



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

IV. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2021eko ekainaren 9, 10 eta 11a
Gasteiz, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Pres handi baten hustuketak
eragindako efektu ekologikoak:
Enobietako urtegiaren kasua
(Artikutza, Nafarroa)**

*Miren Atristain, Aitor Larrañaga,
Daniel von Schiller eta Arturo Eloseggi*

257-264 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iv.05.34>



Presaren baten hustuketak eragindako efektu ekologikoak: Enobietako urtegiaren kasua (Artikutza, Nafarroa)

Atristain, M.¹, Larrañaga, A.¹, von Schiller, D.², Eloseggi, A.¹

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

² Ekologia Departamentua, Biologia Fakultatea, Bartzelonako Unibertsitatea (UB), Diagonal Torbidea 643, 08028 Bartzelona, Bartzelona.

Kontakturako e-posta: miren.atristain@ehu.eus

Laburpena

Gero eta gehiago dira munduan bizi-itxaropenaren amaierara iristen ari diren urtegiak. Hori horrela, gero eta ohikoagoa da presa eta urtegiak hustu eta zerbitzuz kanpo uztea ibaien konektibitate longitudinala berreskuratzeko. Ikerketa honen helburua presa handi baten (Enobietako, 42 m) hustuketak ibai-ekosistemen ur-kalitatean eta biodibertsitate eta funtzionamenduan duen eragina aztertzea zen. Horretarako, Artikutzako sare hidrografikoan 8 puntu aukeratu ziren: presaren eraginpean zeuden 4 puntu (inpaktuak) eta inolako eraginik jasaten ez zuten beste 4 puntu (kontrolak). Horietan guztietan hainbat aldagai aztertu ziren hiru fasetan zehar. Aldagai ezberdinek modu ezberdinean erantzun zuten hustuketaren aurrean, baina orokorrean, hustuketak eragin ekologiko handirik ez zuela izan ikusi zen. Gainera, izandako inpaktuak berehala desagertu ziren errekupeazio-fasean zehar.

Hitz gakoak: urtegiak hustutzea, uraren kalitatea, ornogabeak, biofilmaren metabolismoa, landaredia

Abstract

There are more and more dams in the world that are coming to the end of their lifespan. Thus, dam removal is gaining momentum in order to recover stream and river's longitudinal connectivity. The aim of this work was to assess the effects of the decommissioning of a large dam (Enobietako, 42 m) on water quality and stream biodiversity and functioning. For this purpose, 8 sampling points were selected in the hydrographic network of Artikutza: 4 of them were below the dam (impact sites) and 4 others were in free-flowing streams (controls). We measured various variables in all of these sites during three different phases. Each variable responded in a different way to the reservoir drawdown process, but in general, we found out that the emptying of the reservoir did not have almost any negative ecological effects, and if so, these impacts disappeared quickly during the recovery phase.

Keywords: reservoir drawdown, dam removal, water quality, invertebrates, biofilm metabolism, vegetation

1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egun, munduko erreken emariaren % 25a presek oztopatu edo desbideratzen dute (Vörösmarty et al., 2010). Guztira, 50.000 bat presa handi (15 metro baino garaiagoak) eta txikiagoak diren 200.000 presa baino gehiago daude munduan, eta are gehiago daude eraikitzeko bidean (Nilsson et al., 2005; Zarfl et al., 2015). Hala ere, presa hauen bizi-itxaropena mugatua da, 50-100 urtekoa, eta jada hainbat dira munduan bizi-itxaropen horren amaierara iritsi direnak (Perera et al., 2021). Hori dela eta, eta ibai-ekosistemetak uraren kalitatean (Friedl eta Wüest, 2002), geomorfologian (Brandt, 2000) eta biodibertsitate (Wu et al., 2019) eta funtzionamenduan (Aristi et al., 2014; Maavara et al., 2020) dituzten inpaktuak kontutan hartuta, hauek hustu eta kentzea gomendatzen da (Perera et al., 2021).

Hala ere, presak kentzea epe luzera onuragarria izan daitekeen arren (Bellmore et al. 2019), oraindik horiek eraisteak ibai-ekosistemetan izan ditzakeen efektuak gutxi aztertu dira (Bushaw-Newton et al., 2002; Velinsky et al., 2006; Orr et al., 2008), eta are gutxiago presa handien kasuan.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburua

Donostiako udalak, 1919an, Artikutzako harana erosi zuen kalitatezko uraren horniketa bermatzeko. Horretarako, 1947an Enobietako urtegia diseinatu zen (Muñoz Echabeguren, 2003): 40,4 metroko sakonera eta 2,7 hm³ biltegitratzeko ahalmena izango lituzke. Hala ere, presa eraikitzen ari zirela ikusi zuten ezker aldean urtegiaren egonkortasuna kolokan jartzen zituen marmol karstifikatuak zeudela. Arazoa konpontzeko hainbat saiakera egin zituzten arren, ez zuten arrakastarik izan, eta beraz, hormaren ezkerreko muturra amaitu gabe geratu zen. Erabaki horrek eragin zezakeen arriskuak ekiditeko, presa partzialki eraitsi zuten gainezkabidearen garaiera 5 metro jaitsiz. Ondorioz, urtegiaren gehieneko edukiera 1,6 hm³-tara mugatu zen. Segurtasun arazoez gain, Enobietako urtegiak uraren kalitatearekin arazo ugari izan zituen. Hori guztia zela eta, erreka berean, baina kilometro batzuk beherago, Añarbeko urtegia eraiki zen (43,8 hm³) 1976an. Hura martxan jarri zenetik, Enobietako urtegiak garrantzia galdu zuen eta mantentze-lanak pixkanaka murriztu ziren ia guztiz desagertu arte. 2016an Donostiako Udalak hura kentzea erabaki zuen, eta 2019an guztiz hustu zen.

Ikerketa honen helburu nagusia Enobietako urtegiaren hustuketak uraren kalitatean, biodibertsitatean eta ibai-ekosistemaren funtzionamenduan duen eragina aztertzea da. Gure hipotesiak ondoko hauek dira:

- 1) Urtegia beteta egoteak erreka kaltetuko du. Presatik behera urrundu ahala, kalte hori gutxitu egingo da.
- 2) Hustuketa-fasean, urtegian metatutako sedimentuak mobilizatuko dira, eta erreka kaltetu dezakete. Presatik behera urrundu ahala, efektu hori gutxitu egingo da.
- 3) Hustuketa ondorengo fasean, efektu hauek desagertu egingo dira, eta presatik beherako erreka-aldeek ibaiadarretakoen antza hartuko dute.

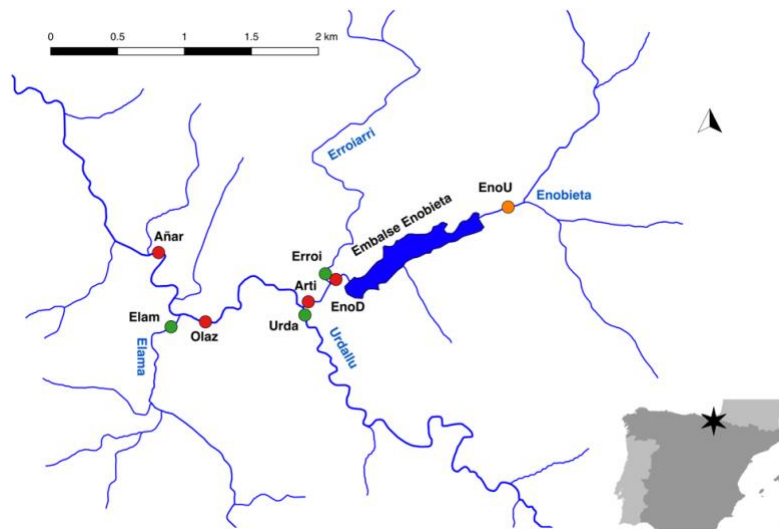
3. Ikerketaren muina eta ondorioak

Gure hipotesiak modu zehatz batean zehazteko, 8 erreka-tarte aztertu ziren guztira: alde batetik, lau kontrol tramua (bat urtegitik gora eta beste hiru urtegiaren eraginik jasaten ez duten ibaiadarretan) eta bestetik, urtegitik behera kokatutako lau inpaktu tramua (1. Irudia). Laginketa-puntuotan uraren kalitatea, ornogabeak eta biofilmaren metabolismoa aztertu ziren hiru fasetan zehar. Hain zuzen ere, urtegia beteta zegoenean (2018, “Beteta”), urtegia hustu bitartean (2019, “Hustuketa”) eta urtegia hustu ondorengo errekupeparazio-fasean (2020, “Errekupeparazioa”).

a. Uraren kalitatea

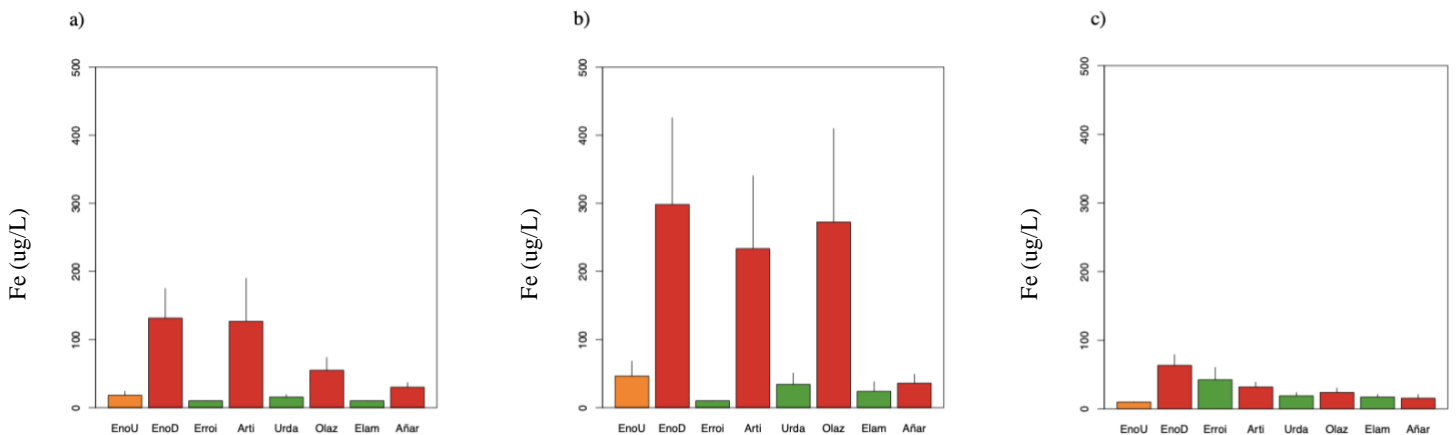
Uraren uhertasuna modu jarraian neurtu zen bi puntutan (Solitax SC, HACH): presapean Artikutza errekan eta Urdallu errekan (kontrola). Honez gain, gutxi gorabehera 8 km beherago kokatuta dagoen eta Gipuzkoako Foru Aldundiko Obra Hidraulikoen departamentuaren jabegokoa den aforo-estazioko uhertasun-datuak ere erabili ziren. Horrela, Añarbeko urtegiara garraiatutako sedimentu-kantitatea aztertu ahal izan zen.

Artikutzako arroa bertako uren kalitateagatik nabarmentzen da. Izan ere, inguruko erreka gehienek ez bezala, urak garden mantentzen dira uholde handienetan izan ezik. Hala ere, hustuketa-fasea hastearrekin batera, ordura arte urtegian pilatutako sedimentu finen garraioa ere hasi zen, Artikutzan 290 NTU-ko uhertasuna ere lortu zelarik. Hala ere, errekupeparazioa hasi ahala, urtegitik sedimentuak egonkortu egin ziren eta beraien garraioa gutxitu. Beraz, presapeko uhertasuna kontrol puntukoaren parera itzuli zen.



1.Irudia. Laginketa-puntuak. Laranja, urtegitik gora kokatutako kontrol tramua, gorriz, urtegitik behera kokatutako puntuak (inpaktuak) eta berdez, urtegiaren eragina pairatzen ez duten ibaiadarrak (kontrolak).

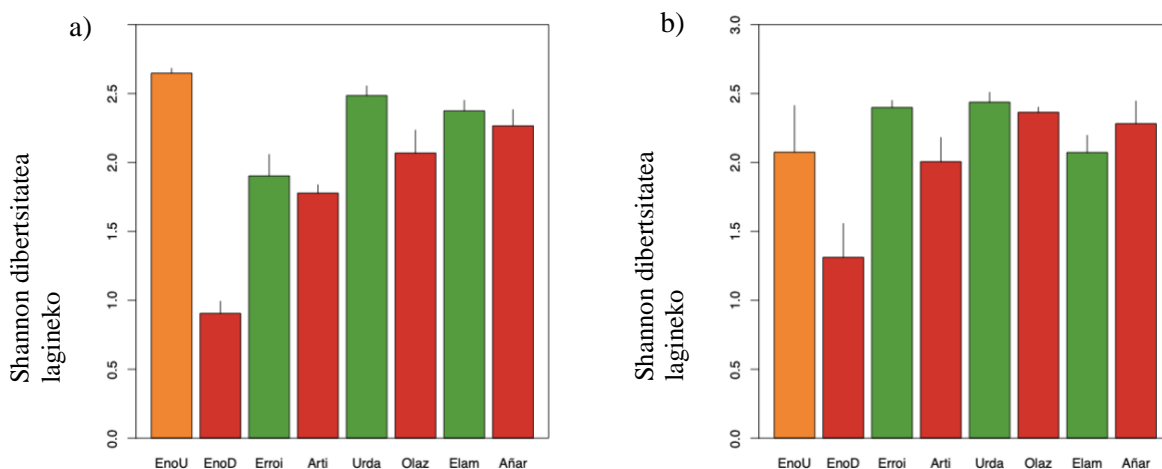
Horrez gain, burdin-kontzentrazioen jarraipena ere egin zen ezarritako 8 laginketa puntuetan. Bertan, filtratu gabeko erreka ura hartu, % 65eko azido nitrikoarekin fixatu, eta ondoren, laborategian, indukzioz akoplatutako plasmaren bidezko masen espektrometria bidez analizatu zen (Fernández-Turiel et al., 2000). Guztira 14 laginketa-saio egin ziren: 7 beteta zegoela, 3 hustuketa bitartean eta 4 errekupeazio-fasean. Kutsatzaile honen jatorria urtegiaren hondoan dago, bertan hipoxia ematen denean disolbatzen baitira metalak. Urtegia beteta egon zen bitartean burdin-kontzentrazio nabarmenak detektatu ziren presapean (2a. Irudia), batez ere EnoD eta Arti estazioetan. Presatik urrundu ahala burdin-kontzentrazioak behera egin zuen nabarmenki, eta Añar estazioko balioak kontrol tramuetakoen antzekoak ziren. Hustuketa-fasean zehar burdin-kontzentrazioak 400 µg/L-tara iritsi ziren (2b. Irudia). Errekupeazio-fasean burdinaren inpaktua ia erabat desagertu zen, eta inpaktuetako balioak kontrolakotako balioetara hurbildu ziren, kasu guztietan 100 µg/L azpitik mantendu zirelarik (2c. Irudia).



2.Irudia. Uretako burdin-kontzentrazio totalak (µg/L, batezbestekoa ± errore estandarra) Artikutzako sare hidrografikoko zenbait puntuetan a) presa beteta zegoela, b) hustuketa-fasean eta c) errekupeazio-fasean. Laranja eta gorriz adierazi dira ibilgu nagusian kokatutako puntuak. Berdez adierazi dira ibaiadarretako puntuak.

b. Ornogabeak

Makroornogabeak Artikutzako sare hidrografikoko 8 puntuetan lagindu ziren: behin presa beteta zegoela eta beste behin hustuketa-fasean. Estazio bakoitzean 5 lagin hartu ziren Surber sarea erabilita ($30 \times 30 \text{ cm}^2$ -ko azalera eta 0,5 mm-ko zuloak). Hartutako laginak % 70eko alkoholetan fixatuta gorde ziren. Laborategian, laginak 1 mm-ko bahe batetik pasatu eta tamaina horretako makroornogabeak banatu eta identifikatu ziren, kasu gehienetan genero-mailara arte (Tachet et al., 2002). Lortutako datuekin Shannon dibertsitatea kalkulatu zen (Shannon, 1948). Urtegitik gora kokatutako puntuak balio handiena izan zuen (2,6), eta presapeko EnoD puntuan 0,9ra jaisten zen (ANOVA, $F_{7,32}=27,4$, $p<0,001$) (3a. Irudia). Hustuketa-fasean, urtegian metatutako sedimentuen garraioa zela eta, urtegi azpiko puntuetan dibertsitatea jaitea espero zen arren, ez zen horrelakorik gertatu. Hala ere, presapean oraindik esangarriki txikiagoa izaten jarraitu zuen (ANOVA, $F_{2,32}=4,2$, $p<0,01$) (3b. Irudia).



3.Irudia. Ornogabe-komunitateen Shannon dibertsitatea (batezbestekoa \pm errore estandarra) Artikutzako sare hidrografikoko zenbait puntuetan a) presa beteta zegoela eta b) hustuketa-fasean. Laranja eta gorri adierazi dira ibilgu nagusian kokatutako puntuak. Berdez adierazi dira ibaiadarretako puntuak.

c. Biofilmaren metabolismoa

Biofilma errekarren hondoan itsatsita hazten den mikrobio-komunitatea da, algaz, bakterioz eta beste hainbat izakiz osatua. Biofilmaren metabolismoa (alegia, fotosintesia eta arnasketa) zehazteko bioentsegu bat diseinatu zen. Laginketa-puntu bakoitzean gutxienez bi hilabetez inkubatutako sei biofilm-eramale (4. Irudia) landan bertan muntatutako laborategira (5. Irudia) eraman eta bertan bi orduz inkubatu ziren *Chu* deritzon disoluzio estandarrean (Andersen, 2005). Estazio bakoitzeko hiru biofilm-eramale 60 mL-ko botila gardenetan inkubatu ziren, eta beste hiru ilunpetan. Ondoren, botila bakoitzeko oxigeno-kontzentrazioa neurtu zen oximetro bat erabiliz (Microsensor NTH-PS7 on Microx 4, PreSens, Germany).



4.Irudia. Ezkerrean kolonizatu gabeko biofilm-eramalea. Eskuinean, kolonizatutako biofilm-eramalea.

Botila gardenetan neurtutako oxigeno-kontzentrazio aldaketekin biofilmaren ekoizpen garbia kalkulatu zen, eta botila ilunetan neurtutakoekin arnasketa. Azkenik, bi aldagai hauen kenketa eginda, ekoizpen gordina (EPG) kalkulatu zen. Beteta zegoela, urtegiak ez zuen biofilmaren metabolismoan inolako eraginik izan, kontrol eta inpaktuen arteko balioak berdinak baitziren (ANOVA, $F_{1,21} = 0,47$, $p > 0,05$) (6a. Irudia). Hustuketa-fasean zehar ordea, ekoizpenak behera egin zuen nabarmen urtegi azpian (ANOVA, $F_{1,20} = 5,86$, $p < 0,05$) (6b. Irudia). Jaitsiera hustuketan zehar gertatutako sedimentu finen garraioaren ondorio izan zela dirudi. Errekuperazio-fasean, efektu hau erabat desagertu eta inpaktuetako biofilm-komunitateen ekoizpen primarioa berriro ere kontrolen mailara iritsi zen (ANOVA, $F_{1,22} = 1,55$, $p > 0,05$) (6c. Irudia).



5.Irudia. Biofilm-eramaleen inkubazioa burutzeko landan muntatu zen laborategia.

d. Landaredia

Urtegian azaleratutako sedimentuetan hazten hasi zen landaredia 2019tik aurrera aztertu zen. Bertan 54 espezie topatu ziren, haien artean ugariak *Persicaria* Mill. eta *Juncus* L. generoko landareak zirelarik. Horrez gain, sahats eta haltz landareska ugari ere baziren. 2020an zehar dibertsitatea are gehiago areagotu zen, eta hustuketa-fasean zehar lehenengo azalera ziren guneak jada landarediaz guztiz estalita ageri ziren. Beraz, urtegian azaleratutako sedimentuen kolonizazioa azkarra izaten ari da (7. Irudia).

4. Ondorioak

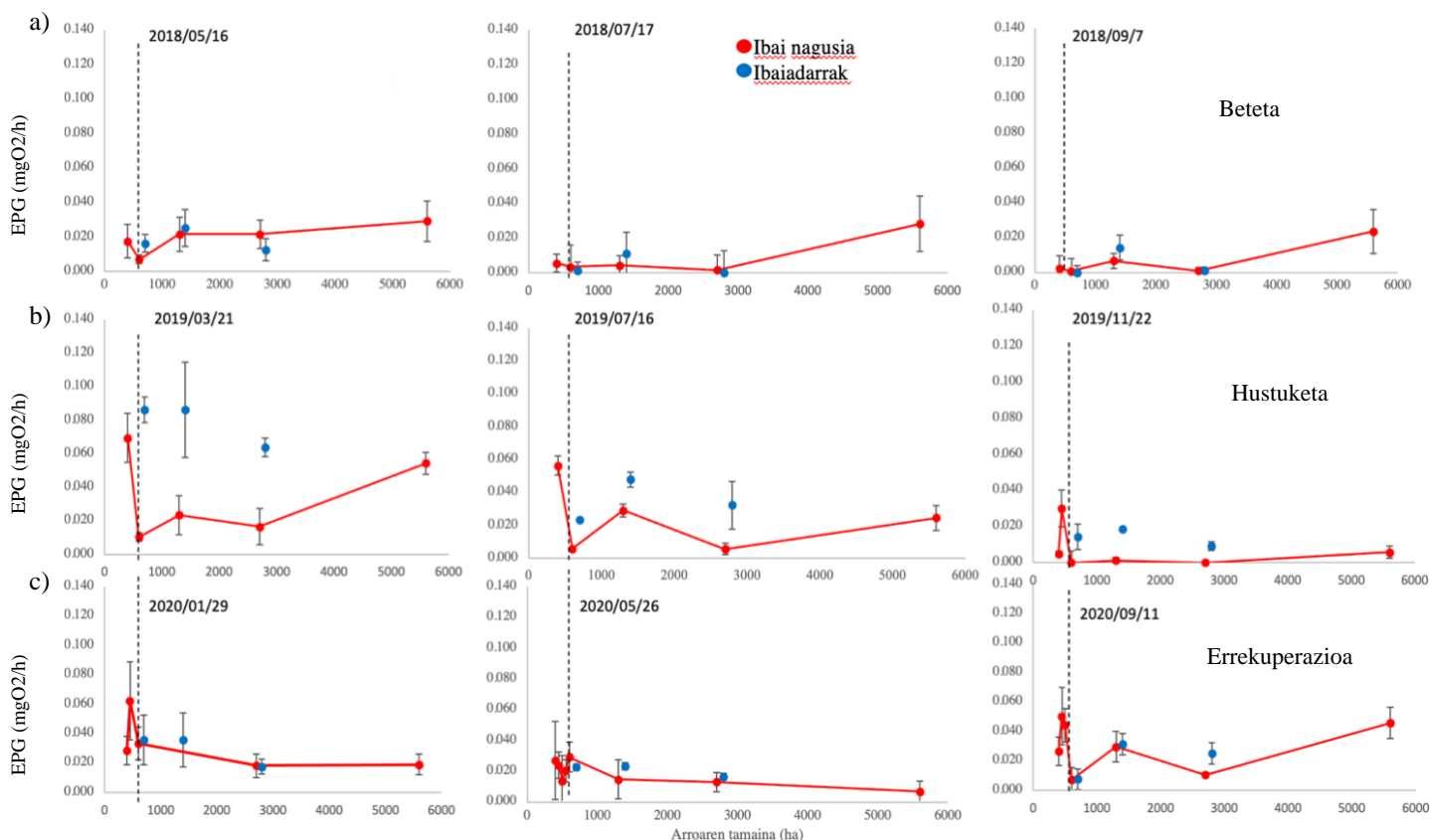
- a) Urtegia poliki hustu izanak sedimentuak konpaktatzeko aukera eskaini du, ur behera garraiatutako sedimentuen kantitatea murrizuz.

- b) Hori dela eta, Enobietako urtegiaren hustuketak ez du efektu ekologiko negatibo handirik izan.
- c) Izandako inpaktuak guztiz desagertu dira errekupeazio-fasean.
- d) Uraren kalitatea hobetu egin da.
- e) Urtegiaren azaleratutako sedimentuetan landarearen birkolonizazioa azkarra izaten ari da.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Urtegiak erreka eta ibaietan duten eragin kaltegarriak aski ezagunak diren arren, oraindik ezer gutxi dakigu hauek kentzeak dakarren eraginaz, batez ere urtegi handien kasuan, orain arte egindako ikerketa gehienak tamaina txikiko presak kentzearen ingurukoak izan baitira.

Artikutzako haranean kokatutako Enobietako urtegiaren hustuketak hutsune hori betetzen lagundu dezakeen arren, oraindik ere ikerketa gehiago egin beharko lirateke. Izan ere, Enobietako kasuan ez bezala, leku gehienetan, urtegiaren inpaktu hori ez da ibai-ekosistemetan eragiten duen estresore bakarra izaten, eta bere efektua, uraren eta sedimentuen kutsaduraren, arroaren eta bertako lur-erabilaren edo muturreko gertaera klimatikoak bezalako bestelako eragilerekin elkareragiten egongo da, kasuan kasuko erantzunetan modu desberdinean eragin dezaketelarik. Hori dela eta, urtegi batek erabilgarria izateari uzten dionean, horren erasketak dituen efektuak aztertzea interesgarria izango litzateke, kasuistika ezberdinetan ibaietako uraren kalitateak eta organismo eta funtzionamenduak ekintza horrekiko duen erantzuna aztertu ahal izateko.



6. Irudia. Biofilmaren ekoizpen primarioa ($\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$, batezbesteko \pm errore estandarra), a) presa beteta zegoela, b) hustuketa-fasean eta c) errekupeazio-fasean. Marra eta puntu gorrien bidez ibai-ardatz nagusia adierazi da, eta urdinen bidez ordea, ibaiadarrak adierazi dira.



7. Irudia. Ezkerrean urtegiaren landarediari dagokiola buztanean eman diren aldaketak, eta eskuinean aldiz, urtegiaren erdi aldean emandakoak. Irudiak: Arturo Elozegi.

6. Bibliografia

- Aristi I, Arroita M, Larrañaga A, Ponsatí L, Sabater S, von Schiller D, Elozegi A, Acuña V. 2014. Flow regulation by dams affects ecosystem metabolism in Mediterranean rivers. *Freshwater Biology*, 59: 1816-1829.
- Andersen RA. 2005. *Algal culturing techniques*. Elsevier Academic Press.
- Bellmore JR, Pess GR, Duda JJ, et al. 2019. Conceptualizing Ecological Responses to Dam Removal: If You Remove It, What's to Come? *BioScience*, 69: 26-39.
- Brandt SA. 2000. Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena*, 40: 375-401.
- Bushaw-Newton KL, Hart DD, Pizzuto JE, et al. 2002. An integrative approach towards understanding ecological responses to dam removal: the Manatawny Creek study. *Journal of the American Water Resources Association*, 38: 1581-1599.
- Fernández-Turiel JL, Llorens JF, López-Vera F, Gómez-Artola C, Morell I, Gimeno D. 2000. Strategy for water analysis using ICP-MS. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 368: 601-606.
- Friedl G eta Wüest A. 2002. Disrupting biogeochemical cycles-Consequences of damming. *Aquatic Sciences*, 64: 55-65.
- Maavara T, Chen Q, Van Meter K, et al. 2020. River dam impacts on biogeochemical cycling. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1-14.
- Muñoz Echabeguren F. 2003. El agua potable en la historia de San Sebastián. *San Sebastián: Aguas del Añarbe*. ISBN:84-607-7900-9.
- Nilsson C, Reidy CA, Dynesius M, Revenga C. 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308 (80): 405-408.
- Orr CH, Kroiss SJ, Rogers KL, Stanley EH. 2008. Benthic downstream responses to small dam removal in a coldwater stream. *River Research and Applications*, 24: 804-822.

- Perera D, Smakthin V, Williams S, North T, Curry A. 2021. Ageing water storage infrastructure: an emerging global risk. UNU-INWEH Report Series, Issue 11. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Hamilton, Canada.
- Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.
- Tachet H, Richoux Ph, Bournard M, Usseglio-Potalera Ph. 2002. *Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions.
- Velinsky DJ, Bushaw-Newton KL, Kreeger DA, et al. 2006. Effects of small dam removal on stream chemistry in southeastern Pennsylvania. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 569-582.
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Prusevich A, Green P, Glidden S, Bunn SE, Sullivan CA, Liermann CR. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467: 555-561.
- Wu H, Chen J, Xu J, Zeng G, et al. 2019. Effects of dam construction on biodiversity: A review. *Journal of Cleaner Production*, 221: 480-489.
- Zarfl C, Lumsdon AE, Berlekamp J, Tydecks L, Tockner K. 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77: 161-170.

7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahi dizkiet bereziki, hiru urte hauetan zehar edozein ezustekoren aurrean beti laguntzeko prest egon diren Artikutzako udal langileei eta baita, laguntza behar izan dugunean esku bat botatzeko prest agertu diren ikasle zein lankideei. Azkenik, eskerrak eman nahi dizkiet Euskal Herriko Unibertsitateari (UPV/EHU), doktoretza aurreko bekagatik eta “Fundación BBVA”ri 064_17 “DESEMBALSE” proiektua diruz laguntzeagatik.