroa (ICRA), Emili Grahit kalea 101, 17003 Girona, Girona.

³ Uretako Ekologiaren Institutua, Gironako Unibertsitatea, Montilivi Kanpusa, 17071 Girona, Girona.

⁴ Ekologia Departamentua, Biologia Fakultatea, Bartzelonako Unibertsitatea (UB), Diagonal Etorbidea 643, 08028 Bartzelona, Bartzelona.

Kontakturako e-posta: olatz.pereda@ehu.eus

Laburpena

Hiri-guneetako kutsadura oso estres faktore garrantzitsua da ibaientzat. Ur-eskasiak sistema hauek kalte ditzake ere, diluzio-gaitasunean eta hortaz, kutsatzaileen kontzentrazioan eragina baitu. Gure helburua kutsadura urbanoaren eta ur-eskasiaren elkarreraginaren efektua aztertzea izan zen ibai ekosistemen funtzionamenduan. Prozesu desberdinen erantzuna neurtu genuen lehorte gradiente batean kokatuta zeuden 13 erreketan Ebroko arroan zehar; bertan, isurketetatik behera (inpaktuak) eta gora zeuden tramoak aztertuz (kontrolak). Prozesuek, ordea, modu desberdinean erantzun zuten, isurketen ezaugarrien eta erreken diluzio-gaitasunaren arabera.

Hitz gakoak: kutsadura, ur-eskasia, deskonposaketa, mantenugaien atxikimendua, metabolismoa

Abstract

Pollution of urban areas is an important stress factor for rivers. Water scarcity can also affect these systems, as it determines the dilution capacity and affects pollutants final concentration. We evaluated the interactive effects of pollution and water scarcity on river ecosystem functioning. We analysed the response of different processes into 13 streams arranged in a gradient of water scarcity in the Ebro River basin, where reaches downstream (impact) received sewage inputs, while those upstream were used as control. Results show diverging responses among the processes, which depends on the effluent characteristics and the dilution capacity of the receiving water body.

Keywords: pollution, water scarcity, decomposition, nutrient uptake, metabolism

1. Sarrera eta momentuko egoera

Azken hamarkadetan, giza-populazioaren tamaina, garapen ekonomikoa eta baliabideen erabilera esponentzialki emendatu dira (Krausmann *et al.* 2009), eta ondorioz, dimentsio globalak dituen ingurumen aldaketa eragin dute (Vitousek, 1994; Steffen *et al.*, 2007). Aldaketa globalaren ondorio kaltegarrienetako bat herri eta hiri-guneetan sortzen den kutsadura da, azken urteotan mundu osoko ibai eta erreka askoren estres faktore nagusia bilakatu dena. Iberiar Penintsula ez da salbuespena, eta bertan ere kutsadura urbanoaren iturri asko daude, batzuk tratatu eta araztuak, eta beste batzuk tratatu eta araztu gabeak (Serrano, 2007). Oraindik ere, tratatu gabeko ur masen kopurua oso handia da eta horregatik, arazo hori ekiditeko, araztegi asko eraiki eta funtzionamenduan ipini dira azken urteotan. Hala ere, araztegiek ez dute lortzen ibai eta erreketara heltzen den kutsadura erabat desagertaraztea eta koktel edo nahasketa oso konplexuak isurtzen dituzte. Substantzia horiek jarduera biologikoa areagotu edo murriztu dezakete, koktel konplexuen eragina aurreratu zail eginik.

Odum eta lankideek (1979) proposatutako Subsidio-Estresaren hipotesiaren arabera, erreketara edo ibaietara heltzen diren substantziak, euren konposizioaren edota amaierako kontzentrazioaren arabera, subsidio bezala joka dezakete aktibitate biologikoak bultzatuz edo kontrara, estres moduan joka dezakete aktibitate biologikoak murriztuz. Adibidez, substantzia toxikoak, pestizidak kasu, erreketara heltzen diren momentutik ez dira asimilagarriak eta hortaz, kontzentrazio baxuetan bada ere, aktibitate biologikoak murrizten dituzte. Mantenugaien moduko beste substantzia asko, aitzitik, erreketarako asimilagarriak dira kontzentrazio baxu edota ertainetan, eta beraz aktibitate biologikoa bultzatzen dezakete. Kontzentrazio jakin batzuetatik aurrera, ordea, toxiko bihurtzen dira eta aktibitate biologikoak murriztera igaroko dira.

Era berean, ur-ekasias beste estres faktore garrantzitsua da, aldaketa klimatikoaren edota gizakiaren jardueraren ondoriozkoa bada ere, eta mundu osoko ibai eta erreketako asko horren eraginaren menpean daude (Nilsson *et al.*, 2005; Sabater, 2008). Ur-ekasiaren eraginez, kutsatzaileen kontzentrazioa handitzen da, ibaien diluzio-gaitasuna murriztearen ondorioz. Muturreko kasu batzuetara heldu arte, non, errekek daukaten emari osoa tratatu edo tratatu gabeko isurketak baitiren.

2. Ikerketaren helburuak

Ikerketa honen helburu nagusia kutsadura urbanoaren eta ur-ekasiaren arteko elkarreragina aztertzea da ibai-ekosistemen funtzionamenduan. Gure lehenengo hipotesiaren arabera, neurtutako erantzun biologiko guztiek subsidio-estres moduko eskema bat jarraituko dute; baina euren artean desberdintzatuko dira gehieneko aktibitateara heltzen diren kontzentrazioari dagokiola. Eta gure bigarren hipotesiaren arabera, ur-ekasiak kutsaduraren efektua areagotuko du, estres mailari dagokion atalasea murriztuko baitu aldagaietako bakoitzarentzat.

3. Ikerketaren muina eta ondorioak

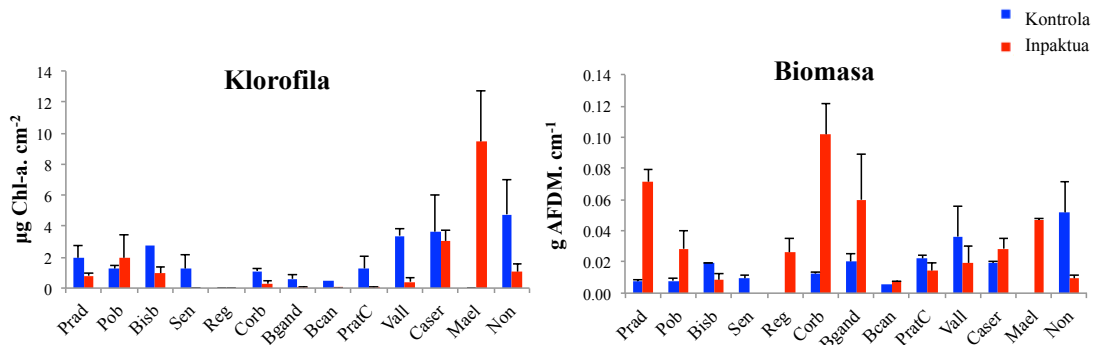
Hamairu erreka aztertu dira Ebroko arroan, lehorteen eraginak eta kutsadura mailak sortzen dituen bi gradiente gogorretan. Aztertutako puntuek ahalik eta aldakortasun mailarik handiena jasotzea izan da helburua, guztiz kutsatutako eta tratatu gabeko isurketak jasotzen dituzten erreketatik, tratatutako araztegien isurketak jasotzen dituztenak; eta modu berean, erabat lehorrak diren erreketatik eta inolako diluzio-gaitasunik ez dutenetik, emari handia eta hortaz, diluitzeko gaitasun altua dutenak. Horietan guztietan bi tramo desberdin aztertu dira: bat isurketatik gora (kontrola) eta bestea isurketatik behera (inpaktua). Urtebetean zehar habitat fisikoaren, uraren kalitatearen, komunitate biologikoen eta ekosistemaren funtzionamenduaren jarraipena egin da. Funtzionamenduari dagokionez, materia organikoaren deskonposaketa, mantenugaien atxikimendua eta metabolismoa neurtu dira.

a. Biofilmaren egitura

Biofilma erreken hondoan itsatsita hazten den komunitatea da, algaz, bakterioz eta beste hainbat izakiz osatua. Guk biofilmaren biomasa neurtu dugu, eta baita klorofila kontzentrazioa, algen ugartasunaren berri ematen duena. Horretarako, azalera ezaguneko substratu artifizialak, akuarioren arazketa areagotzeko erabiltzen diren biofilm-eramale izenekoak, jarri genituen errekan, eta hiruzpalau hilabetez bertan utzi, biofilmak koloniza zitzaizkien. Ondoren, substratuak hartu eta marruskatzen ziren, eta erauzitako materiala iragazi (1.2 µm). Biomasa neurtzeko, filtroak lehortu (70 °C, 72

h), pisatu, erre (500 °C, 5 h) eta berriro pisatzen ziren. Klorofila neurtzeko filtroak gau oso batez utzi ziren azetonatan (10 mL, %90 v/v, 4 °C), zentrifugatu eta espektrofotometriaz neurtu (Sartory & Grobbelaar, 1984).

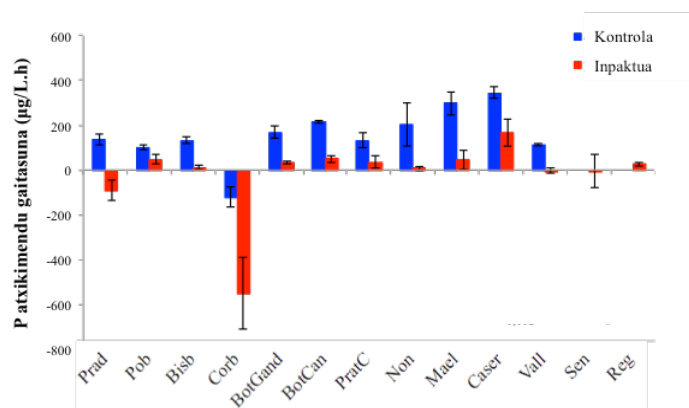
1. irudia: Biofilmaren klorofila (ezkerrean, $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) eta biomasa (eskuinean, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$). Urdinez Kontrol aldeak, gorritz Inpaktuak. 2015eko udazkena.



Kontrol aldeetan klorofila kontzentrazioa inpaktatuetan baino handiagoa zen (1. Irudia; modelo mistoen bidezko analisisa, $F_{1,4} = 8.43$; $p = 0.004$), baina biomasa txikiagoa (modelo mistoen bidezko analisisa, $F_{1,4} = 8.63$; $p = 0.002$). Hau da, isurketa urbanoek biofilma heterotrofoagoa egiten dute.

b. Mantenugaien atxikimendua biofilmean

Biofilmak mantenugaiak atxikitzeko duen gaitasuna neurtzeko bioentsegu berri bat diseinatu genuen. Errekan hiruzpalau hilabetez inkubatutako biofilm-eramaleak laborategira eraman genituen eta ordubetez inkubatu genituen 100 μg P/L-ko soluzio batean. Inkubazioa amaitzean, soluzioan geratzen zen fosforo kontzentrazioa neurtu genuen espektrofotometroan (Murphy eta Riley, 1962), eta hortik kalkulatu zen biofilmak atxikitako fosforoa.

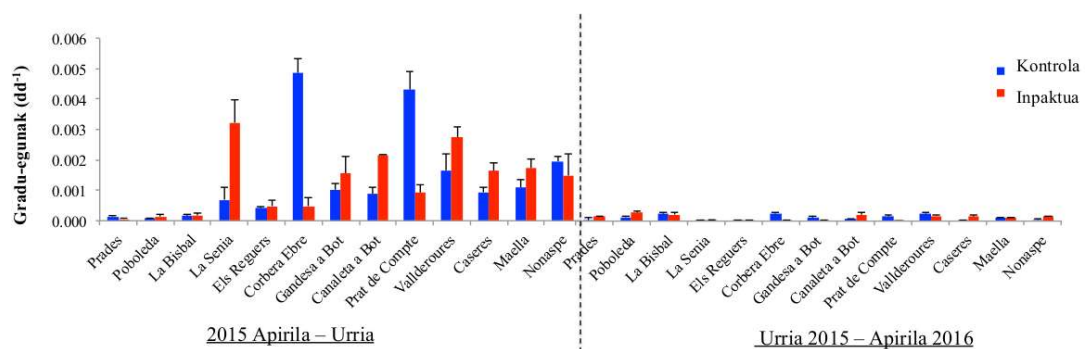


2. irudia: Biofilmak fosforoa atxikitzeko duen gaitasuna ($\mu\text{g P}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). Urdinez Kontrol aldeak, gorritz Inpaktuak. 2015eko udazkena.

Inpaktu aldeek kontrolek baino gaitasun baxuagoa erakusten dute fosforoa atxikitzeko (2. Irudia; modelo mistoen bidezko analisisa, $F_{1,4} = 67.49$; $p < 0.0001$), eta beraz, isurketek biofilmaren funtzionamendua kaltetzen dute. Muturreko puntu batzuetan biofilmak fosforoa atxiki baino, askatzera heltzen den.

c. Materia organikoaren deskonposaketa

Materia organikoaren deskonposaketa funtsezko prozesua da erreketan, bazka-sare garrantzitsuen abiapuntua baita. Prozesu integratzailea da erabat, abrasio fisikoa, kolonizazio mikrobiarra eta ornogabeen bidezko prozesuak biltzen baititu, eta horrez gain, oso prozesu sentikorra da estresore antropogeniko askoren aurrean. Materia organikoaren deskonposaketa mihi-depresoren metodoaz neurtu genuen zen (Aristi *et al.*, 2012; Arroita *et al.*, 2013). Egurrezko makiltxoak banan-banan identifikatu ziren, lehortu (70 °C, 72 h), pisatu eta bosnaka errekan sartu ziren. Sei hilabeteren buruan materiala jaso zen (2015eko udazkenean eta 2016ko udaberrian). Behin laborategian, materiala garbitu zen ornogabeak edota partikula mineralak kentzeko, lehortu (70 °C, 72 h), pisatu, erre (500 °C, 5 h) eta berriro ere pisatu zen. Deskonposaketa tasak eredu esponontzial negatiboaren bidez kalkulatu ziren (Petersen & Cummins, 1974), gradu-egunetan, tenperaturaren efektua zuzentzeko.



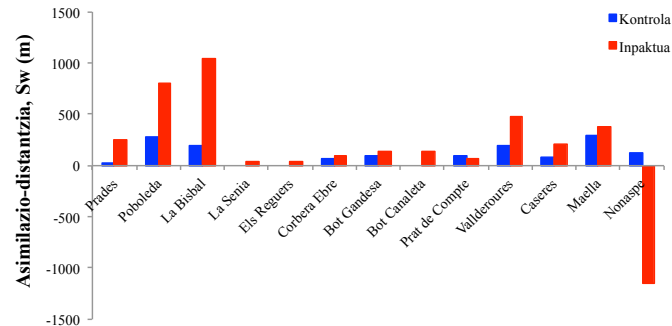
3. irudia: Mihi-depresoreen deskonposaketa tasak gradu egunetan (dd⁻¹). Urdinez Kontrol aldeak, gorritz Inpaktuak.

Lagindutako puntuen artean aldakortasun handia zegoen, nahiz eta diferentzia orokorra estatistikoki esangarria izan ez (3. Irudia; 2015 Apirila-Urria: modelo mistoen bidezko analisia, $F_{1,4} = 0.49$, $p = 0.48$; 2015 Urria- 2016 Apirila: modelo mistoen bidezko analisia $F_{1,4} = 0.99$, $p = 0.33$). Antzeman daitezkeen diferentziarik nabarmenenak, aitzitik, laginketa-faseari dagozkio, deskonposaketa tasa askoz ere altuagoak eman baitziren 2015eko udaberriaren eta udazkenaren artean, 2015eko udazken eta 2016ko udaberriaren artean baino. Beraz, itxuraz isurketa urbanoek ez dute eragin orokorrik materia organikoaren deskonposaketan.

d. Mantenugaien atxikimendua ekosistema mailan

Ekosistemak mantenugaiak atxikitzeke duen gaitasunak islatzen du disolbatutako mantenugaiak, orokorrean mugatzaileak diren nitrogenoa eta fosforoa, ur-zutabetik zelan ateratzen diren. Erreken eta ibaien auto-depurazio gaitasunarekin erlazio estua duen prozesua da eta berezko zerbitzu ekosistemiko garrantzitsu bat izan daiteke. Mantenugaien atxikimendua neurtzeko, amonioa (NH₄CL) eta fosfatoa (NaH₂PO₄) erreka uraren 30 litrotan disolbatu genituen, gatzak ere eranstean genion disoluzio honi, trazatzaile hidrologiko moduan, eta erreka bat-batean isuri genuen. Ikerketa-aldearen beheko muturrean konduktibitatea neurtzen genuen, eta horrela ikusten genuen noiz igarotzen zen guk isuritako ur-masa gazia. Konduktibitatea igotzen joan zen ahala, ur laginak hartzen genituen (10 mL), bertan iragazi (aurretiaz erraiztatutako 0.7 µm-ko poro tamainako filtroen bidez), eta izoztuta mantetzen genituen analisiak egin

arte. Fosfato kontzentrazioa espektrofotometria bidez neurtu zen (Murphy eta Riley, 1962) eta amonio kontzentrazioa, ordea, kolorimetria bidez (Krom, 1980). Ondoren, zenbait metrika kalkulatu ziren, hala nola, atxikimendu tasak (s^{-1}), mantenugaiek egindako distantzia (m), atxikimenduaren abiadura ($m.s^{-1}$) eta atxikimendua eman deneko azalera ($\mu g.min^{-1}.m^{-2}$) (Martí eta Sabater, 2009).



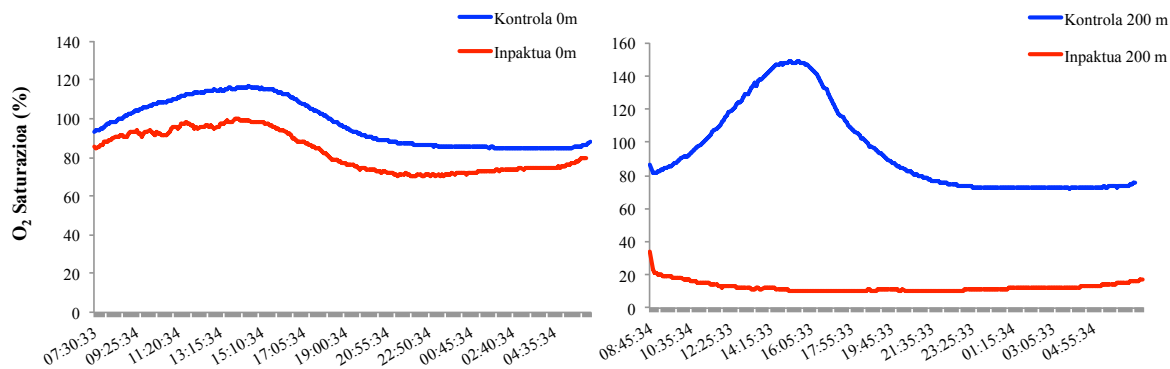
4. irudia: Fosfato-atomoek uretan disolbatuta egiten errekan egiten duten distantzia (m). Urdinez Kontrol aldeak, gorris Inpaktuak.

Lagindutako puntuen artean aldakortasun handia zegoen, baina orokorrean Inpaktu aldeek Kontrolek baino distantzia luzeagoak zituzten, hau da, ez ziren hain eraginkorrak ura arazteko orduan. Diferentziak estatistikoki esangarriak izan zirenez (4. Irudia; modelo mistoen bidezko analisia, $F_{1,4} = 6.84$; $p = 0.04$), uste da isurketa urbanoek ekosistema horien funtzionamendua kaltetzen dutela. Muturreko kasuetan, errekarik kutsatuenek, berriz, fosfato-iturri modura ere joka dezakete.

e. Ekosistema osoaren metabolismoa

Ekosistemaren metabolismoak bertan dauden bizidun guztien aktibitate metaboliko bateratua biltzen du, eta lotura handia dauka mantenugaiei eta energiaren birziklapen eta fluxuekin. Metabolismoak bi osagai ditu, ekoizpen primario gordina (EPG: materia organiko berriaren ekoizpena) eta ekosistemaren arnasketa (EA: ekoiztutako energia hori erabiltzean ematen den materia organikoaren oxidazioa). Nahiz eta erreketan bide ugari dauden materia organikoa ekoizti eta oxidatzeko, fotosintesia eta arnasketa aerobikoa dira gehien aztertu izan diren prozesuak, biek eragiten baitituzte aldaketak uretako oxigeno kontzentrazioan. Metabolismoak izaera integratzailea du, eta informazioa ematen du ekosistema baten egoera ekologikoaren gainean.

Ekosistema osoaren metabolismoa bi estazioko metodoaren bitartez neurtu genuen. Funtsean, erreka-alde baten goiko eta beheko muturrean, oxigeno kontzentrazioa neurtzen genuen modu jarraian 24 orduz. Uretako oxigeno-kontzentrazioak egunean zehar gorabeherak ditu, egunez, algek fotosintesia egiten dutenean, gora egiten baitu eta gauez, ordea, behera, arnasketaren eraginez. Egunean zeharreko aldaketa hauek analizatuta posible da erreka-alde horren metabolismo globala kalkulatzeko (Izagirre et al., 2007).

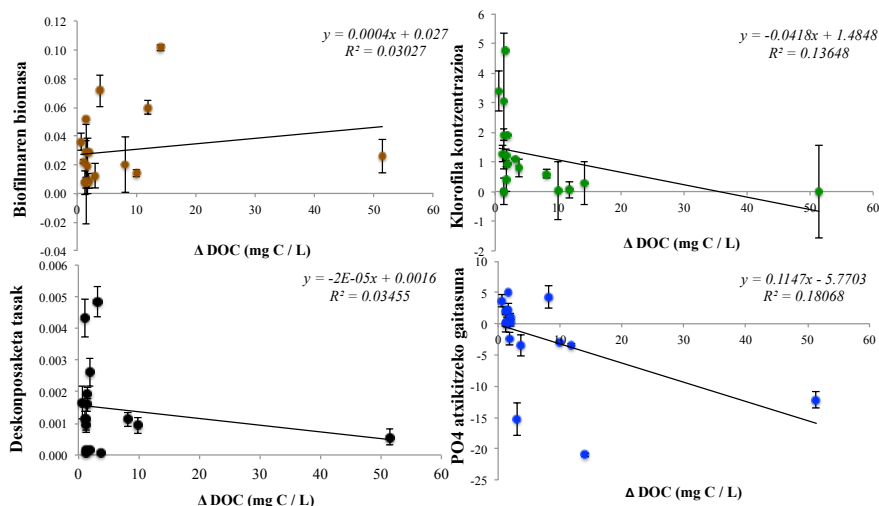


5. irudia: Oxigeno saturazioa (%) egunean zehar bi erreketan. Ezkerrean kutsadura-maila baxuko Vallderoures erreka, eskuinean oso kutsatuta dagoen Corbera de Ebre. Kurba urdinak Kontrol aldeei dagozkie eta kurba gorriak Inpaktuei.

Laginketa puntuen artean diferentzia oso handiak daude oxigeno saturazioari dagokionez, eta gradiente oso argi bat ikusi daiteke kutsadura-maila oso handia zuten lekuetatik maila baxuagoa zutenetara. Kutsadura handia zuten erreketan oxigeno saturazioa %0-tik oso gertu mantentzen zen, kutsadura txikikoetan saturaziotik gertu mantentzen zen bitartean (%100 inguru).

Neurtutako erantzun biologikoen subsidio-estres moduko eskema jarraitu zuten?

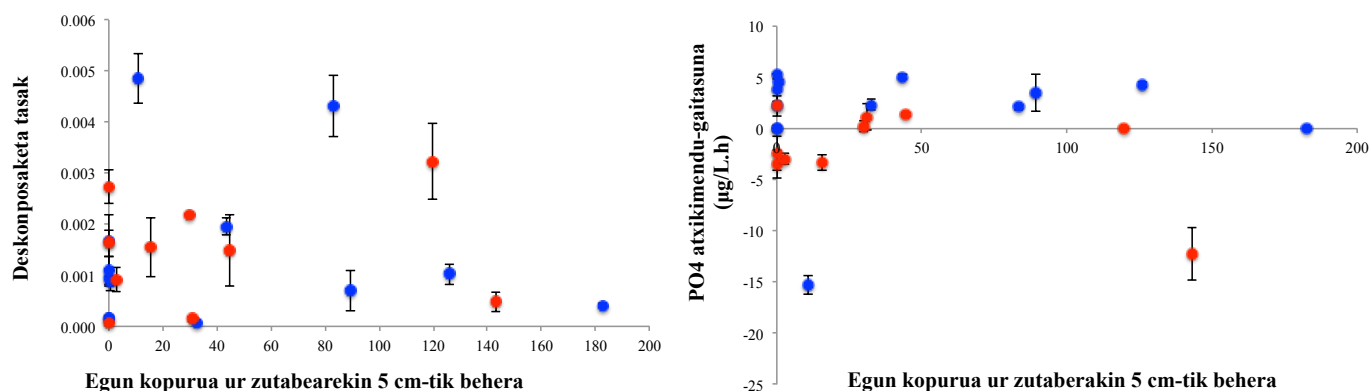
Aurretiaz erakutsitako emaitza denek aldean arteko konparaketa bat egitea baino ez zuten helburu. Aitzitik, neurtutako erantzun biologikoak kutsadura-gradientearen arabera aztertzerako orduan, aldagai batek ere ez zuen esperotako subsidio-estresaren eskema edo patroia jarraitu (6. irudia).



6. irudia: Neurtutako zenbait aldagaien erantzuna kutsadura-gradientearekiko. Kutsaduraren adierazle moduan, kasu honetan, Kontrol eta Inpaktuen artean dagoen disolbatutako karbono organikoaren kontzentrazioaren diferentzia aukeratu da.

Ur-eskasiak eragin al du kutsaduraren efektua?

Azkenik, ur-eskasiaren eragina ez zen oso argia izan (7.irudia).



7. irudia: Neurtutako zenbait aldagaien erantzuna lehortearekiko. Lehortearen adierazle modura, ur zutabeak altuera 5 zentimetrotik behera egon den egun kopurua.

4. Ondorioak:

1. Kutsadura urbanoak era askotariko eraginak izan zituen aztertutako aldagaietan; izan ere, erantzun eta prozesu biologiko batzuk bultzatu zituen, beste batzuk murriztu egiten zituen bitartean.
2. Hala ere, aztertutako aldagai batek ere ez zuen esperotako subsidio-estres moduko eskema jarraitu.
3. Ur-eskasia eragin argiak izan zituen aktibitate biologikoarentzako, baina ez zuen kutsaduraren efektua nabarmendu.

Oraindik informazio gutxi dago araztegiek ibaien funtzionamenduan duten eraginez. Beste lan batzuek (Martí *et al.*, 2004) erakutsi dute heterotrofia bultzatzen dutela eta mantenugaiak atxikitzeko gaitasuna murriztu. Gure emaitzak eragina askoz ere konplexuagoa izan daitekeela erakusten dute, emariaren gorabeherengatik, besteak beste. Etorkizun hurbil batean, erreketako ur-eskasia areagotuko da hauen diluzio-gaitasuna murriztuz, eta ondorioz, kutsatzaileen kontzentrazioa handituz, askoz ere ondorio latzagoak suposatuz ekosistema hauen funtzionamenduari.

5. Etorkizunerako planteaturiko norabidea

Araztegien isurketek aldaketa garrantzitsuak eragin ditzakete ibaien funtzionamenduan, nahiz eta beti ez den erraza efektu horien norabidea aurreikustea. Isurketek Subsidio-Estres moduko eskema jarraitzen duten substantzia ugari helarazten dituzte erreketara; eragin desberdina izango dutenak amaierako kontzentrazioaren, erreken morofologia eta hidrologiaren edota neurtutako erantzun biologikoaren arabera. Hori dela eta, Subsidio-Estres moduko erantzuna aztertzeko bide errazago bat, faktore horiek guztiak sinplifikatzea izango litzateke. Horrela, esperimentu honi jarraiki, Kataluniako Uraren Ikerketa Zentroan (ICRA) dauden kanal artifizialetan esperimentu bat egin zen, araztegi bateko isurketen kontzentrazio desberdinen gradiente batekin eta gainera, kontrolatutako emari eta argi baldintzekin.

Erantzun biologiko funtzional desberdinak neurtu ziren: materia organikoaren deskonposaketa; biofilmaren klorofila, biomasa eta fosforoa atxikitzeko gaitasuna; jarduera entzimatiakoak eta metabolismoak. Esperimentuaren helburua, beraz, erantzun biologiko desberdinek kutsadura-maila desberdinen aurreran zelan erantzuten zuten ikustea izan zen. Gure lehenengo hipotesiaren arabera, erantzun biologiko guztiek Subsidio-Estres moduko erantzun bat edukiko zuten kutsadura kontzentrazio desberdinen aurrean, baina gure bigarren

hipotesiaren arabera, erantzun biologikoak euren artean desberdinduko ziren gehieneko aktibitatea bereganatzen zuten kontzentrazioaren arabera.

6. Erreferentziak

- Aristi, I., Díez, J.R., Larrañaga, A., Navarro-Ortega, A., Barceló, D. eta Elozegi, A. (2012). Assessing the effects of multiple stressors on the functioning of Mediterranean rivers using poplar wood breakdown. *Science of the Total Environment*, 440: 272-279.
- Arroita, M., Causapé, J., Comín, F.A., Díez, J., Jimenez, J.J., Lacarta, J., Lorente, C., Merchán, D., Muñiz, S., Navarro, E., Val, J. eta Elozegi, A. (2013). Irrigation agriculture affects organic matter decomposition in semi-arid terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of Hazardous Materials*, 263: 139-145.
- Izagirre, O., Bermejo, M., Pozo, J. eta Elozegi, A. (2007). RIVERMET©: an Excel-based tool to calculate river metabolism from diel oxygen concentration curves. *Environmental Modelling & Software*, 22: 24-32.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Haberl, H. eta Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*, 68: 2696-2705.
- Krom, M.D. (1980). Spectrophotometric determination of ammonia: a study of a modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. *Analyst*, 105: 305-316.
- Marti, E., Aumatell, J., Gode, L., Poch, M. eta Sabater, F. (2004). Nutrient retention efficiency in streams receiving inputs from wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Quality*, 33(1): 285-293.
- Martí, E. eta Sabater, F. (2009). Retención de nutrientes en ecosistemas fluviales. In: *Conceptos y Técnicas en Ecología Fluvial* (Eds A. Elozegi & S. Sabater), 117-132. Fundación BBVA, Bilbao.
- Murphy, J. eta Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. eta Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308: 405-108.
- Odum, E.P., Finn, J.T. eta Franz, E.H. (1979). Perturbation theory and the subsidy-stress gradient. *BioScience*, 29: 349-352.
- Sabater, S. (2008). Alterations of the global water cycle and their effects on river structure, function and services. *Freshwater Reviews*, 1: 75-88.
- Sartory, D.P. eta Grobelaar, J.E. (1984). Extraction of chlorophyll-a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia*, 14: 177-187.
- Serrano, A. (2007). Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015. *Ambienta*, 69: 6-13.
- Steffen, W., Crutzen, P.J. eta McNeill, J.R. (2007). The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio*, 36: 614-621.
- Vitousek, P.M. (1994). Beyond global warming - ecology and global change. *Ecology*, 75(7):1861-1876.

7. Esker onak

Eskerrak eman dizkiet lan hau aurrera ateratzen lagundu didaten guztiei. Batez ere, Euskal Herriko Unibertsitateko (EHU) Daniel von Schiller eta Arturo Elozegiri; baina, baita Ibon Aristi eta Maite Arroitarri ere Apirileko laginketetan euren onena ematearren. Inolaz ere ezin nitzake ahaztu Jordi-René Mor eta Vicenc Acuña, laginketa guzti-guztietan niri laguntzen hor egotearren. Eta azkenik, eskerrak eman nahi dizkiet EHU, doktoretza aurreko dirulaguntzagatik, eta GLOBAQUA proiektu europearrari ere, tesi honen babesa baita momentu oro.