

**GIZA, GIZARTE ETA HEZKUNTZA ZIENTZIEN FAKULTATEA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS, SOCIALES Y DE LA EDUCACIÓN**

**Unibertsitate Masterra Bigarren Hezkuntzako Irakasletzan**  
**Máster Universitario de Profesorado de Educación**  
**Secundaria**

**Master Bukaerako Lana**

**Trabajo Fin de Máster**

**IBAI-EKOLOGIA ETA BIODIBERTSITATEAREN**  
**INGURUKO PRAKTIKA ESPERIMENTAL**  
**PROGRESIBOEN PROPOSAMENA BIGARREN**  
**HEZKUNTZARAKO**

**Ikaslea: Iker Munarriz Goñi**

**Zuzendaria: Maria Napal Fraile**

**Ikasturtea: 2022-2023**

**Espezialitatea: Biologia eta Geologia**



## LABURPENA

Lurreko ekosistemen biodibertsitateak, eta, bereziki, ibaietako ekosistemenak, funtsezko zeregina dute baliabide naturalen iraunkortasunean. Hala ere, ibai-ekosistemen biodibertsitatea hainbat faktorek mehatxatzen dute, esaterako kutsadura, baliabideen gehiegizko ustiapena, klima-aldaketa eta habitaten degradazioa. Beraz, garrantzitsua da ibai-ekosistemak eta haien biodibertsitatea babesteko neurriak hartzea, eta, horretarako, beharrezkoa da ingurumen-hezkuntza sustatzea eta trebetasun zientifikoak garatzea, prozesu ekologikoak eta biodibertsitatearen kontserbazioaren garrantzia ulertzeko.

Hori dela eta, Master Amaierako Lan honetan ibai-ekologiarekin eta haren biodibertsitatearekin lotutako, eta Bigarren Hezkuntza osorako planteaturiko praktika esperimentalen sekuentzia progresiboa proposatzen da. Ingurumen-hezkuntza sustatuz eta trebetasun zientifikoak progresiboki garatuz, etorkizuneko biztanleriak ibai-ekologiaren eta biodibertsitatearen defentsa beren esku hartzea sustatu nahi da. Praktika esperimental bakoitzak gai nagusia jorratuko du ikuspuntu desberdin batetik: izaki bizidunen identifikazioa eta sailkapena, faktore fisiko-kimikoak, makroorganogabe biodibertsitatea eta bioindikatzailatzat erabiltzeko ahalmena, makrofito eta algak bioindikatzailatzat erabiltzeko aukera eta kutsadura murrizteko landareen aplikazioa (bioerremediazioa), hurrenez hurren. Helburua gai nagusiaren inguruko ikuspegi globalago eta osatuago bat lortzea da. Izan ere, proposatzen diren gaitasun-lanketa eta ingurumen-kontserbazioaren baloreak oso garrantzitsuak dira etorkizuneko hiritar jasangarrien lorpenerako bidean.

**Hitz-gakoak:** ibai-ekologia; biodibertsitatea; jasangarritasuna; Bigarren Hezkuntza; praktika esperimental.

## RESUMEN

La biodiversidad de los ecosistemas terrestres, y en particular de los fluviales, juega un papel fundamental en la sostenibilidad de los recursos naturales. Sin embargo, la biodiversidad de los ecosistemas fluviales está amenazada por factores como la contaminación, la sobreexplotación de los recursos, el cambio climático y la degradación de los hábitats. Por tanto, es importante adoptar medidas para proteger los ecosistemas fluviales y su biodiversidad, para lo que es necesario fomentar la educación ambiental y desarrollar habilidades científicas para comprender los procesos ecológicos y la importancia de la conservación de la biodiversidad.

Por ello, en este Trabajo de Fin de Máster se propone una secuencia progresiva de prácticas experimentales relacionadas con la ecología fluvial y su biodiversidad, planteadas para toda la Educación Secundaria. Mediante el fomento de la educación ambiental y el desarrollo progresivo de las habilidades científicas, se pretende fomentar la participación de la futura población en la defensa de la ecología fluvial y la biodiversidad. Cada práctica experimental abordará el tema principal desde un punto de vista diferente: la identificación y clasificación de los seres vivos, los factores físico-químicos, la biodiversidad macroinvertebrada y la capacidad de su utilización como bioindicadores, la posibilidad de utilizar macrófitos y algas como bioindicadores, y la aplicación de plantas para reducir la contaminación (bioremediación), respectivamente. El objetivo es lograr una visión más global y completa del tema principal. Y es que el abordaje competencial y los valores de conservación ambiental que se proponen son muy importantes en el camino hacia la consecución de futuros ciudadanos sostenibles.

**Palabras clave:** ecología fluvial; biodiversidad; sostenibilidad; Educación Secundaria; prácticas experimentales.

## SUMMARY

The biodiversity of terrestrial ecosystems, and in particular of river ecosystems, plays a fundamental role in the sustainability of natural resources. However, the biodiversity of river ecosystems is threatened by factors such as pollution, overexploitation of resources, climate change and habitat degradation. It is therefore important to take measures to protect river ecosystems and their biodiversity, for which it is necessary to promote environmental education and develop scientific skills to understand ecological processes and the importance of biodiversity conservation.

For this reason, this End of Master's Work proposes a progressive sequence of experimental practices related to river ecology and its biodiversity, and proposed for the whole of Secondary Education. The promotion of environmental education and the progressive development of scientific skills are intended to encourage the future population to intervene in the defence of river ecology and biodiversity. Each experimental practice will address the main issue from a different perspective: identification and classification of living beings, physico-chemical factors, macroinvertebrate biodiversity and the ability to use them as bioindicators, the possibility of using macrophytes and algae as bioindicators, and the application of plants (bioreparation) to reduce pollution, respectively. The aim is to achieve a more global and comprehensive view of the main issue. Indeed, the proposed competency development and environmental conservation values are very important in the achievement of future sustainable citizens.

**Keywords:** river ecology; biodiversity; sustainability; Secondary Education; experimental practices

## RÉSUMÉ

La biodiversité des écosystèmes terrestres, et plus particulièrement des écosystèmes fluviaux, joue un rôle fondamental dans la durabilité des ressources naturelles. Toutefois, la biodiversité des écosystèmes fluviaux est menacée par des facteurs tels que la pollution, la surexploitation des ressources, le changement climatique et la dégradation des habitats. Il est donc important de prendre des mesures pour protéger les écosystèmes fluviaux et leur biodiversité, ce qui nécessite la promotion de l'éducation environnementale et le développement des compétences scientifiques pour comprendre les processus écologiques et l'importance de la conservation de la biodiversité.

C'est pourquoi ce Master Final propose une séquence progressive de pratiques expérimentales liées à l'écologie fluviale et à sa biodiversité, et proposées pour l'ensemble de l'enseignement secondaire. En encourageant l'éducation environnementale et en développant progressivement les compétences scientifiques, il s'agit de promouvoir l'intervention de la future population dans la défense de l'écologie fluviale et de la biodiversité. Chaque pratique expérimentale abordera le thème principal d'un point de vue différent: l'identification et la classification des êtres vivants, les facteurs physico-chimiques, la biodiversité macro-invertébrée et la capacité de les utiliser comme bioindicateurs, la possibilité d'utiliser les macrophytes et les algues comme bioindicateurs et l'application de plantes pour réduire la pollution (biocorrection), respectivement. L'objectif est de parvenir à une vision plus globale et plus complète du thème principal. En effet, le développement des compétences et les valeurs de conservation de l'environnement proposées jouent un rôle important dans la réalisation de futurs citoyens durables.

**Mots-clés :** écologie fluviale ; biodiversité ; durabilité ; Enseignement Secondaire ; pratiques expérimentales

## AURKIBIDEA

1. SARRERA.....	4
2. MARKO TEORIKOA.....	4
2.1 Ur-sistemen papera Nazio Batuen Garapen Iraunkorrerako Helburuen barne.....	4
2.2 Ur-sistemen eta ur-ekosistemetako biodibertsitatearen krisiaren testuingurua.....	6
2.3 Hiri-ibaien garrantzia ekologiko eta sozio-ekonomikoa, eta gaur egungo mehatxuak....	7
2.4 Ibai-ekosistemen eta ur-kalitatearen kontrolerako bioindikatzailen erabilpena.....	11
2.5 Natur Zientzien Didaktika eta ingurumen-hezkuntza: ur-sistemak eta ibai-ekosistemen biodibertsitatea.....	13
3. MARKO PRAKTIKOA.....	18
3.1 METODOLOGIA PRAKTIKOA.....	18
3.2 PRAKTIKA ESPERIMENTALAK.....	22
• <b>1. Praktika:</b> IZAKI BIZIDUNEN SAILKAPENA GAKO-DIKOTOMIKOEN BIDEZ.....	22
• <b>2. Praktika:</b> IBAIKO UR-KALITATEAREN ANALISIA FAKTORE FISIKO-KIMIKOEI ERREPARATUZ.....	33
• <b>3. Praktika:</b> IBAIKO UR-KALITATEAREN ANALISIA MAKROORNOGABEAK ADIERAZLETZAT ERABILIZ.....	43
• <b>4. Praktika:</b> IBAIKO UR-KALITATEAREN ANALISIA MAKROFITOAK ETA ALGAK ADIERAZLETZAT ERABILIZ.....	51
• <b>5. Praktika:</b> LANDAREEN BIDEZKO UREN BIOERREMEDIAZIOA, KUTSADURARI AURRE EGITEKO METODO NATURAL BAT.....	61
4. EZTABAIDA.....	69
5. BIBLIOGRAFIA.....	73



## **SARRERA**

2030 Agenda Nazio Batuen Erakundeak 2015ean onartutako ekintza globaleko plana da, pobrezia desagerraraztea, planeta babestea eta guztiontzako oparotasuna bermatzea helburu duena. 2030 Agendaren funtsezko zutabeetako bat baliabide naturalen iraunkortasuna da, horiek baitira gizarteen garapen ekonomiko, sozial eta ingurumenekoaren oinarria. Gaur egun munduak dituen arazo asko, hala nola klima-aldaketa eta biodibertsitatearen galera, baliabide naturalen ustiapen jasanezin baten ondorio izan dira.

Ildo horretan, lurreko ekosistemen biodibertsitateak, eta, bereziki, ibaietako ekosistemenak, funtsezko zeregina dute baliabide naturalen iraunkortasunean. Ibaiek eta horiei lotutako ekosistemek ura, elikagaiak eta giza bizitzarako materialak ematen dituzte, bai eta animalia- eta landare-espezie ugarietzako habitatak ere. Horrekin batera, klimaren erregulazio-prozesuan ere laguntzen dute.

Hala ere, ibai-ekosistemen biodibertsitatea hainbat faktorek mehatxatzen dute, esaterako kutsadura, baliabideen gehiegizko ustiapena, klima-aldaketa, presen eraikuntza eta habitataren degradazioa, besteak beste.

Beraz, garrantzitsua da ibai-ekosistemak eta haien biodibertsitatea babesteko eta kontserbatzeko neurriak hartzea, eta, horretarako, beharrezkoa da ingurumen-hezkuntza sustatzea eta trebetasun zientifikoak garatzea, prozesu ekologikoak eta biodibertsitatearen kontserbazioaren garrantzia ulertzeko. Horrela, oparotasuna bermatuko duen garapen iraunkorra lortu ahal izango da.

Laburbilduz, 2030 Agenda eta baliabide naturalen iraunkortasuna funtsezkoak dira giza ongizaterako eta ingurumena babesteko. Ibai-ekosistemen biodibertsitatea zaintzea zeregin horren funtsezko zati bat da, eta gizarteko sektore guztien konpromisoa eta lankidetzak eskatzen du.

Hori dela eta, master amaierako lan honetan ibai-ekologiarekin eta haren biodibertsitatearekin lotutako eta bigarren hezkuntza osorako planteaturiko praktika esperimental batzuen sekuentzia progresiboa proposatuko da, ekosistema horiek gizarte osoarentzat eta planetarentzat duten garrantzia oinarritik indartzearren. Hezkuntza da etorkizuneko gizarteak kontzientziatzeko eta sor daitezkeen arazoei erarik egokienean aurre egin ahal izateko modurik onena.

Esan bezala, proposaturiko praktika-sekuentziaren helburu nagusia, bigarren hezkuntza osoan zehar ibai-ekologiarekin erlazionatutako irakaskuntza-ikaskuntza prozesua indartzea izanen da; horrekin batera, ingurumen-hezkuntza sustatuz eta trebetasun zientifikoak progresiboki garatuz, etorkizuneko biztanleriak ibai-ekologiaren eta biodibertsitatearen defentsaren garrantzia hobeki ulertzea eta gerta daitezkeen arazoak beren esku hartzea ere espero da.

## **MARKO TEORIKOA**

### Ur-sistemen papera Nazio Batuen Garapen Iraunkorrerako Helburuen barne

Munduko biztanleria gero eta handiagoa eta baliabide natural mugatuak izanik, ezinbestekoa da modu iraunkorrean bizitzen ikastea. 1987an, Nazio Batuen Ingurumen eta Garapeneko Mundu Batzordeak honela definitu zuen garapen iraunkorra: “egungo beharrak asetzen dituen garapena, etorkizuneko belaunaldiak beren beharrianak asetzeko duten gaitasuna arriskuan jarri gabe” (WCED, 1987).

Ildo horri jarraituz, duela urte gutxi, Nazio Batuek Garapen Iraunkorreko hamazazpi Helburu (GJH) adostu zituzten 2015ean, garapen iraunkorrerako agenda unibertseko ezartzeko, planeta babestuz eta etorkizuneko belaunaldientzako baliabideak zainduz (Nazio Batuen Erakundea, 2018). Garapen iraunkorreko agenda horrek gobernuak, sektore pribatua, gizarte zibila eta gainerako herritarrak batzen ditu helburu komun baten inguruan, helburuei buruzko akordiotik hasi eta horien lorpenera arte.

Hori kontuan harturik, argi dago ura garapen iraunkorraren funtsezko zutabea dela. Hortaz, ur-sistemak paper protagonista du Nazio Batuen Erakundeak (2018) proposaturiko Garapen Jasangarrirako hamazazpi helburuetan (GJH) (1. Irudia). Oinarritzkoa da 6. helburuak eskatzen duena, “Uraren erabilgarritasuna eta kudeaketa jasangarria nahiz guztiontzako saneamendua bermatzea”, ur-kalitatea babestea, alegia.

Horrekin batera, “Lehorreko Bizitza” defendatzen duen 15. helburua erabat lotuta dago ur-kalitatearekin; helburu horrek, “lehorreko bizitza babestea, lehengoratztea eta modu jasangarrian erabili dadila sustatzea, basoak modu jasangarrian kudeatzea, basamortutzearen aurka borrokatzea, lurren degradazioa inbertitzea eta biodibertsitatearen galera gelditzea” bilatzen du, ur-ekosistemak eta bereziki ibaiak horretarako oinarri izanik.

Halaber, urak eta horrekin loturiko ur-ekosistemak elikagaiak (2. GJH) eta segurtasun energetikoa (7. GJH) ematen dituzte, gizakien eta ingurumenaren osasunean laguntzen dute (3. GJH) eta funtsezkoak dira manufaktura-industrietarako (9. GJH). Ur-baliabideen kudeaketa integratuak pobrezia (1. GJH) eta desberdintasuna (10. GJH) ekidin ditzazke, garapen ekonomikoa hobetu (8. GJH), hiri-inguruneak garatu (11. GJH) eta ekosistemak babestu (6. GJH ur gezarako, 14 itsas uretarako eta 15 lehorreko uretarako). Hala ere, klima-aldaketak (13. GJH), gehiegizko kutsadurak (6. eta 14. GJH) eta gehiegizko ustiapenak mehatxatutako ekosistemen iraunkortasuna zalantzan jartzen dute.



**1. Irudia.** Nazio Batuen Erakundeak (2018) proposaturiko Garapen Jasangarrirako hamazazpi helburuak.

Horregatik beharrezkoa da uraren kalitatearen nariadura eta ur-eskasia murriztea, eta baita urarekin lotutako gatazkak saihestea ere (16. GJH), kontsumoa eta ekoizpena arautuz (12. GJH) etorkizuneko belaunaldientzat. Gainera, uraren sektorea ekonomia nazionalaren alderdi guztiekin erlazionaturik egonda, koherentzia politikoa funtsezkoa da sinergia bermatzeko.

## Ur-sistemen eta ur-ekosistemetako biodibertsitatearen krisiaren testuingurua

Hala ere, mundu osoko 40 ikertzailek baino gehiagok egindako eta *Earth Comission*-ek bultzatutako argitalpenaren arabera (Rockström et al., 2023), giza bizitzaren mende dauden zortzi sistemetatik zazpi gainditu dituzte pertsonen bizitzarako osasun eta justizia arazoak dakartzaten muga fisikoak. Sistema horiek honako hauek dira: klima, osotasun funtzionala, aldatu gabeko ekosistema naturalak, azaleko ura, lurpeko ur-masak, fosforo bidezko kutsadura eta ekosistemetako gehiegizko nitrato kontzentrazioak.

Baliabide hidrikoei dagokienez, ikertzaileek uste dute, uraren erabilgarritasuna bermatzeko eta biodibertsitatearen galera saihesteko, ibaiak emarien % 20ko aldaketa izan behar dutela gehienez. Oro har, ordea, ibai-korronteen % 66k bakarrik betetzen dute arau hori. Akuiferoei dagokienez, argitalpenak zehazten du planetako lurpeko ur masen % 47 gainbeheran daudela (Rockström et al., 2023).

Beraz, ur-ekosistemak eta ur-erabilgarritasuna bermatzeko oraindik esfortzu handiagoak egin behar dira mundu mailan. Ur-gezarekin lotutako ekosistemak honela defini daitezke: "landare-, animalia- eta mikroorganismo-komunitateen konplexu dinamiko bat, eta ingurune ez-bizia, ur korrontearen edo geldoaren presentzia nagusi duena, unitate funtzional gisa elkarreragiten dutenak" (Dickens eta McCartney, 2019; Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005).

Espezifikoki GJHen 6.6 xedeak urarekin lotutako ekosistemak babestea eta lehengoratzea du helburu, eta 6.6.1 adierazlea barne hartzen du, ur-gezarekin lotutako ekosistema mota desberdinen monitorizazioaren inguruan kokatzen dena, aintzirak, ibaiak, hezeguneak, lurpeko urak eta urtegiak bezalako ur-masa artifizialak barne.

Aitzitik, Nazioarteko eta gobernu arteko plataforma zientifiko-politikoek, finantzaketa-erakundeek eta ekimen filantropiko nagusiek oraindik ere ez diote ur-gezako biodibertsitateari dagokion lekua ematen biodibertsitateari, klimari eta sozioekonomiari buruzko munduko foroetan (Darwall et al., 2018; Heino et al., 2021; Tickner et al., 2020).

Uraren iraunkortasunak adierazten du ura eskuragarri egon behar dela gaur egungo eta etorkizuneko belaunaldietan, kontsumorako, nekazaritzarako eta bestelako jarduera ekonomikoetarako. Aldi berean, ekosistemen osasuna zaindu behar dela bidezkoa da. Argi dago ur-geza funtsezkoa dela gizartea eta ekonomia babesteko. Ur-ekosistemak, hala nola hezeguneak, ibaiak, akuiferoak eta lakuak ezinbestekoak dira Lurreko bizitzarako. Ur-gezarekin lotutako ekosistemak ere ezinbestekoak dira zuzenean hainbat onura eta zerbitzu bermatzeko; adibide batzuk jartze arren, edateko ura eta aisialdia, nekazaritza eta energia, uretako bizimoduetarako habitatak, eta ura garbitzeko eta klima-aldaketari aurre egiteko irtenbide naturalak.

Horren aurrean, urak mehatxu handiei egin behar die aurre bere kalitaterako, erabilgarritasunerako eta iraunkortasunerako. Mehatxu batzuek eragin handiagoa izan dezakete, baina guztiek arriskuan jartzen dute baliabide hidrikoen jasangarritasuna.

Faktore sozioekonomikoek eta politikoek eragindako mehatxurik garrantzitsuena uraren kutsadura da. UNEP-k (2017) hiru krisi planetarioetako bat izendatu du kutsadura, ingurumenaren, osasunaren eta giza ongizatearen gainean duen eraginagatik. Ur-ekosistemetan duen inpaktua izugarria da; tratatu gabeko hondakin-urak eta industria-efluenteak ur-korronteetan isurtzearen, plastikoak ur-korronteetan eta ozeanoetan pilatzearen, produktu kimiko zein antibiotikoen isurtzearen eta hondakinak ezabatzean sortzen diren kutsadura masiboaren ondorioz, besteak beste.

Kutsadura ekosistemak beren atalasetaraino bultzatzen ari da, ezin baitira beren kabuz lehengoratu edo arautu, eta horrek uraren-kalitatearen eta eskuragarritasunaren degradazioa bizkortzen du (WWAP, 2015). Uretako baliabideen gehiegizko giza-ustiapena baliabide horien eskuragarritasunaren eta kalitatearen gainbehera bizkortzen ari da.

Horrez gain, ur-gezetako ekosistemen biodibertsitatea kaltetzen duten mehatxu nagusien barruan aurkitu daitezke gainustiaketa, uren poluzioa, fragmentazioa, habitaten suntsipena edo degradazioa, eta kanpoko espezieen inbasioa. Gainera, ibaiaren ubide naturala aldatzen duten gizakiek eraikituriko presek, lur erabilera kaltegarri eta deskontrolatuek (batez ere, nekazaritza, abeltzaintza eta hirigintza intentsiboarekin loturikoak), eta gizakiak buruturiko ur-biltegiak ere aldaketa sakonak eragin dituzte gehienbat komunitate lotikoetan.

Horrekin batera, gizakiaren esku hartzearen ondorioz espezie inbaditzaileak ur-ingurune berrietan sartzeak, ondorio suntsitzaileak eragiten ditu biota autoktonoan, bai itsas habitatetan, bai ibai-habitatetan (Crook et al., 2015).

Bestalde, klima-aldaketak eta klima-aldakortasunak gero eta eragin handiagoa dute ur-baliabideetan. Prezipitazioen aldaketak, giro- eta ur-tenperaturak (Woolway et al., 2020), uholdeak, lehortekak eta ekaitzak eragiten dituzten muturreko fenomeno meteorologikoez (Crook et al., 2015), bai eta karbono dioxidoaren xurgapena areagotzearen ondorioz emandako ozeanoen azidotzeak, uraren-kalitatean gertatzen diren narriadurak okertzen dituzte (Nazio Batuen Ingurumenerako Programa [UNEP], 2017). Klima-aldaketaren arazoa eta ur-erreserben arazoak zuzenki lotuta eta elkarreraginda daude, batak bestea areagotu egiten du.

Ur-gezetako ekosistemek gizarteari onura eta zerbitzu oso garrantzitsuak eskaintzen dizkiete arren, asaldura gehien pairatu duten ekosistemen artean topatu daitezke, biodibertsitate baloreei begira galerak oso bortitzak izan direlarik.

Hori guztiagatik, biodibertsitatea inoiz baino gehiago murrizten ari da gaur egun, aurrekarik gabeko txikitze-erratioak neurtzen ari direlarik (IPBES, 2019). "Planeta Bizia"-ren azken txostenaren arabera (WWF, 2020), batezbesteko %84-ko murrizketak behatu dira ur-gezako ornodunen 944 espezie ordezkatzeko dituzten 3741 populazio kontrolatuen abundantzia baloreetan (azken 50 urteetan soilik). Hala eta guztiz ere, ur-gezako biodibertsitatearen ikerketak eta kontserbazioak ez dute behar besteko lehentasunik jaso.

Ur-gezako biodibertsitatea babesteko eta berreskuratzeko, testuinguru sozial, kultural eta ekonomikoa kontuan hartzen duten kontserbazio-estrategiak diseinatzea beharrezkoa da. Horrekin lotuta, nahitaezkoa da ur-gezako biodibertsitatearen eta arro horien giza erabileraren artean sortzen diren gatazkak konpontzeko irtenbideak bilatzea, ikuspegi sozioekologikoez sustatuz, ezagutzak hedatuz eta praktika kulturalak zein sozialek integratuz (Chambers et al., 2021; Norström et al., 2020). Helburu ekologiko, ekonomiko eta sozialen arteko konpentsazio bilatzearen, tokiko komunitateak, zientzialariak eta arduradun politikoak sakonki inplikatu behar dira ur-gezako biodibertsitatea babesteko, kudeaketa-estrategia eta neurri egokigarrien garapenean oinarrituta.

### Hiri-ibaien garrantzia ekologiko eta sozio-ekonomikoa, eta gaur egungo mehatxuak

Hiri-ibaiak ekosistema konplexu eta dinamikoak dira, non ura, flora eta fauna ingurumenaren orekan eta funtzionaltasunean garrantzi handia duten baliabideak diren. Ur-gorputz horiek lehentasunezko habitat gisa hartu beharko liriteke gizartearen birsortzeko, natura eta biodibertsitatea babesteko, klima-aldaketaren kontrolerako eta, batez ere, biztanleriari mehatxu naturalen aurrean

segurtasuna emateko (Vidal eta Romero, 2010); esaterako, uholdeak eta klima-aldaketaren ondorioak leuntzeko erabilgarriak izan daitezke.

Uraren kalitatea (hots, bere propietate kimikoak eta termikoak) emariaren kantitatea eta denborazko ereduak bezain garrantzitsua da (Nilsson eta Renöfält, 2008; Olden eta Naiman, 2010). Halaber, ibaien eta estuarioen jarraitutasuna eta ur-gezako emariekiko elkarrekiko mendekotasuna nabarmena da, eta lotura esplizitua ezartzen du ingurumen-emarien, ibaietako eta estuarioetako ekosistemen eta haien mendeko gizarteen bizibideen eta ongizatearen artean.

Hiri-ibaiak onura ekologiko ugari eskaintzen dituzte, hirien gizarte-ongizatea eta garapen ekonomikoa lortzeaz gain, gizarteari segurtasuna ematen diote mehatxu naturalen aurrean, hala nola uholdeak, jariatze-uren kontrola eta, bereziki, klima-aldaketaren ondorioak. Ibai horiek lehentasunezko habitat gisa hartu beharko liriteke gizartea birsortzeko, zein natura eta biodibertsitatearen babesan.

Ibai-hirien hiri-morfologiak ibaiari zor zaizkio; izan ere, ibaiak definitzen ditu ur-gordien aurkako defentsa-lerroak eta zubien bidezko komunikazioen zati handi bat. Kokalekua edozein dela ere, hiri osoa ibaiaren mende dago neurri handiagoan edo txikiagoan, hornitzeko, elikatzeko, energiarako, garraiorako edo hondakinak husteko batik bat.

Horrez gain, ibaiak korridore biologiko gisa jardun dute beti, eta hirien kasuan, hiriarteko korridore bihurtzen dira. Hiriarteko Korridore Biologiko gisa definitzen da paisaien, ekosistemen, habitat eraldatuen edo naturalen arteko lotura ematen duen lurralde-eremua. Korridore horiek zerbitzu ekosistemikoak eskaintzen dituzte, ura eta elikagaiak lortzea esatearren; gainera, uholdeak eta lehorteak erregulatzen dituzte, uraren-kalitatea erregulatzen dute, lurra egonkortasuna kontrolatzen dute eta karbono atmosferikoa bahitzen laguntzen dute (Polo, 2014). Horrez gain, faunaren errepide edo bide gisa funtzionatzen dute, hirian dagoen masa handi baten barruan. Eremu horietan, fauna babesa eta elikadura lehengaiak eskura ditu, eta horri esker, finkatu eta ugaltu egin daitezke (Feoli, 2013; Torres, 2014).

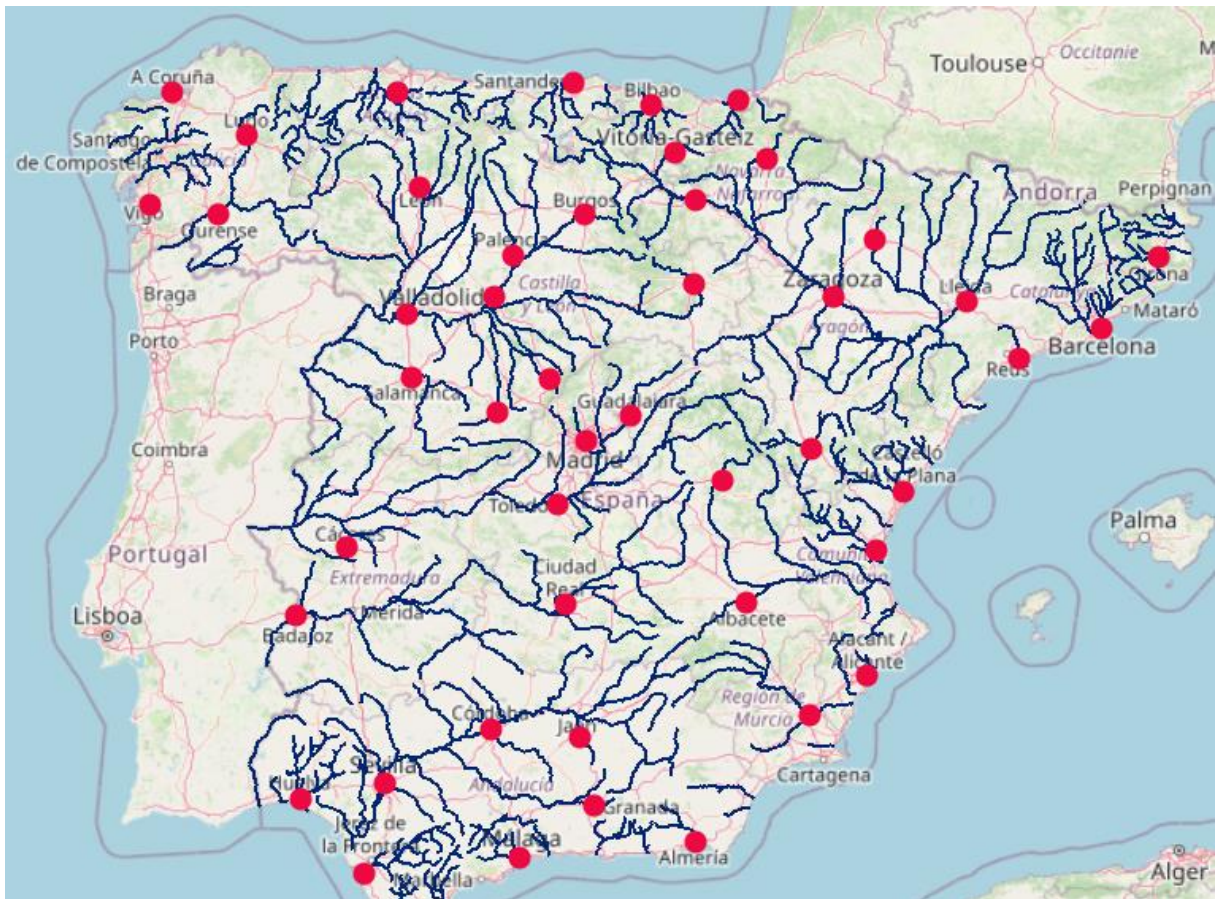
Gainera, ur-gezako ekosistemek elikagaien munduko ekoizpenaren euskarri dira, artisa- eta merkataritza-arrantza, akuikultura, alubioi-lautadetako erregresio-nekazaritza eta artzaintza-abeltzaintzaren oinarria baitira (Postel eta Mastny, 2005; Welcomme et al., 2006a; Sala et al., 2008).

Planetako hiri-aglomerazio handiak, Shanghai, Karachi, New York, Kairo, etab. ibaietatik sortu dira, baita Europako hiri handienak ere, hala nola Londres, Paris, Erroma edo Lisboa. Iberiar Penintsulan, klimaren eta geologiaren ezaugarriek ibai-sare trinkoa osatu dute, eta horrek populazio-sistema egituratu du historikoki. Penintsulako Espainiari dagokionez, probintzia-hiriburuen %81 ibai-hiriak dira (Cuello eta García, 2019) (2. Irudia). Gainera, 20.000 biztanletik gorako herrien erdiak ibai batean edo oso gertu bizi dira. Gizartearen hazkundeak eta ibaien inguruan hiriguneak, nekazaritzarako larreak eta industria zonaldeak eraiki izanak, ibaietako uretan kutsatzaileen isurketen emendioa ekarri dute (Owa, 2014).

Ur-gezetarako bost mehatxu-kategoria nagusi daude: gehiegizko ustiapena, uraren kutsadura, habitataren zatiketa, habitat suntsiketa edo degradazioa eta espezie ez-autoktonoen inbasioa (Malmqvist eta Rundle, 2002; Dudgeon et al., 2006); horiek guztiak erlazionatuta daude eta areagotu egiten dira ibai-emarien eta ubideen aldaketagatik, eta hezeguneetako uholde-erregimenengatik.

Hiriguneak hedatzen hasi zirenetik, ingurumen-arazoak nabarmenagoak izan dira, ibaiak ur-beltzen, hondakin kimikoen eta tratatu gabeko solidoen hartzaile bihurtuz, ekosistemaren ingurumen-kalitatea kaltetuz eta gizakien osasunari eraginez (Dourojeanni eta Jouravlev, 1999). Ingurune

urtarrera eginiko sedimentuen, hondakinen eta ur-beltzen isurketek arazo larriak eragin ditzakete ibai-ekosisteman. Horien artean nagusiak, uhertasuna, sedimentazioa eta uraren kutsadura dira. Horiek produktibitate biologikoari eragiten diote, elikagaiak eta uretako faunarentzako babeslekua murrizten dituzte, eta aldi berean, zenbait espezieren potentzial biologikoa murrizten dute (Navarro, 2002; Navarro et al., 2006).



**2. Irudia.** Iberiar Penintsulako mapa, non ibai nagusiak irudikaturik dauden (urdinez) probintzietako hiriburuekin batera (puntu gorriak); nik sortua.

Ur-gorputzen kutsadurak, ibaia animalien eta gizakien artean transmititu daitezkeen gaixotasunen foku gisa funtzionatzea areagotzen du, zoonosi gisa ezagutzen dena (Friend eta Franson, 2001). Gaixotasun horiek hartzen dituzten animalia-espezieei ez ezik, inguruko gizakiei ere eragin diezaieke. Adibidez, badira jatorri biologikoko (koleraren birusa) eta parasitologikoko (giardiasia, esaterako) gaixotasunak, materia fekalez kutsatutako uretan jatorria dutenak (Solarte et al., 2006).

Gainera, giza-jarduerak aldaketak eragiten ditu ibai-habitategian eta erregimen hidrológicoan; besteak beste, eraldatutako eta estaldurarik gabeko lurretan euriak iragazteko naturak duen ahalmena murriztu da, uholdeak pairatzeko arriskuak nabarmenduz (Navarro et al., 2006).

Giza-jardueraren ondoriozko ibai ubidearen eta ur-emariaren aldaketek, sedimentu-isurketek eta erregimen termikoek elkarrengaitzatzen dute ur-gezako ekosistemen dibertsitate biologikoa eta osotasun ekologikoa murrizteko; beraz, gizakiek berek gehien baloratzen dituzten propietate eta zerbitzu ekologikoak degradatzen dituzte.

Lurraren sistema hidrologikoko ur-gezan beha daitezkeen aldaketak ugaritzen ari dira eskualde askotan. Giza populazioaren hazkundera, industria-garapena, ur-ekaskia eta klima-aldaketari lotutako prezipitazioen eta isurketen erregimenen aldaketak dira horren faktore bultzatzaile nagusiak. Litekeena da ura kudeatzeko gaur egungo jardunbideak jada egokiak ez izatea mundu beroago eta jendetsuago bateko emari-erregimen aurreikusiezinenaren testuinguruan (Vörösmarty et al., 2004; Alcamo et al., 2008; Milly et al., 2008; Palmer et al., 2008).

Hiriaren hazkunderari historikoki ibaiaren narriadurak jarraitu dio, kasu batzuetan suntsitu arte, oso gutxitan aitortutako zerbitzuen truke (Bermudez et al., 2016). Hiria ibaiaren kontura dago, eta ibaiak existitzen jarraitu behar du, hiria gorabehera, eta horrek paradigma aldatzea eskatzen du hiriaren eta ibai-sistemaren arteko harremanetan; uraren eta ibai-espazioen kudeaketak, biodibertsitateak, arrisku meteorologikoen eta ibaiaren ondareak norabide berria zuzendu behar dute (Ollero, 2012).

Horren harira, ibai naturaletan edo lehengoratzeko proiektuak burutzen diren ibaietan behatu daitezkeen "ingurumen-emariak" balio ekologiko eta sozial asko mantendu dituzte. Horren mesedetan, ibaiak babestu eta lehengoratzearen arrakasta eredu hidrologikoen, ibai-perturbazioen eta ibaien eta uholde-lautaden erantzun ekologikoen arteko harremanak zehaztasunez ulertu eta modelatzearen mende dago.

Horretarako, hiriak bere ibai-errealitatea eta mendekotasuna ulertu eta horretaz jabetu behar du. Ibaiek ikusgarriak izan behar dute, protagonista, herritarrek bizitza- eta kultura-eramailatzat har ditzaten, eta horrek kontraste handia egiten du biztanle gehienek beren ibaiez eta dinamikez duten ustiapen- eta nagusitasun-ikusmoldearekin konparatuz gero (Cuello, 2018).

Aintzira, hezegune eta ibaietako ur-gezak hainbat bizimodu-eratako izaki bizidunak dituzten ekosistemak baimentzen ditu, zeinak urarekin batera, mundu osoko gizarteentzat garrantzi kritikoa duten ondasunak eta zerbitzuak eskaintzen dituzte (Postel eta Carpenter, 1997; MEA, 2005). Egunero ur-geza garbiaren hornidura funtsezkoa da gizaki guztientzat. Herrialde garatuetan, ur-gezako ekosistemak dira biztanleentzako ur-iturria. Ondorioz, oso garrantzitsua da ekosistema horien kontserbazioa eta ur-kalitatearen kontrol jarraiak bultzatzea, eta baita ekosistema horietako biodibertsitatea ere.

Nahiz eta eskuarki zuhaitzen eta landareen parte-hartzea baso handietan aitortzen dugun, ibai-ekosistemako ingeniari ikaragarriak ere badira (Gurnell, 2014). Erraza da ohartzea ibai gehienak korridore berdez inguratuta daudela, ibaiertzeko basoak izenez ezagutzen direnak. Gainera, ibilguaren ohandeak adabaki berde ugari ditu, uretako landareak daudelako. Hala ere, elementu horiek ez dira paisaia-elementuak bakarrik, biodibertsitatearako eta bilakaera morfodinamikorako funtsezko eragileak ere badira. Espezie horiek energia-barreiatzaile gisa jarduten dute ur-goraldietan, fluxuaren abiadura murriztuz eta ibaiertzak indartuz balizko lur-jausien aurrean. Horrez gain, itzal-maila handiak ematen dituzte, eta horrek uraren tenperatura erregulatzen eta oxigeno-maila osasungarriak mantentzen laguntzen du. Azkenik, hainbat hegazi eta ugaztun espezierentzako babesleku ezin hobea dira. Uretako landareak ere arrain eta makroornogabe askoren elikagai nagusia dira, espezie askorentzat babesleku edota desobea izateaz gain.

Ibai-sisteman dagoen heterogeneotasun espazial handiak aukera ematen du arrainez gain animalia ugari batera bizitzeko: hegaziak, ugaztunak, anfibioak, narrastiak eta makroornogabeak. Espezie horietako bakoitzak, bere behar biologikoen arabera, ibaiaren sekzio bakoitza bere habitat bihurtzen du.

Ibaiertzak, lehorreko eta uretako bizitzaren arteko trantsizio-espazioa, leku ezin hobeak dira uretako espezieez (adibidez, martin arrantzalea, ahateak eta igarabak) elikatzen diren hegazti eta ugaztunentzat.

Fluxuan anfibioen eta arrainen dibertsitatea aurkitzen dugu, ibilguaren sekzio desberdinetan bizi direnak, korrontearen abiadura-mailaren, uhertasunaren eta tenperaturaren, substratuaren ezaugarrien eta uretako landareen presentziaren arabera. Izaki bizidunek beren denbora-premien arabera aukeratuko dute espazio horietako bakoitza, eta honako hauek izan daitezke: elikagaiak bilatzea, harraparien aurkako babesa, desobea, atsedena eta aisialdia. Beraz, ibai osasungarri baten ezaugarri nagusia espazio heterogeneoak egotea da, bai substratuaren ezaugarrietan, bai ur-landareen banaketa eta barietatean, bai korrontearen ezaugarri fisiko-kimikoetan.

Azkenik, ekosistema lotikoetako substratuan makroornogabeak bizi dira, bizkarrezurrik gabeko organismo txikiak (zizareak, moluskuak, krustazeoak, akaroak eta intsektuak). Makroornogabeak mantengaien fluxu handia eta harraparien aurrean babesa eskaintzen dieten espazioei atxikitzen zaizkie, eta substratua leku ezin hobe da.

Azkenik, makroornogabeak zein landare urtarrak mugikortasun murriztua dutenez, organismo horiek ezin dira migratu ingurumen-baldintzak hondatzen direnean, eta, ondorioz, haien presentzia ekosistemaren osasun osoaren adierazle gisa interpretatzen da (Husain eta Pandit, 2012).

#### Ibai-ekosistemen eta ur-kalitatearen kontrolerako bioindikatzailen erabilpena

Ur-gezako eta ibai-ekosistemako biodibertsitateak, bertan aurki daitezkeen gene, populazio, espezie, komunitate eta ekosistema guztiak barne hartzen ditu, guzti horiek biziraupenerako eta giza-ongizaterako funtsezkoak diren oinarrizko ekosistema-zerbitzuak eskaintzen dituztelarik (Dudgeon et al., 2006).

Esan bezala, giza-jarduerak erabat aldatu ditu ingurunekeo paisaiak, horiek homogeneousagoak eta aldaketen aurrean sentikorragoak bihurtuz,  $\beta$ -biodibertsitate balioak ere murriztu direlarik (Elosegi et al., 2010). Aldaketa horien adibide dira agrikultura zonaldeetan buruturiko deforestazioak eta larre-eremuetako birlandatze selektiboak (Baldi eta Paruelo, 2008).

Askotan, zaila da giza-jarduera guztien artetik ibai-ekoisteman eragin bortitza duena zein den zehaztea, gehienetan kalte-faktorea multifaktoriala izaten baita (UNEP, 2007). Horren ondorioz, komunitate-biologikoak berreskuratzeko behar diren denbora-tarteak zabalak dira, ur-kalitate ona berreskuratzetik baino haratago luzatzen direnak. Beraz, ibai-ekosistemen eta ur-kalitatearen inguruko kontrol jarraituak burutzea da onena, arazo larriagoen ekidite-prozesuan.

Naturako prozesu biogeokimikoek eta biotako komunitate akuatikoen biodibertsitateak, ur-gezaren kantitatea zein kalitatea zehazten dute. Aitzitik, ur-baliabideak kudeatzen dituzten komunitateak eta instituzio politikoek ez dituzte behar bezala aintzatesten eta baloratzen, planetako ur-gezako baliabideen degradazio orokorrak erakusten duen bezala (Nilsson et al., 2005; Tockner et al., 2008).

Ur-ekoisteman, kutsadurak (jatorria organikoa zein ez-organikoa izan) uretan hainbat aldaketa fisiko-kimiko desberdin eragiten ditu (tenperaturan, oxigeno-mailan, nitrato kontzentrazioetan, pH mailan, fosfato kontzentrazioetan, materia organiko disolbatuan, eta metal astunen kontzentrazioetan, besteak beste), zeinak bizidunen komunitateen egituran eta distribuzioan eragina zuzena duten (Roldán, 1992). Organismo akuatikoetan, noizbehinka gertatzen diren isurketa



toxikoen efektua (bai naturalak zein antropikoak) erantzun indibidualetatik (biokimiko nahiz fisiologikoak), populazio-, komunitate- eta ekosistema-erantzunetara hedatzen da denboran; hortaz, organismoetan beha daitezkeen aldaketen magnitudea nabarmenki emendatzen da, kutsaduraren iraunkortasuna, ur-sistemako hasierako baldintzen asaldura eta kutsatzaileen intentsitatea eta izaera ere kontuan hartu behar delarik (Pinilla, 2000).

Hortaz, jarduera antropogenikoek ekosisteman duten eragina zehazteko, bioindikatzailleak erabiltzea askotan proposatu izan da; izan ere, duten azterketa-erraztasunagatik, informazio eraginkorra ematen dute epe laburrean, kontserbaziorako eta kutsadura kontrolatzeko ekintzak proposatzeko aukera ere eskeiniz (Isasi-Catalá, 2011).

Bioindikatzailleen erabilpena espezie jakinen presentzia edo ausentziarekin lotzen da, zeinak ur-sistemako baldintza kualitatiboekin harreman duta dauden. Beraz, behin ur-ekosistema ezagututa eta karakterizatuta egon, indibiduo jakinen presentziak eta horien proportzioek, ur-baldintzen inguruko informazio zuzena eta zorrotza helarazten dute, sustantzia kutsatzaileen kontzentrazio probableak barne. Bioindikatzailleak erabiltzean aztertzen diren hiru faktore nagusiak hurrengoak izaten ohi dira: populazio-egitura eta antolamenduaren aldaketak, sustantzia edo baldintza espezifikoek loturiko espezieen agerpena edo proliferazioa eta hasierako populazio osoaren edo proportzio baten desagerpen graduala (Montejano et al., 1999).

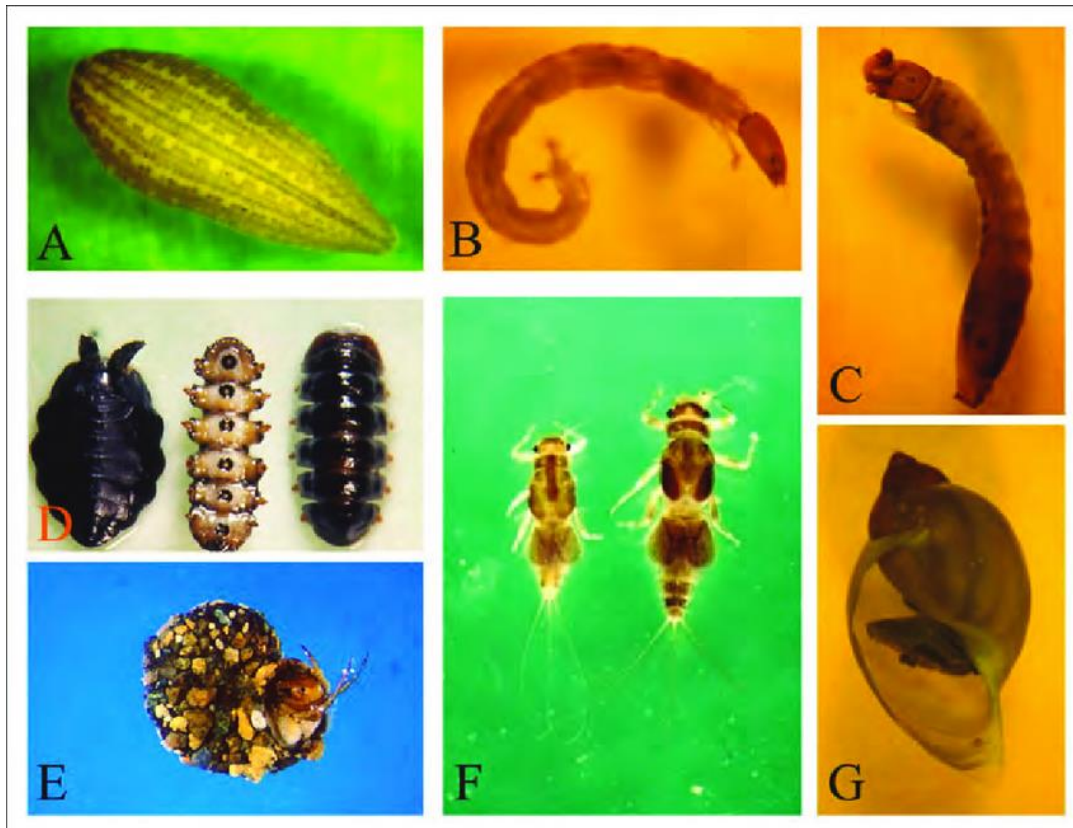
Horrekin lotuta, gehien erabiltzen diren bioindikatzailleak organismo makroskopikoak izaten ohi dira, mugikortasun txikikoak eta distribuzio zabalakoak. Era berean, informazio zehatzena eta ahalik eta era azkarrean lortzeko, organismo horiek bestelako ezaugarri berezi batzuk ere izan behar dituzte; hala nola, biltzeko eta kuantifikatzeko errazak izatea, efektu espezifikoekin harreman duta egotea, eta horien inguruko informazio biologiko eta ekologiko nahikoa existitzea.

Kutsatzaileek ingurune baldintzetan eragindako aldaketa horiek hautematen espezialistak dira makroornogabeak (3. Irudia). Haien biziraupen eta ugaltze bizi-baldintza egokien aldaketek populazioen eta dibertsitatearen gorabeherak eragiten dituztenez, ibaien kutsaduraren neurketan oso erabiliak dira (Prat et al., 2013).

Era berean, landareak bioindikatzaille ekologikotzat kontsideratzeko beharrezkoak diren ezaugarriak zehazten dituzten ikerketa ugari daude (Costa eta Liss, 1999; Schiewer eta Wong, 2000). Horien bizi-ziklo laburrak epe laburreko inpaktuak aztertzeko egokiak egiten dituzte; substratuetara fixatzeko joerak, ur-konposizioan eman daitezkeen aldaketa fisiko-kimikoengatik zuzenean erasanak izatea eragiten du; ekoizle primarioak diren heinean, organismo heterotrofo askorentzat kutsakorrek ez diren konposatu askoren aurrean sentsibleak dira; laginduak izateko zailtasuna txikiagoa da (Wilcox et al., 1998).

Algak ere oso bioindikatzaille onak dira inpaktu antropologikoen aurrean, batez ere mantenugai eta substantzia toxiko kontzentrazio handien pean, ur-kalitatearen aldaketei erreparatzeko indikatzaile hobezinak bihurtzen direlarik (Wang eta Lewis, 1997).

Geomorfologia aztertzea ere ezinbestekoa da ibaiko biodibertsitatea eta ekosistemaren funtzionamendua ikertzerakoan, izan ere, ibai-kanalaren ezaugarriak biotarentzat habitata anitz sortu ditzazke eta gainera, ibai-kanala ekosistema-prozesu askoren testuinguru fisikoa ere bada. Giza-jarduerak asko eralda dezake ibai-kanalaren morfologia eta beraz, bizidunetan duen efektua handia izan daiteke. Horren barruan hartzen dira urbanizazio-prozesuak, ur-korrontearen kontrol-lanak, ibaiartzeko landarediaren eta basoen suntsipena, agrikulturara eta nekazaritzara bideraturiko lur-erabilpenak eta arrantza.



**3. Irudia.** Makroornogabe akuatikoen adibideak. A) Glossiphoniidae (Annelida: Hirudinea); B) Chironomidae: Tanypodinae (Insecta: Diptera); C) *Simulium* sp. (Insecta: Diptera: Simuliidae); D) Blepharoceridae (Insecta: Diptera); E) *Helicopsyche* sp. (Insecta: Trichoptera; Helicopsychidae); F) *Caenis* sp. (Insecta: Ephemeroptera: Caenidae); G) *Physa* sp. (Mollusca: Gasteropoda: Physidae). Iturria: Zúñiga, 2009.

### Natur Zientzien Didaktika eta garapen jasangarrirako hezkuntza: ur-sistemak eta ibai-ekosistemen biodibertsitatea

Planetako ingurumen-arazoen artean, ur-gutxiegitasuna, ekitaterik gabeko ur-sarbidea eta uraren kalitatearen galera dira gizartearen kezka nagusietako bat, zuzenean eragiten baitie izaki bizidun guztiei. Hezkuntza, Zientzia eta Kulturarako Nazio Batuen Erakundeak (UNESCO, 2019) baieztatu duenez, ur-baliabidearen munduko eskariak hazten jarraituko du, urtean %1, 2050. urtera arte. Hau da, uraren erabilera-maila egungoa baino %20-30 handiagoa izanen da. Krisi honen ondorioek giza talde ahulenen bizi-kalitatea kaltetuko dute, baita haien biziraupena zalantzan jartzeko mailara arte ere. Dokumentu horretan bertan ohartarazten da uraren krisiak arriskuan jartzen duela Garapen Jasangarriko Helburuak (GJH) betetzea, bereziki 6. helburua, uraren eskuragarritasuna eta kudeaketa iraunkorra eta guztiontzako saneamendua bermatzeko beharrari buruzkoa alegia (Nazio Batuen Erakunde, 2018).

Maila globalean, uraren krisiak arrazoi ugari ditu, besteak beste, baliabidearen kudeaketa eskasa, munduko biztanleriaren segmentu baten erabilera desegokia eta aldaketa klimatikoak planetako ur-zikloaren dinamikan eragiten dituen inpaktuak. Egoera horren aurrean, uraren kudeaketa publiko eta parte-hartzaileko eredu bat hartu behar da, ura baliabide ekonomiko soilari buruzko kontzepzioa gaindituz, aktibo eko-sozialtzat hartuko dena (Pérez, 2015).

Horren aurrean, garapen jasangarrirako hezkuntza (UNESCO, 2019) gizarteak eskatzen dituen aldaketen sustatzaile gisa hartu behar da. Horrek berekin dakar baliabide naturalen kontserbazioa pedagogikoki bultzatzen duen ikuspegi tradizionaletik, gizakiarentzako proiektu gogoetatsu, konplexu, dinamiko eta iraunkorrera igarotzea (Núñez et al., 2014). Horrek esan nahi du gizartea ahalduntzera bideratu behar dela, denboran bizi-kalitate iraunkorra bermatzeko; norbanakoa hezteko eta tresna politikoak, sozialak, ekonomikoak, espiritualak, juridikoak eta kulturalak emateko premisaren pean, ingurunearekin bat datorren existentzia baten mesedetan lan egin behar da.

Gaur egun, garapen jasangarrirako hezkuntza hezkuntza formaletik eta instituzionaletik haratago doa. Herritar guztiei zuzentzen zaie, jarrera ekimenetik ez ezik, ekintza komunitatera ere zabaltzeko, ezagutza eta gaitasun integralak eta sozialak eskuratzeko eta ingurumena babesteko.

Hala ere, hainbat arrazoi direla eta, ur-gezako ikerketetan eta kontserbazioan egiten diren diru-inbertsioak, lur-ekosisteman zein itsas-ekosisteman egiten direnak baino askoz arinagoak dira (Maasri et al., 2021).

Ibaiei kudeaketa gai eztabaidagarria da gure herrialdean, eta gai horiek, hala nola arroen arteko ur-isuraldatzeak, urtegien eraikuntza, ur-gainezkatzeak eta abar, polemika sortzen dute gizartean. Horrekin batera, ur-gezako biodibertsitatea drastikoki eta era kezkagarri batean murrizten ari da; egoera horren aurrean, eskura dauden errekurtsio guztiak martxan jarri behar dira, horien artean, ingurumen-hezkuntza eta garapen jasangarrirako hezkuntza ere aurkitzen direlarik.

Horri jarraituz, biodibertsitateak, hau da, espezie bakoitzaren barruko aldakortasuna eta espezieen eta ekosistemen arteko dibertsitatea barne hartzen dituen organismo bizidunen aldakortasunak, bizirauteko funtsezko elementuak ematen dizkie gizakiei. Horrekin lotuta, ekosistemen, paisaien, espezieen eta biodibertsitatearen gainerako alderdien balioa aitortzea gizarte eta komunitate guztien esku dago, eta, batzuetan, horrekin nahikoa da kontserbazioa eta erabilera iraunkorra bermatzeko (TEEB, 2010).

Gizartea pixkanaka jabetuz joan da natura-ondarearen narriadurari galga jartzearen garrantziaz, baina ingurumen-erronka horren oztopoetako bat ekosistemen eta espezieen kontserbazio-egoerari buruzko ezagutza orokorrik eza da. Horrela, hezkuntza ezinbesteko tresna da izaki bizidunekiko eta ingurumenarekiko errespetua bezalako balio beharrezkoak eskuratzeko.

Horrekin batera ezagutza ekologiko tradizionalak eta autoktonoak sustatu behar dira (Heino et al., 2020). Herritarren zientzia (Fritz et al., 2019; McKinley et al., 2017) eta ikerketa parte-hartzailea sistematikoki garatzea garrantzitsua da, batez ere mundu akademikotik eta gobernuko agintarrietatik haratago hedatzen diren gaitasun sozialak eta eskulana probestuz. Horrekin batera, kostu baxura zabal daitezkeen ikuspegi esperimental berrien garapena eta trukea sustatu beharra dago. Gainera, behar bezalako arreta jarri behar zaio herritar adituen parte-hartzeari (Eitzel et al., 2017), oso baliabide baliotsua baita, askotan mespretxatuak izaten diren arren.

Hezkuntzaren eta kontserbazioaren arteko harreman hori Nazio Batuen Aniztasun Biologikoari buruzko Hitzarmenean (Nazio Batuak, 1992) jasota dago. Hitzarmen horretan, alderdi soziala kontserbazionistan txertatzen da, eta hortaz, dibertsitate biologikoaren babesa gizateriaren erantzukizun komun bihurtzen da. Une horretatik aurrera, hezkuntza biodibertsitatea mantentzeko eta modu iraunkorrean erabiltzeko estrategia gisa finkatzen da, eta kontzeptua hezkuntza-programetan txertatzea sustatzen hasten da.

Natur Zientzien Didaktikaren ikerketaren egungo ildoetako bat, Natur Zientzietako irakasgaien programetatik abiatuta, gizateriak bizi duen planeta-larrialdi egoeraz jakitun diren herritarrak

trebatzea da, irakaskuntza-esperimentua berrituz. Ildo horretan, irakasgai horien edukiek gizarte- eta kultura-orientazioa bideratzeko joera lortu nahi dute berrikuntza prozesu horretan. Orientazio soziokulturaltzat hartzen da berrikuntza horren norabidea: jakintza eta egiten jakitea ez ezik, balioesten jakitea. Natur Zientziak kultura-tresna bat direla nabarmendu nahi da, ikasleengan hausnarketa-jarrera bat garatzen duena, beren ingurunea ulertzeko gaitasuna ematen diena eta garapen iraunkorra lortzeko erabakiak hartzen kontzienteki parte hartzeko aukera ematen diena.

Konstruktibismoa zientzia esperimentalen didaktikarako gaur egun gehien onartzen den ereduarikoa da. Ikuspegi horren bidez, ikasleek ezagutzak bereganatzen dituzte ikaskuntza gertatzen den testuinguruan eta parte hartzen duten esperientziei lotuta (Cruz-Guzmán, 2011). Eredu horrekin batera, metodologia aktiboek irakaskuntza-ikaskuntza prozesuaren protagonista izateko eta etorkizunean aurre egin beharko dioten mundu errealeko arazoak testuinguruan kokatzeko aukera ematen diete ikasleei (Tribó, 2008). Horrela, norbanakoaren motibazioa eta parte-hartzea areagotzen laguntzen dute, bai eta argudiatzeko gaitasuna hobetzen ere, eta beraz, norberaren jardunari buruz zentzu kritikoz ikasteko gaitasuna garatzen da (Fernández, 2006).

Hezkuntzak, hezkuntza-komunitatearen eta giroaren arteko integrazioa eskatzen du; hezkuntza-erakundeen praktika pedagogikoa, ikasleen eta ingurunearen arteko interes, behar eta aukeren loturaz elikatzen da.

Gaur egungo gizartearen ezaugarriak eta beharrak direla eta, beharrezkoa da hezkuntzan estrategia metodologikoak berriak txertatzea, zeinak natur-zientzietako irakaskuntza-ikaskuntza prozesuak, metodo zientifikoa eta ikasleen espirtu kritikoa indartzen laguntzen duten; eta lehen aipatu bezala, irakaskuntza tradizionala ez da nahikoa (Pozo eta Gómez, 1998; Ruiz Ortega, 2008) ikasle gaituak prestatzeko. Ezagutza, gaitasun eta jarrera egokiak dituztela erakustez gain, horiek erlazionatzeko eta antolatzeko gai izan behar dira probetxuzko irakaskuntza-ikaskuntzaren ostean, jarduera malgu eta zentzudunaren arabera alegia.

Ikasleek eskolatzeko-mailan aurrera egiten dutenean, natur zientzietako diziplinen konplexutasunean ere aurrera egiten da, bai gaietan zein ezagutzetan, eta ikasleek ez badituzte lehen aipatutako gaitasunak garatu, ikasleek irakasten zaien baino zientzia gutxiago ikastea lortzen da, eta aldi berean, zientzia horiek ikasteko gero eta motibazio gutxiago izanen dute.

Ingurumen-arazoak testuinguru esanguratsuak dira, eta zientziak gizartean duen eginkizunari buruzko ezagutzak transferitzea eta gogoeta egitea ahalbidetzen dute (Puig, 2015). Bigarren hezkuntzako aurreko kurrikulumeetan baso-suteek, klima-aldaketak edo berotegi-efektuak eragindako inpaktuak bezalako gaiak jada gelan landu egiten dira. Ikasgelan ekologia-gaiak lantzearen garrantzia eztabaidaezina da, benetako gaurkotasan-arazoak baitira, eta beraz, ikasleen artean interes handia sorbaitezakete.

Ingurumen-arazoak gai sozio-zientifikoaren parte dira; izan ere, arazo konplexuak dira, eta horiek ebaluatzeko ezagutza zientifikoak eta faktore sozialak erabiltzen dira (Simonneaux, 2001). Ekologia-gaien irakaskuntzak tresnak eman behar dizkie ikasleei, ekosistemen kontserbazioan eta funtzionamendu egokian eragina duten gizarte- eta ingurumen-arazoen azterketa kritikoa egiteko gai izan daitezen.

"Ur-gezaren Ekologia Integratzailea eta Biodibertsitatearen Kontserbazioa" (IFEBC) kontzeptuak, faktore abiotikoen eta biotikoen arteko elkarrekintzak kualitatiboki eta kuantitatiboki jorrotzen ditu, hainbat antolaketa-mailatan. Ondorioz, biodibertsitatearen funtzionamenduaren eta kudeaketaren ulermen holistikoagoa ematen du: (i) uretako habitataren kalitateak eta leheneratzearen ekologia, (ii) uretako espezieen potentzial genetiko eta ebolutiboak, eta (iii) uretako

ekosistemetan estresa eta ondorio toxikoak detektatzea biomarkatzaileen bidez (master amaierako lan hau, (i) eta (iii) puntuetan zentratuko da).

Hala ere, gaur egun, ingurumen hezkuntzaren indartze-prozesuaren kontrari eta Cuello eta García-ren (2019) artikulutik ondorioztatzen denez, hiri-ibaia erlazioak presentzia txikia du testuliburuetan, uraren balio ekonomikoa azpimarratzen delarik, ibaiak mehatxu gisa eta etxeko ur-aurrezkiak hori babesteko konpromiso bakartzat nabarmentzen delarik. Bertsio merkantilista, antropozentriko eta azaleko horrek ez du errazten errealtatearen ikaskuntza kritikoa, eta ez du laguntzen hirien eta ibaien arteko harremanetan beharrezkoa den aldaketa egiten.

Ibaien errealtatea ulertzea eta horretaz jabetzea eskolan hasi eta testuinguru sozialak indartuko duen hezkuntza-prozesuaren emaitza izan behar da. Baina, García Pérezek (2015) dioenez, “egungo hezkuntza ez da irtenbidea ematen ari diren eskakizun berri horiei erantzuteko”. Ikuspegi horretatik, eta kontuan hartuta uraren kudeaketa mende honetako gizarte- eta ingurumen-erronka handienetako bat dela, hiri-ibai errealtateak garrantzi handiagoa izan beharko lukete ikaskuntza-dukietan, ikasleek beren hirietako errealtatea ulertzeko eta interpretatzeko gaitasuna izan dezaten (Tidball, 2010), sortzen dituen arazoei modu kritiko eta sortzailean aurre egin ahal izan diezaieten eta ibaiertzeko hurbiltasunak eskaintzen dituen aukerak aprobetxatu ahal izan ditzaten. Hala ere, bigarren hezkuntzan egindako hainbat ikerketek (Cuello, 2010; Ladrera eta Prat, 2016) agerian uzten dute ikasleek ez dakitela beren hiriko ibaien berri, eta zailtasunak dituztela urarekin lotutako oinarriko prozesuak azaltzeko edo beren lurraldeko jardura ekonomikoaren testuinguruan kokatzeko.

Era berean, testu-liburuetakoko jardura praktikokoekiko interesa urria da (García eta Martínez, 2003), eta hori paradoxikoa da ingurumenaren irakaskuntzan, beren ezaugarri propio nagusietako bat baita. Oro har, testu-liburuetan testuan soluzioa duten erreparatzeko ariketak dira nagusi, eta ez jardura irekiak, tailerrekoak, laborategikoak edo landa-lanetakoak (Cuello, 2010).

Irakasle-esperimentua berritzea, Natur Zientzietako irakasgaietan motibazio intrintsekoa sortzen lagun lezakeen bideetako bat da; horrekin lotuta egonen litzake ikasleek arazoak eta usteak edo hipotesiak planteatzea irakaslearen zuzendaritzapean, esperimentuak eginez horiek berretsi ahal izateko helburuarekin.

Ingurumenarekin erlazioaturiko proiektu bat aurrera eramateko, lehenik eta behin, Ikasleei beren ingurunearekin elkarrekin bizitzen irakatsi behar diegu, baita inguruan duten eta bizi diren ingurune naturala errespetatzen ere, gizarte-balio desberdinez gain. Horregatik, beren ekintzei buruz hausnartzen eta ingurumena zaintzearen garrantziaz jabetzen ikasi behar dute. Helburua eskolan balio eta jarrera onuragarriak plazaratzea da. Ondorioz, hain garrantzitsua da umeei balio horiek txikitatik irakastea, etorkizunean ahalik eta hobekien gauzatzeaz arduratuko baitira (Aramburu, 2000).

Hala ere, bigarren hezkuntzako ikasleek giza-biologiarekin lotutako gaietako interes handia dutelaren aldeko ebidentziak dauden arren, ez dute hainbesteko motibaziorik ekosistema naturalak eta gainerako izaki bizidunak aztertzeke garaian (Dopico eta García-Vázquez, 2011). Motibazioa galtzen laguntzen duten faktoreetako bat ikasleek beren ingurune naturala ez dutela ezagutzen da, denbora gehiena ikasgelan ematen baitute (Romero, 2010). Bestalde, sarritan, erabiltzen diren ikasteko metodologiak eta estrategiak ere ez dira egokiak gai horrekiko interesa eta motibazioa pizteko (García eta Martínez, 2010).

Nahiz eta agerian geratu den praktika esperimentalak funtsezko piezak direla natur zientzien irakaskuntzan, eta ikasleek gaitasun jakin batzuk garatzeko aukera paregabea ematen dutela, ezarri da natur zientzietako irakasle askok ez dutela praktika esperimentalak garatzeko metodologiarik jarraitzen, eta horregatik, ez dutela lortzen ikasleek hasieran proposatutako gaitasunak garatzea.

Beste azterlan batzuek natura-zientzien irakaskuntzarekin lotutako arazoak erakusten dituzte, hala nola laguntza didaktiko egokirik ez izatea, praktika esperimentalak egiteko prozedura zailak direla eta denbora asko kontsumitzen dutela, eta hezkuntza-establezimenduek ez dutela leku fisiko egokirik natura-zientzien irakaskuntza nabarmen indartuko duten praktika esperimentalak egiteko (García Ruiz, 2001; García Ruiz eta Flores, 1999; García Ruiz eta Sánchez, 2006).

Horri aurre egitearren, biodibertsitatea hezkuntza-ingurunean tratatzeak aukera ugari eskaintzen ditu, bai metodologiaren ikuspegitik, bai hezkuntza-baliabidearen ikuspegitik; izan ere, ikasleen ezagutzak eta trebetasunak bizitza errealeko testuinguruekin lotzen dituzten teknika esperimentalak aplikatzea ahalbidetzen du (Fuentes eta García, 2012). Horrez gain, aniztasun biologikoari eta hezkuntza-esparruan dituzten arazoei buruzko ikerketak berriak eta urriak badira ere, autore askok uste dute beharrezkoa dela hezkuntza zientifikotik ikasleei gaitasun teoriko-praktikoz hornitzea, jarrera kritikoa bereganatzearen eta horri buruzko erabakiak hartzeko helburuz (García eta Martínez, 2010).

Era berean, nazioarteko ikerketek erakutsi dutenez, biologia eta beste natura-zientzia batzuk, arlo horretako ikaskuntza esanguratsua lortzeko praktika esperimentalak behar dituzten diziplinak dira (Lancelle, 2008).

Horren alde egiten dute ere Gil Quilez eta Martínez Peñak (2014), "Ur-gezaren Ekologia Integratzailea eta Biodibertsitatearen Kontserbazioa" bezalako ereduak eraikitzeko, ikasleek *in situ* lan egitea aproposena dela helarazten dute, hau da, ibaia ikusi eta bizi behar dela. Landa-lanak aukera eman diezaieke ikasleei beren ezagutzak garatzeko eta ikasgelako esperientziei balio erantsia emateko.

Bestalde, Pérez eta Rodríguez-ek ere (2006) landa-eremura irtetea estrategia didaktiko erabilgarria dela zehazten dute, ikasleak kontzienteki errealitatera hurbiltzen dituen, ingurune naturaleko prozesu konplexuak errazago uler ditzaten faboratuz.

Laburbilduz, bigarren hezkuntza-etaparen amaieran biodibertsitatea galtzeak dakarren gizarte- eta ingurumen-kaltuari buruzko kontzientziazio-maila handitu nahi da. Horretarako, metodologia aktiboetan eta landa-irteeretan oinarritutako ikuspegi konstruktibista aplikatuko da, zientzia esperimentalak irakasteko eredu egokitzat jotzen baita.

Helburu orokor hori lortzearen, honako helburu espezifiko hauek ere ezartzen dira: i) konstruktibismoa sustatzea irakatsi eta ikasteko prozesuan; ii) arazoetan oinarritutako ikaskuntza-esperientziaren bidez hezkuntza-metodologia aktiboak indartzea; iii) ikasleak naturarekin harreman zuzena izatea ikasgelatik kanpo ikasiz; iv) ikasleak zientzien ikaskuntzara motibatzea.

## MARKO PRAKTIKOA

### METODOLOGIA PRAKTIKOA

Lehenago komentaturikoa kontuan hartuz, ibai-ekosistemek gizartean zein hezkuntzan izan dezaketen garrantzia, praktika esperimentalak burutzearen abantailak, gure ingurunea ezagutzea faboratzen duten testuinguruak aztertzearen motibazioa, eduki teorikoetaz aparte zientziarekin erlazio zuzena duten gaitasun eta abilezien lanketa, besteak beste, ibai-ekologiaren inguruan ardazturiko bost praktika esperimental aurrera eramateko metodologia proposatzen da jarraian.

Proposamena bigarren hezkuntzako etapa osoan zehar hedatzen da, derrigorrezko bigarren hezkuntzako lehenengo mailatik hasita, batxilergoko bigarren mailan bukatu arte (1. Taula). Proposamenarekin jarraituz, lantzen diren bost praktika desberdinak ibai-ekologiaren inguruan ardaztuta egonen dira. Hots, ikasleen inguruko ibai-ekosistema, praktika guztiak biltzen dituen hari eroaletzat erabiliko da, praktika guztiak ibai-ekologiaren inguruan eraikita egonen baitira.

Hala ere, praktika bakoitzean eta beraz, ikasketa-kurtso bakoitzean eduki zein gaitasun zientifiko desberdinak landuko dira; ideia, haien artean lotuta dauden praktika esperimental desberdinen sekuentzia jarrai eta progresibo bat egitea izango litzateke, bai biologiako eduki zein gaitasun zientifikoaren eskakizunari begira, ekintza zientifiko edo ikerketa-kasuen konplexutasunari begira, zein ikasleentzako zailtasun-mailari eta autonomia-mailari begira ere. Horren bidez, helburua gai nagusiaren inguruko ikuspegi globalago eta osatuago bat lortzea da, praktika esperimental bakoitzean modu indibidualean lantzen dena, ikuspegi konplexuago bat lortzearren aplikatu ahal baita.

**1. Taula.** Bigarren hezkuntzarako proposatzen diren bost praktiken hedapena kurtso desberdinetan zehar, praktikaren izenburua, burutzeko proposatzen den kurtsoa eta irakasgaia, eta landuko liratekeen zientzia/teknologia praktikak agertzen dira, NGSS-ko estandarrak jarraituz (National Research Council, 2012).

ESPERIMENTUA / PRAKTIKA	KURTSOA ETA IRAKASGAIA	SCIENCE/ TECHNOLOGY PRACTICES (NGSS-ko estandarrak jarraituz)
1. Praktika: Izaki bizidunen sailkapena gako-dikotomikoen bidez.	<b>DBH 1.</b> Biologia eta Geologia (D atala: Izaki bizidunak). ·D.1 Izaki bizidunak: sailkapena erreinu nagusietan. ·D.2 Talde taxonomiko nagusiak: inguruko espezieak behatzea eta sailkatzea. ·D.3 Inguruko espezieak identifikatzeko estrategiak.	<i>Developing and Using Models.</i>
2. Praktika: Ibaiko ur-kalitatearen analisia faktore fisiko-kimikoei erreparatuz.	<b>DBH 3.</b> Biologia eta Geologia (A atala: Proiektu zientifiko; zeharkakoa). ·A.4 Erantzuna galdera zientifikoei	<i>Analyzing.</i>

	<p>esperimentazioaren eta landa-lanaren bidez.</p> <p>·A.6 Fenomeno naturalen behaketa eta datu-bilketa.</p>	
<p>3. Praktika: Ibaiko ur-kalitatearen analisia makroornogabeak adierazletzat erabiliz.</p>	<p><b>DBH 4.</b> Biologia eta Geologia (A atala: Proiektu zientifikoa; zeharkakoa).</p> <p>·A.5 Erantzuna galdera zientifikoei esperimentazioaren eta landa-lanaren bidez.</p> <p>·A.7 Fenomeno naturalen behaketa eta datuen bilketarako metodoa.</p> <p>·A.8 Emaizten analisirako metodoak: bioindikatzailak</p>	<p><i>Planning and Analyzing.</i></p>
<p>4. Praktika: Ibaiko ur-kalitatearen analisia makrofitoak eta algak adierazletzat erabiliz</p>	<p><b>Batxilergo 1. maila.</b> Biologia, Geologia eta Ingurumen Zientziak (B atala: Ekologia eta iraunkortasuna).</p> <p>·B.1 Ingurumen naturala motore ekonomiko eta sozial gisa: ingurumen-inpaktuaren ebaluazioaren garrantzia eta errekurtsu zein hondakinen gestio arduratsuen garrantzia.</p> <p>·B.6 Biodibertsitatearen galera: kausak eta ingurumeneko eta gizarteko ondorioak.</p> <p>·B.7 Hondakinen arazoa.</p>	<p><i>Planning, Analyzing, and Constructing Explanations</i></p>
<p>5: Praktika: Landareen bidezko uren bioerremediazioa, kutsadurari aurre egiteko metodo natural bat.</p>	<p><b>Batxilergo 2. maila.</b> Biologia (E atala: Bioteknologia).</p> <p>·E.2 Bioteknologiaren garrantzia: aplikazioak osasunean, ingurumenean..</p>	<p><i>Planning, Analyzing, Constructing Explanations and Designing Solutions</i></p>

Hasteko, izaki bizidunen identifikazio eta sailkapena burutzeko gako-dikotomikoen lanketa praktikoa proposatzen da. Ondoren, ibai-ekologian ohikoak diren, uraren kalitatearen analisiak eta biodibertsitatearen azterketak egiten lirateke, bai faktore fisiko-kimikoak neurtuz, zein bioindikatzailak eta indize biologiko desberdinak erabiliz (makroornogabeak eta makrofitoak/algak, kasu honetan). Azkenik, naturan eta gure-ingurumenean ager daitezkeen arazo posibleei erantzuna emateko prozesuak landuko lirateke, bioerremediazioan oinarritutako praktika baten bidez, konponbide-diseinuak ere aurrera eramanez.



Praktika-sekuentzia, esan bezala, bigarren hezkuntza osoan zehar jarraia eta progresiboa izanen da. Batetik, lantzen diren eduki zein gaitasun zientifikoei begira zailtasun-maila txikiagoarekin hasia da asmoa, eta praktika esperimentalen zailtasuna pixkanaka handituz joatea, 1. Taulan erakusten den moduan. Horretarako, proposaturiko kurtso bakoitzarentzat hezkuntza-kurrikulumek zehazten dutena, DBH etaparako, 71/2022 FORU DEKRETUA, ekainaren 29koa, Nafarroako Foru Komunitateko Derrigorrezko Bigarren Hezkuntzaren etapako irakaskuntzen curriculumak ezartzen duena, eta Batxilergorako 72/2022 FORU DEKRETUA, ekainaren 29koa, Nafarroako Foru Komunitateko Batxilergoaren etapako irakaskuntzen curriculumak ezartzen duena, eta NGSS-ko estandarrak (NSTA, s. f.) hartuko dira kontuan.

Horrekin batera, banakako praktika esperimental guztiek ideia askoz ere globalagoa bistaratzea lortu nahi da, ibai-ekologiaren garrantzia eta ibai-ekosistemen biodibertsitatea, hain zuzen ere. Esan bezala, praktika esperimental bakoitzak gai nagusia jorratuko du ikuspuntu desberdin batetik: izaki bizidunen identifikazioa eta sailkapena, faktore fisiko-kimikoak, makroorganismen biodibertsitatea eta bioindikatzailatzat erabiltzeko ahalmena, makrofito eta algak bioindikatzailatzat erabiltzeko aukera eta kutsadura murrizteko landareen aplikazioa (bioerremediazioa), hurrenez hurren. Asmoa da ikasleek beren inguruko ibaiak (kasu honetan, Arga Ibaiak) sortu da proposamena) hainbat modutara aztertu ahal izatea; hala nola, ibaiaren kalitatea neurtuz, indize biologiko desberdinak aplikatuz, faktore abiotikoek biodibertsitatean daukaten efektua aztertuz, eta erremediatze-sistema natural baten diseinatuz poluzio-arazoei aurre egiten saiatzeko. Horrekin guztiarekin, ikasleak ibai-ekologiaren garrantziaz ohartaraztea eta ingurumen-ekosistemetak biodibertsitatea babesteko joera bere gain hartzea lortu nahi da. Hau da, inguruneko ibaiako elementuak landuko dira, ingurume horren egoera onargarria den edo ez aztertzearen (eta hori nola egiten den ikasiz), eta egoera hori hobetzeko zer egiten daitekeen landuz, iraunkortasunerako gaitasunak, alegia (4. Irudia).



**4. Irudia.** Praktiken metodologia irudikatzen duen piramideak. Inguruneko ibaiako elementu biotiko zein abiotikoak landuko dira (*Zer dago ingurumenean?*), ingurumeneko egoera aztertzearen bioindikatzailak eta indize biologikoak erabiliz (*Zein da bere egoera?*), eta ibai-ingurumeneko egoera hobetzearen (*Nola hobetu?*), ikasleak ibai-ekologiaren garrantziaz ohartarazteko eta ingurumen-ekosistemetak biodibertsitatea babesteko joera bere gain hartzeko.

Iraunkortasunerako ingurumen-hezkuntzari dagokionez, Europar Batasuna neurriak bultzatzen ari da, ikasle guztien trantsizio berdea bultzatzeko eta iraunkortasunaren arloko gaitasunak indartzeko. Ildo horretan, ikasleek ezagutzak, trebetasunak eta jarrerak eta balioak garatzeko aukera izan behar dute, modu jasangarriagoan bizitzeko, kontsumo-ereduak aldatzeko eta etorkizun

«berdeagoa» lortzen laguntzeko. Hezkuntzak eta prestakuntzak funtsezko zeregina dute, pertsonen ingurumenarekiko kontzientziatik banakako eta taldeko ekintzara igarotzen laguntzeko.

Hala, 2022ko urtarrilaren 14an, iraunkortasunari buruzko Europako eskumen-esparru berria argitaratu zen (Bianchi et al., 2022), zeinak trantsizio berderako beharrezkoak diren gaitasunak deskribatzen ditu: besteak beste, pentsamendu kritikoa, ekimenak hartzea, naturarekiko errespetua eta eguneroko ekintzek eta erabakiek ingurumenean eta munduko kliman duten eragina ulertzea.

Esparruak, halaber, iraunkortasunerako gaitasuna honela definitzen du: iraunkortasun-balioak txertatzeko eta sistema konplexuak ezartzeko ikasleak ahalduntzen dituen, ekosistemaren osasuna berrezarri eta mantentzeko eta justizia hobetzeko ekintzak hartu edo eskatzeko, etorkizun jasangarrietarako ikuspegiak sortuz.

Era berean, ingurumen-iraunkortasunerako ikaskuntza honela definitzen du: iraunkortasunaren ezagutza haurtzarotik helduarora sustatzea helburu duena, pertsonak naturaren parte eta haren mende daudela ulertuta. Ikasleek ezagutzak, trebetasunak eta jarrerak ikasiko dituzte, aldaketa-eragile bihurtzen eta planetaren mugen barruan etorkizuna garatzen banaka eta taldean laguntzen lagunduko diotenak.

Beraz, praktika esperimenteral hauen bidez, ikasleak beren inguruneke ibai-ekosistemako elementuak ezagutzea, horien bidez ekosistemako egoera biologikoa aztertzea eta hori hobetzeko gaitasunak lantzea du helburu, etorkizuneko hiritar jasangarri bihurtzeko oinarria izanen diren iraunkortasun-balioak eta gaitasunak txertatuz. Hots, ingurumeneko behaketa eta esperimenteralaziotik, ibai-ekosistemen eta biodibertsitatearen garrantziaz ohartaraztea eta horren kontserbaziorako jarrera beren esku hartzea.

Hortaz, jarraian praktika esperimenteral desberdinen noranzkoak eta jarraibideak sakonki azalduko dira. Azpimarratu nahi da, praktika esperimenteralen ordenak zailtasun eta lan-karga progresiboa adierazteaz aparte, gai nagusiaren inguruko ikuspegi global bat lortzea duela helburu. Era berean, praktika bakoitzak bat eginen du burutuko diren ikas-maila bakoitzean landu behar diren eduki zein gaitasunei begira, bai indarrean dagoen hezkuntza-legea eta kurrikuluma jarraituz (LOMLOE), bai Nazioarteko Zientzia Irakasletza Asoziazioak (NGSS & NSTA) zientzia-praktiken inguruan egiten dituen iradokizunak barne hartuz ere.

## 1. Praktika: Izaki bizidunen sailkapena gako-dikotomikoen bidez.

-Kurtsoa eta irakasgaia:

1. DBH, Biologia eta Geologia.

-LOMLOE-ko kurrikuluma jarraituz landuko diren oinarritzko jakintzak:

D. Atala: Izaki bizidunak:

·D.1 Izaki bizidunak: bereizketa eta sailkapena erreinu nagusietan.

·D.2 Talde taxonomiko nagusiak: inguruko espezieak behatzea eta ezaugarri bereizgarrien arabera sailkatzea.

·D.3 Inguruko espezieak identifikatzeko estrategiak (gidak, gako-dikotomikoak, tresna digitalak, visu-a, eta abar).

-NGGS-ko kontzeptu egituratzailea:

**Patroiak.** Behaturiko forma-patroiak eta ezaugarri nagusiak izaki bizidunen sailkapena eta antolakuntza-sistema gidatzen dute, eta horien arteko erlazioari, ahaidetasunari eta eragiten dieten ingurumen faktoreei buruzko galderekin lotzea espero da.

Praktika honetan landuko den trebetasun zientifiko nagusia, gako-dikotomikoen bidezko izaki bizidunen identifikazio eta sailkapena izanen da.

-Laburpena:

Praktika honetan, Arga ibaiko tarte bat *visuz* ikuskatuko da, bertan aurkitu daitezkeen landare-espezie desberdinak aztertuz. Ikasleek datuak hartuko dituzte eta emanen zaizkien \*gako-dikotomikoak (Eranskinak) jarraituz, zenbait landareen identifikazioa eta sailkapena burutuko dute (taxonomia). Gehienbat zuhaitzak landuko dira adin honetarako aproposagoak eta sinpleagoak baitira.

Ondoren, gako-dikotomikoen erabilera egokia izan dela ziurtatzeko eta identifikazioak modu egokian egin direla frogatzeko, "PictureThis" (<https://www.picturethisai.com/es/>) aplikazio digitalaren bitartez, ikasleek berek euren zuzenketa burutuko dute.

-Helburuak:

- Gertuko ingurune naturala eta horren aberastasuna ezagutzea, espazio horren kontserbazioaren eta babesaren garrantzia baloratuz.
- Izaki bizidunak sailkatzeko erabiltzen den taxonomia ezagutzea (genero eta espeziea, gehienbat).
- Izaki bizidunak identifikatu eta sailkatzeko gako-dikotomikoak eta aplikazio digitalak erabiltzen ikastea, landareen ezaugarri bereizgarrienetan oinarrituz.
- Sailkapenerako erabilgarriak diren ezaugarriak ikastea.

-Tokia eta data:

Arga ibaiko tarte bat aukeratuko da, irizpide hauek kontuan hartuta: ikastetxetik hurbil egotea, irisgarritasuna eta parte hartzen duten ikasle guztiak hartzeko tartearen edukiera. Baita tokiko landare-espezieen aniztasuna ahalik eta handiena izatea.

Identifikaziorako hostoak erabiliko direnez gehienbat, hostoak erori baino lehenago (kurtso hasieran) edo behin aterata (udaberrian) egin beharko da. Lore eta fruituei garrantzia gehiago eman nahi izatekotan, hobe izanen da udaberrian egitea.

-Denboralizazioa eta prozedura:

\*2 saio = 1 ordu eta 40 min gomendatzen da.

- Aztertuko den Arga ibai tartera joatea (5-10 min).
- Hasierako azalpena (20 min). Irakasleak praktikaren nondik norakoak zehaztu eta helburua komentatuko du; landareen identifikazioa burutzeko erabiltzen diren ezaugarrien azalpen laburra burutuko du, gako-dikotomikoen eta prestatuako \*fitxa-lagungarrien (Eranskinak) aurkezpena egiten du eta taxonomiaren oinarriak aipatuko ditu.
- Landareen identifikazioa eta sailkapena gako-dikotomikoen bidez (45 min). Ikasleek binaka ibai ondoko landareen identifikazioa eta sailkapena burutuko dute. Zuhaitzetan zentratzea eskatuko zaie ikasleei, identifikaziorako sinpleagoak baitira, eta batez ere hostoetan zentratuko garelako. Halaber, landare bakoitzaren argazki bat eta ezaugarri nagusiak apuntatzea eskatuko zaie helaraziko zaien \*adibide-fitxa erabilita (Eranskinak), hurrengo astean jasoko litzatekeen txosten batean entregatu beharko dutelarik.
- "PictureThis" aplikazioa digitala nola funtzionatzen duen aurkeztuko zaie eta ikasleek berek eurek egindako identifikazioa zuzenduko dute (20 min) (\*lehenagotik zehaztuko zaie praktika horretan mugikorrek erabili ahalko dituztela eta eskatuko zaie lehenagotik aplikazioa instalatuta eramatea).
- Klasera bueltatu (5 min)

-Materialak:

-Fitxa lagungarriak (landareak sailkatzeko ezaugarriak, hosto motak eta horien sailkapena...).

-Gako-dikotomikoak.

-Mugikorrek "PictureThis" aplikazioa instalatuta dutelarik.

-Orri txuriak, boligrafoak, arkatzak eta borragomak (entregatu beharko duten txostenerako informazioa apuntatzeko).

## ERANSKINAK:

### **\*FITXA LAGUNGARRIAK:**

#### LANDAREEN SAILKAPENA

Landareak izaki bizidunen talde nagusietako bat dira, zeinak landareen erreinua osatzen duten. Landare guztiak amankomunean dituzten ezaugarriak hurrengoak dira: zelula eukariotoz osatuta daude, fotosintesia burutzen dute (autotrofoak dira) eta lokomozio-forma propiorik ez duten zelula anitzeko serorganismoak dira, besteak beste.

Hortaz, eguzki-energia baliatuz beren zeluletako kloroplastoetan fotosintesia egiten dute, behar dituzten azukreak sintetizatzeko. Prozesu hori hostoetan ematen da gehienbat. Halaber, landareek gatz mineralak eta ura sustraietatik xurgatzen dituzte eta enborretik hostoetara garraiatzen dituzte. Hori guztiari esker, landareak gai dira substantzia ez-organiko sinpleak organiko konplexu bihurtzeko, eta hortaz behar dituzten elikagaiak sintetizatzeko.

Hori guztia gertatzen den bitartean, arnasketa-prozesu bat ere gertatzen da; oxigenoa kontsumituz, azukreak degradatzen dira energia lortzeko eta hazkuntza- eta ugalketa-funtzioak betetzeko.

Tamainaren arabera honela sailkatzen dira: belarrak, zuhaixkak edo zuhaitzak.

- Zuhaitzak: tamaina handieneko landareak dira. Itxura eta tamaina askoko zuhaitzak daude, baina denek honako ezaugarri hauek dituzte:

Zurtoin bat dute (> 6-7 m), zurezkoa, luzea, lodia eta gogorra; enborra deitzen zaio. Lurretik halako altuera batean, adarrak dituzte, eta adarretan hostoak dituzte. Zuhaitz batzuek hosto erorkorrak dituzte, udazken edo neguan erori egiten zaizkie ez izozteko, eta udaberrian ateratzen zaizkie berriro; beste batzuek, berriz, hosto iraunkorrak dituzte, urte osoan dituzte hosto berdeak, etengabe berritzen zaizkienak.

- Zuhaixkak: tamaina ertaineko landareak dira, zuhaitzak baino txikiagoak. Honako bereizgarriak dituzte:

Zurtoin bat baino gehiago izan ditzakete (< 6 m), zurezkoak, baina zuhaitzena baino laburrago, estuago eta bigunagoak. Askotan, zabaleran gehiago hazitzen dira altueran baino. Adarrak lurretik altuera txikian ateratzen zaizkie. Zuhaitzen bezala, batzuek hosto iraunkorrak dituzte eta beste batzuk hosto erorkorrak.

- Belarrak: tamaina txikieneko landareak dira. Honako bereizgarriak dituzte:

Zurtoin biguna dute, malgua eta mehea, normalean berdea. Bizi laburra izaten dute; kasu askotan, urte bakoitzean loratu eta fruitua eman ondoren hil egiten dira, edo beste landare bat ateratzen da hazitik.

Ugaltzeko moduaren arabera ere sailkatzen dira landareak, eta hemen bi bultzo bereizten ditugu:

- Landare loredunak: loreak eta haziak dituzte ugaltzeko. Landare gehienak multzo honetan daude. Landare hauen ugalketa-organoak loreetan daude, eta haietan sortzen dira haziak, ugalketarako balio duten organoak. Landare loredunen multzo honen barruan, beste bi sail edo azpimultzo handi bereizten ditugu, ezaugarri baten arabera, fruiturik ematen duten ala ez:

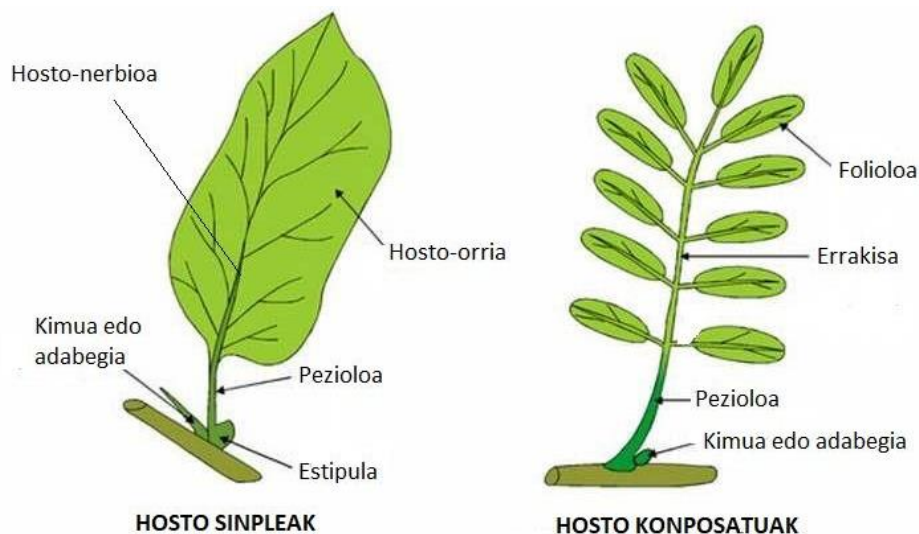
- Gimnospermoak: ez daukate fruiturik hazien inguruan horiek babesteko (izenak "hazi biluzia" esan nahi du). Lore sinple eta txikiak izaten dituzte. Pinuak eta izeiak dira sail honetakoak adibidez. Hauetan, haziak pinaburuetan sortzen dira.
- Angiospermoak: Fruitua ematen dute; landare eboluzionatuagoak dira, lore konplexu eta ikusgarriagoekin. Multzto honetakoak dira gereziondoa edo sagarrondoa, esate baterako.
- Landare loregabeak: ez dute lorerik ematen eta, beraz, ez dira ugaltzen hazi, lore edo fruituen bidez; ugalketa asexuala egiten dute: espora deitzen diren zelula berezi batzuk askatzen dituzte, landare berri bat ematen dutenak. Multzto honetakoak dira goroldioak, garoak eta algak. Landare motarik zaharrenak dira, eta hezetasun handia behar dute ugaltzeko.

Horregatik guztiagatik, kontuan hartu behar da landareak hainbat taldetan sailka daitezkeela, erabiltzen den irizpidearen arabera.

Gure kasuan, zuhaitzetan zentratuko gara batez ere. Zuhaitz motak identifikatzeko eta zehazteko ezinbesteko ezaugarria hostoa da. Horretarako, hainbat ezaugarri hartu behar dira kontuan horiek identifikatzeko: forma, adarrean duten kokapena, ertza, eta abar. Era berean, enborrak ere informazioa ematen du, baina ez hostoak bezain modu argi eta espezifikoan. Hortaz, gure identifikaziorako gehienbat hostoei erreparatuko diegu.

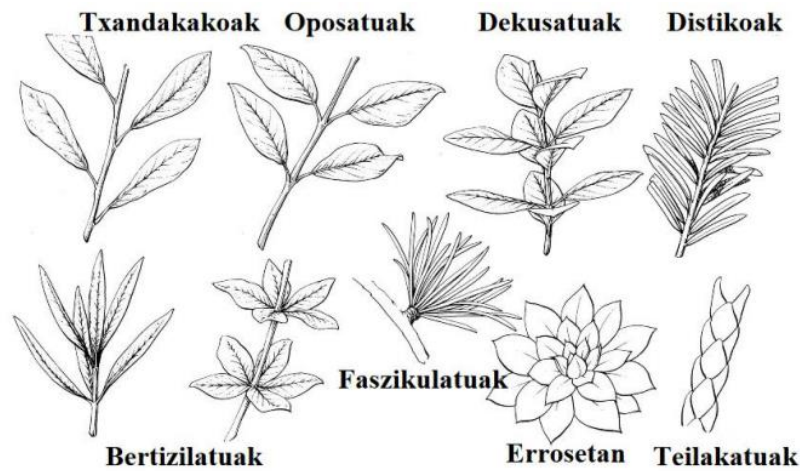
Beraz, zuhaitz mota zein den jakiteko, hostoaren ezaugarriak ezagutu behar dira; lehenik eta behin, hostoaren atalak hartu behar dira kontuan. Hosto-orriaren bi morfologia desberdin daude (5. Irudia): hosto sinpleak eta hosto konposatuak.

- Hosto sinplea: zurtoineko adabegi batetik peziolo batekin lotuta, hosto orri bakarra garatzen da, nerbio bat erditik garatzen delarik. Hostoaren oinaren inguruan, kimua (begia) deritzon egiturak agertzen dira, gehienetan binaka.
- Hosto konposatua: kasu honetan ere kimuak eta pezioloak garatzen dira zurtoineko adabegietatik aterata. Baina hosto orri bakarra sortu ordez, hainbat sortzen dira, eta foliolo deitzen zaie bakoitzari, denak erdiko errakisa bati lotuak egonik.



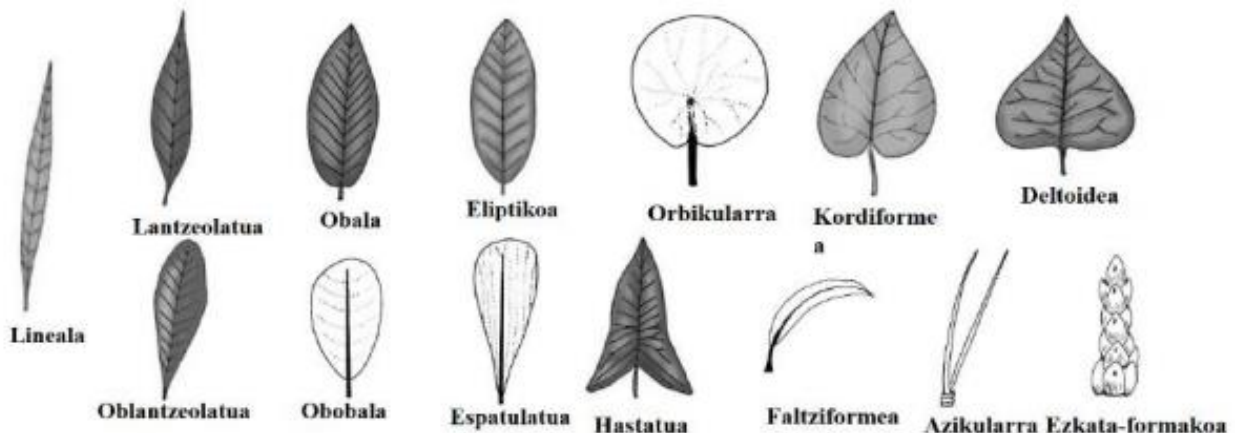
**5. Irudia.** Hosto-orriaren arabera bereizten diren hosto-motak: sinpleak eta konplexuak, horien atalak adierazten direlarik. Iturria: Demaestri eta Viale, 2018; eraldatua.

Hosten **filotaxiari** dagokionez, hau da, garatzean hartzen duten adarretako distribuzioari eta kopuru orokorrari dagokionez, hurrengo sailkapena ezagutzen da (6. Irudia): txandakakoak, oposatuak, dekusatuak, distikoak, bertiziliatuak, faszikulatuak, errosetak eta teilakatuak.



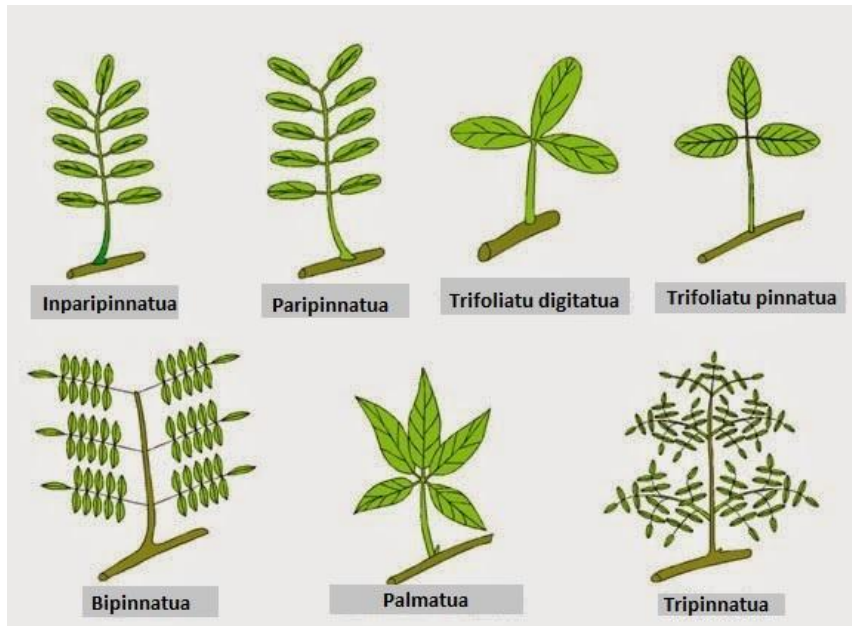
**6. Irudia.** Hosten adarretan duten distribuzio eta kopuruaren arabeko (filotaxia) sailkapena. Iturria: Aizpuru, 1999.

Hosten **morfologia orokorraren** aldetik, sailkapen hau burutzen da (7. Irudia): linealak, lantzeolatuak, obalak, obalantzeolatuak, obobala, eliptikoa, espatulatuak, orbikularra, hastatua, kordiformea, faltziformea, deltoidea, azikularra eta ezkata-formakoa.



**7. Irudia.** Hosten morfologiaren arabera bereizten diren hosto-motak. Iturria: Aizpuru, 1999.

Hosten **konposatuak** sailkatzeko hurrengo erabiltzen da (8. Irudia): inparipinnatua (foliolo kopuru bakoitia), paripinnatua (foliolo kopuru bikoitia), trifoliatuak (3 foliolo), bipinnatuak, palmatuak (esku-forma, 5 foliolo) eta tripinnatuak.



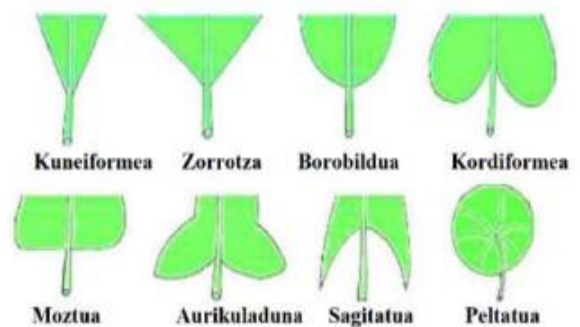
**8. Irudia.** Hosto konposatuak bereizteko erabiltzen den sailkapena. Iturria: <https://www.permacultura.org.mx/es/botanica/plantas/partes/hoja/> (eraldatua).

Hostoen **oinaldea** horrela sailkatzen da (9. Irudia):



**9. Irudia.** Hostoen oinaldearen araberako motak. Iturria: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Tema02.pdf> (eraldatua).

Hostoen **puntaren** formen sailkapena (10. Irudia):



**10. Irudia.** Hostoaren puntaren araberako motak. Iturria: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Tema02.pdf> (eraldatua).

Hostoen **ertza motak** horrelakoak izan daitezke (11. Irudia): osoak/leunak, uhinduak, arantzadunak, oxkardunak, krenaturak, pitzatuak, zerradunak, zerrelatuak, bizerradunak, horzddunak, dentikulatuak eta lobulatuak.





**11. Irudia.** Hostoaren ertzaren arabera bereizten diren hosto-motak adierazten da. Iturria: Aizpuru, 1999 (eraldatua).

Arga ibai ertzeko zuhaitz eta zuhaixka nagusiak:

Jarraian Arga ibaiaren inguruan aurkitu daitezkeen landare nagusien taula azaltzen da (2. Taula; Iruñeko Udalaren datuak erabiliz sortua):

**2. Taula.** Arga ibaiaren inguruan aurkitu daitezkeen landare-espezie nagusiak, izen arrunta eta zientifikoa adierazten delarik. Iturria: <http://www.parquefluvialdepamplona.es/parquefluvial/es/especies/index.asp>; eraldatua.

IZEN ARRUNTA	IZEN ZIENTIFIKOA
Almeza	<i>Celtis australis</i>
Arbustu arrunta edo deabru-zura	<i>Ligustrum vulgare</i>
Astigar arrunta, ihar frantsesa	<i>Acer monspessulanum</i>
Astigar arrunta, ihar italiarra	<i>Acer campestre</i>
Astigar zuria, platanondo faltsua	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Elorri beltza	<i>Prunus spinosa</i>
Ezki hostozabala	<i>Tilia platiphyllos</i>
Haltza	<i>Alnus glutinosa</i>
Hurritza	<i>Corylus avellana</i>
Indiagaztoinondo arrunta	<i>Aesculus hippocastanum</i>
Intaxaurrondo arrunta	<i>Juglans regia</i>
Lertxuna	<i>Populus tremula</i>
Lizar arrunta	<i>Fraxinus excelsior</i>
Makal beltza	<i>Populus nigra</i>
Makal zuria	<i>Populus alba</i>
Sasiakazia	<i>Robinia pseudoacacia</i>
Zuhandor gorria	<i>Cornus sanguinea</i>
Zumar hostotxikia	<i>Ulmus minor</i>

**\*GAKO-DIKOTOMIKOA (Nik sortua):**

**1. Landare mota tamaina eta egituraren arabera**

- a. ZUHAIKKA (6-7 metroko altuera baino txikiagoa).....A TALDEA
- b. ZUHAITZA (6-7 metroko altuera baino handiagoa).....B TALDEA

**2. A TALDEA**

2.1 Hosto erorkor, simple eta TXANDAKATUAK.

2.1.1 Forma lantzeolatua, oinalde zorrotza eta ertz zerraduna. Enbor arantxaduna eta fruitu beltz jangarriak.....**PRUNUS SPINOSA**

2.2. Hosto erorkor, simple eta OPOSATUAK.

2.2.1 Forma lantzeolatua, ertz osoa. Fruitu beltz toxikoak.....**LIGUSTRUM VULGARE**

2.2.2 Forma eliptiko. Adar gorrixkak.....**CORNUS SANGUINEA**

**3. B TALDEA**

3.1 Hosto erorkor SINPLEAK

3.1.1 Hosto TXANDAKATUAK

3.1.1.1 Forma KORDIFORMEA (“bihotz” forma), ertz horzduna eta puntaduna.....**TILIA PLATIPHYLLOS**

3.1.1.2 Forma ELIPTIKOA, ertz zerraduna eta punta pitzatua.....**ALNUS GLUTINOSA**

3.1.1.3 Forma OBALA

a) Forma obala-lantzeolatua, ertz zerraduna, punta akuminatua, oinalde borobildua eta pubeszentzia.....**CELTIS AUSTRALIS**

b) Forma obala-borobildua, ertz bizerraduna eta puntaduna. Fruitua hurra deritzo.....**CORYLUS AVELLANA**

c) Forma obala-borobildua, ertz horzduna, oinalde moztua eta hostoaren azpiko aldea berde argia.....**POPULUS TREMULA**

d) Forma obala-triangeluarra edo obala-erronbikoa, ertz horzduna, punta akuminatua eta oinalde moztua.....**POPULUS NIGRA**

e) Forma obala edo palmatua, ertz horzduna, oinalde moztua eta hostoaren azpiko aldea zuria.....**POPULUS ALBA**

f) Ertz bizerraduna, punta akuminatua eta oinalde asimetrikoa.....**ULMUS MINOR**

### 3.1.2 Hosto OPOSATUAK

3.1.2.1 Forma TRILOBULARRA (3 lobulu).....**ACER MONSPESSULANUM**

3.1.2.2 Forma PALMATUA (5 lobulu)

a) Ertz osoa. Fruituaren “hegalatxoek” 180 graduko angelua osatu.....**ACER CAMPESTRE**

b) Ertz zerraduna. Fruituaren “hegalatxoek” 90 graduko angelua osatu.....**ACER PSEUDOPLATANUS**

### 3.2 Hosto erorkor KONPOSATUAK

#### 3.2.1 Hosto TXANDAKATUAK

3.2.1.1 Foliolo kopurua 5-9 artean, inparipinnatuak, forma obalatu eta ertz osoa. Fruitua intxaurra deritzo.....**JUGLANS REGIA**

3.2.1.2 Foliolo kopurua 9-19 artean, inparipinnatuak, forma obalaborobilduak, ertz osoa eta punta pitzatua.....**ROBINIA PSEUDOACACIA**

#### 3.2.2 Hosto OPOSATUAK

3.2.2.1 Hosto palmatuak, 5-9 foliolo artean (ohikoena 7), ertz zerraduna eta puntadunak. Fruitua gaztaina zimela deritzo.....**AESCULUS HIPPOCASTANUM**


3.2.2.2 Hosto inparipinnatuak, forma lantzeolatua eta ertz zerraduna.....**FRAXINUS EXCELSIOR**

**\*“PictureThis” APLIKAZIO DIGITALA (<https://www.picturethisai.com/es/>)**

Erabilpena oso erraza da. Aplikazioa irekitzean “Identificar” deituriko botoi bat sakatu behar da, eta ondoren, identifikatu nahi den landarearen argaki bat atera edo artxiboetatik igo (hosto, fruitu edota loreen argazkiak erabiltzen badira emaitza fidagarriak lortzen dira). Aplikazioak argazkia analizatu eta landare mota identifikatuko du; horrekin batera, landarearen informazio anitz helaraziko digu: izen arrunta, izen zientifikoa, sinonimoak, deskribapena, irudiak, ezaugarriak, hazteko faktore abiotiko aproposak, sailkapen taxonomikoa, distribuzioa eta intereseko datuak.



**\*IKASLE BAKOITZAK HURRENGO EGUNERAKO ENTREGATU BEHAR DUEN TXOSTENA OSATZEKO ADIBIDE-ORRIA:**

<b>LANDAREDIA</b>	
<b>Izen arrunta</b>	
<b>Izen zientifikoa</b>	
<b>Distribuzio-eremua (margotu)</b>	
<b>Landarearen deskribapen orokorra</b>	
<b>Loratze-urtaroa</b>	
<b>Ibaitik zenbateko ditantziara dago</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ibaiertzetik hurbil</li> <li>● Batzuetan ur-goraldiak iristen diren eremua</li> <li>● Ur-goraldien irismenetik kanpo</li> </ul>
<b>Altuera</b>	

**Landarearen marrazkia edo argazkia**

**Hostoaren deskribapena**

**\*Bestelako oharrak (lorearen deskribapena, fruitu mota...)**

## 2. Praktika: Ibaiko ur-kalitatearen analisia faktore fisiko-kimikoei erreparatuz.

-Kurtsoa eta irakasgaia:

3. DBH, Biologia eta Geologia.

-LOMLOE-ko kurrikuluma jarraituz landuko diren oinarritzko jakintzak:

A. Atala: Proiektu zientifikoa:

·A.4 Erantzuna galdera zientifikoei esperimendazioaren eta landa-lanaren bidez: erraminta eta beharrezkoak diren espazioen erabilpena (laborategia, ikasgela, ingurunea, eta abar).

·A.6 Fenomeno naturalen behaketa eta datuen bilketarako metodoak.

-NGGS-ko kontzeptu egituratzailea:

**Egonkortasuna eta aldaketa:** Sistemaren zati batean faktore aldaketa txikiek aldaketa handiak eragin ditzazkete. Ekosistemak dinamikoak dira; haien ezaugarriak denborarekin alda daitezke. Ekosistema baten edozein osagai fisiko-kimiko edo biologikoak aldaketak eragin ditzake bere populazio guztietan.

Praktika honetan, faktore fisiko-kimikoen analisi praktikoa burutuko da, ur-kalitatearen maila zehazteko asmotan.

-Laburpena:

Praktika honetan, Arga ibaiko tarte bateko uren analisi fisiko-kimikoa burutuko da, uren-kalitatea zernolakoa den aztertzeke helburuarekin; izan ere, horrek eragin zuzena du ibaiko biodibertsitatean. Hortaz, hainbat faktore desberdin hartuko dira kontuan eta analizatuko dira *in situ*. Ibaiko ur-laginak hartu eta analisi fisiko-kimiko ezberdinak burutuko dira: giro tenperatura, ureko ur-tenperatura, uhertasuna, uraren oxigenazio-maila eta karbono dioxido maila, uretako amonio kontzentrazioak eta uretako pH maila hain zuzen ere.

-Helburuak:

- Faktore abiotikoez izaki bizidunak baldintzatzen dituztela ohartaraztea.
- Biodibertsitatearen defentsan eta kontserbazioan, ur-kalitatearen kontrolak duen garrantziaz konturatzeko.
- Gertuko ur-ingurune naturalean eta horren aberastasun zein biodibertsitatean eragina duten faktore fisiko-kimiko desberdinak ezagutzeko.
- Faktore fisiko-kimiko desberdinen azterketak/neurketak egiten ikastea eta tokian bertan esperimendazioa burutzeko.
- **MS-LS2-4:** "Ekosistema baten osagai fisiko edo biologikoen aldaketek populazioei eragiten dieten ebidentzia enpirikoetan oinarritutako argumentua eraiki".

-Tokia eta data:

Arga ibaiko tarte bat aukeratuko da, irizpide hauek kontuan hartuta: ikastetxetik hurbil egotea, irisgarritasuna eta parte hartzen duten ikasle guztiak hartzeko tartearen edukiera. Kontuan hartzeko beste parametro bat ibaitik ur-laginak hartzeko erraztasuna eta arrisku eza izanen da.

Ur-korronte handiko garaiak ekiditea gomendatzen da (prezipitazio handiko garaiak), arriskua murrizteko.

### -Denboralizazioa eta prozedura:

\*2 saio = 1 ordu eta 40 min gomendatzen da.

- Aztertuko den Arga ibai tartera joatea (5-10 min).
- Irakasleak izaki bizidunentzat eta biodibertsitatearen ongizatearentzat ur-kalitate onak duen garrantzia aurkeztuko du, eta baita horretarako ur-analisi jarraituak egin behar direla ere. Horrekin batera, praktika horretan landuko diren faktore fisiko-kimiko desberdinen aurkezpena burutuko da (zein den faktorea, zer neurtzen duen, zein eragin izan ditzake izaki bizidunetan, zein diren faktorearen balio onargarriak eta zeintzuk arriskutsuak, eta abar). Landuko diren faktore fisiko-kimikoak hurrengoak izanen dira: giro tenperatura, uretako tenperatura, uhertasuna, uraren oxigenazio-maila, uretan disolbatutako karbono dioxidoa, uretako amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) kontzentrazioak eta uretako pH maila (20 min).
- Horrekin batera, irakasleak ibaitik ur-laginak modu egokian nola hartzeko aholkuak eman eta demostrazioa egingen du (5 min).
- Jarraian, talde osoa 3-4 ikasleko talde txikiagotan banatuko da. Beharrezkoa den material osoa irakasleak izanen du (proba bakoitzeko behar diren errektiboak, esaterako). Taldetxo bakoitzak gidoi bat izanen du aztertu behar diren faktore fisiko-kimikoekin eta bakoitza nola neurtu behar den zehazten duen prozedurarekin. Gidoi horrek ere eginiko analisisien balioak interpretatzeko datuak barneratuko ditu (balioak ondorioztatzeko datuak eta jarraibideak, zein balio diren onak orokorrean izaki bizidunentzat, ur-kalitate onaren balio adierazgarriak...). Era berean, lortutako balioak apuntatzeko taula ere izanen dute taldetxo bakoitzak. Beraz, taldetxo bakoitza ibaiko ur-kalitatearen analisia burutu beharko du gidoian agertzen diren faktore fisiko-kimikoen neurketak eginiz eta lana haien artean banatuz (40 min).
- Bukatzeko, talde osoa berriz elkartuko da eta taldetxo bakoitzak aztertutako faktore fisiko-kimiko bakoitzerako lortutako balioak eta horien esanahia komentatuko du; hau da, ibaiko ur-kalitatea izaki bizidunentzat faboragarria den edo ez, eta horri buruzko hausnarketa bultzatuko da (20 min).
- Klasera bueltatu (5 min).

### -Materialak:

-Faktore fisiko-kimikoen analisirako gidoia (analisirako prozedura eta balioak ondorioztatzeko jarraibideak barneratzen dituen).

-Analisietatik lortutako balioak apuntatzeko taula.

-Analisietarako beharrezkoak diren errektiboak (gidoian zehazten dira, irakasleak izanen ditu).

-Saio-hodiak.

-Termometroak.

-Secchi diska.

-Prezipitatu ontziak.

-Kristal poteak.

-Irabiagailuak.

-Bolumena neurtzeko ontziak.

-Xiringak.

## \*FAKTORE FISIKO-KIMIKOEN ANALISIRAKO GIDOIA

### ARGA IBAIKO UR-KALITATEAREN ANALISIA: FAKTORE FISIKO-KIMIKOAK

Ibaiak dira paisaiaren egituratzaile nagusiak, eta haien presentziak landare- eta animalia-populazioen garapena baldintzatzen du, baita gizakiena ere. Aniztasun eta aberastasun handiko ekosistema konplexuak dira. Ingurumen-baldintza bereziak direla-eta, lotutako flora eta fauna ere bereziak dira. Ura da, zalantzarik gabe, biodibertsitatea baldintzatzen duena. Hortaz, uraren kalitatean eragiten duten faktore fisiko-kimikoak era jarraituan aztertzea ezinbestekoa da biodibertsitatearen defentsaren eta izaki bizidunen kontserbazioaren lanean.

### PARAMETRO FISIKOAK

Hurrengo parametroak neurtuko ditugu eta “Analisietatik lortutako balioak apuntatzeko taulan” apuntatu:

#### a) Giro tenperatura

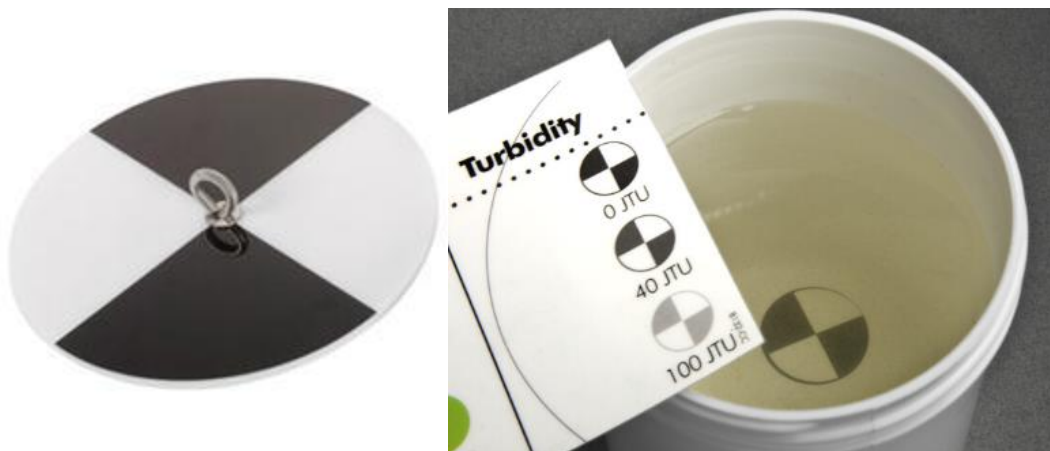
Horretarako, termometroa erabiliko dugu. Termometroa leku finko batean kokatu eta mintu batzuk utziko dugu neurketa-balioa egonkortu arte (8-10 min). Behin balioa egonkortuta, lortutakoa taulan apuntatuko dugu.

#### b) Uraren tenperatura

Prezipitatu ontzi batean ibaiko ura hartu eta termometroarekin uraren tenperatu neurtuko dugu. Minutu batzuk utziko dugu neurketa-balioa egonkortu arte (8-10 min). Analisisiko balioa taulan apuntatu.

#### c) Uraren uhertasuna

Uhertasuna neurtzeko *Secchi* diska erabiliko dugu (12. Irudia). Diskoa uretan sartzen da eta ikusten ez den puntura arte hondoratzen da (diskoa soka bati lotuta edukiko dugu). Zenbat eta sakonera handiago iritsi (guk ikusten dugun bitartean), ura gardenago egonen da, eta sakonera txikian ikusteari uzten bada, berriz, uhertasuna handia izanen da. Uhertasuna konparatzeko, emaitzak argazkiko txantiloiarekin konparatu.



12. Irudia. *Secchi* diska eta uhertasuna ondorioztatzen duen txantiloia.



## PARAMETRO KIMIKOAK

Analisi hauek aurrera eramateko, "JBL AQUATEST LAB" (<https://www.jbl.de/es?country=es>) produktua (13. Irudia) erabiliko da. Horrekin batera, analisi horiek egiteko beharrezkoak diren erreaktiboak zein balioak ondorioztatzeko jarraibideak lortzen dira.



**13. Irudia.** Parametro kimikoen analisiak burutzeko kutxa, beharrezkoak diren erreaktiboak zein jarraibide/txantiloiak dituena.

### **a) Uretan disolbaturiko oxigenoa (O<sub>2</sub>)**

Kasu honetan, analisia burutzeko tapa txuriko beirazko potea ibaiko uraz goraino bete beharko dugu (utzi lekua erreaktibo tanta batzuk gehitu behar baitira) eta ondoren erreaktiboak bota (erreaktiboak irakasleari eskatu) (14. Irudia):

1. 1. erreaktiboaren 6 tanta bota
2. 2. erreaktiboaren beste 6 tanta bota
3. 30 segunduz gogoz irabiatu
4. 3. erreaktiboaren 6 tanta bota
5. 30 segunduz gogoz irabiatu
6. Itxoin 10 min eta eskala kolorimetroan oinarrituz, lorturiko kontzentrazioa apuntatu.

Oxigenoa izaki bizidun gehienek bizitzaren elixirra da uretan, eta, beraz, funtsezkoa. Ura zenbat eta beroagoa izan, orduan eta oxigeno gutxiago disolbatu ahal izango da uretan. Horregatik, udan, gomendagarria eta beharrezkoa da ura aireztatzea. Substantzia kaltegarrien bakterioen degradazio-ahalmena oxigeno-kontzentrazio txikiegietara jaisten da, eta 2 mg/l baino gutxiagorekin arrainak itotzen hasten dira. Gertaera garrantzitsu bat da landareek oxigenoa sortzen dutela argiaren eraginpean daudenean, baina, hala ere, oxigenoa ere kontsumitzen dutela iluntasunean. Horregatik, landareak eta algak asko hazten diren garaietan, anoxia gertatu daiteke uretan, hots oxigeno eza. Ibaiko uretara ongarrri edo hondakinen isurtzen balin badira, egoera kaltegarri hori emendatzen da.

**25 ° C-tan gomendatutako balioa, 8 mg/l;** beste tenperatura batzuetan, taulak adierazten duenaren arabera (3. Irudia).



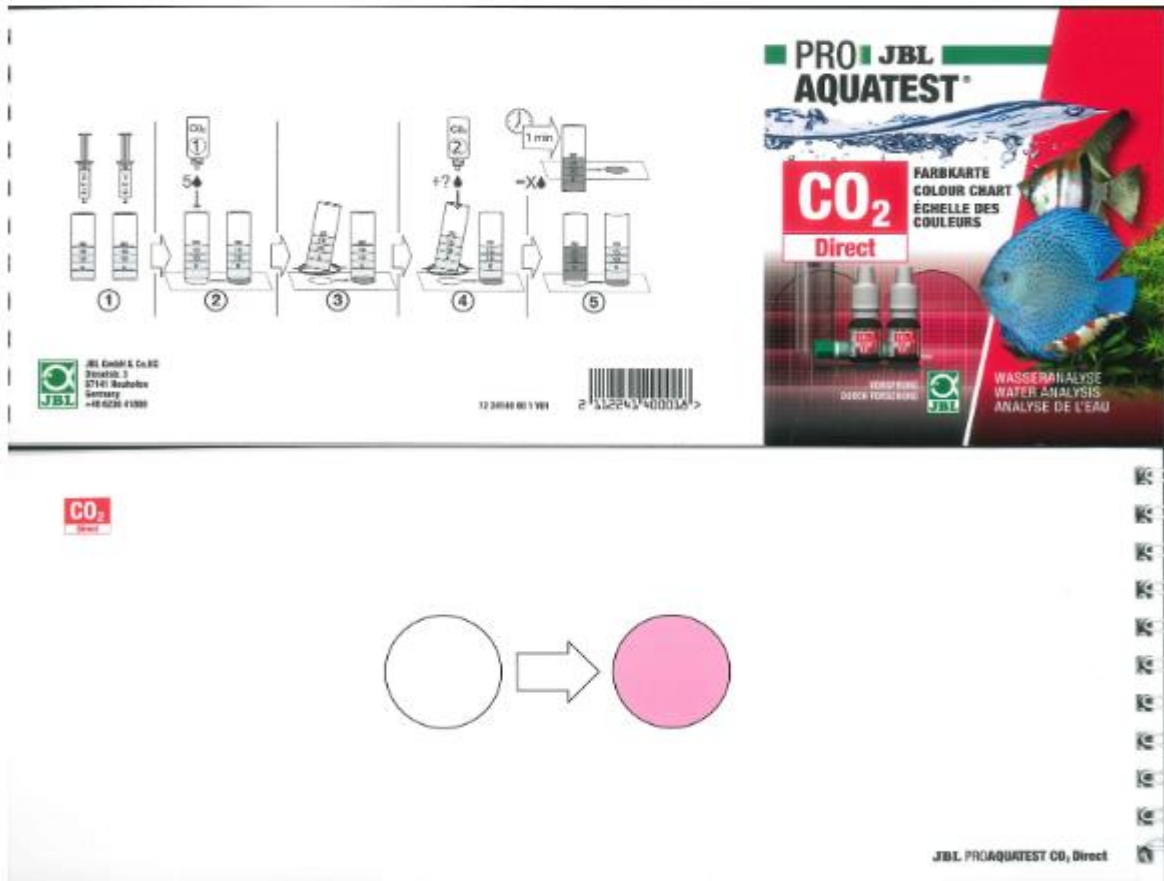
14. Irudia. Uretan disolbaturiko oxigenoa neurtzeko jarraibideak eta balioak konprobatzeko adibide zein taula.

#### b) Uretan disolbaturiko karbono dioxidoa (CO<sub>2</sub>)

Uretan disolbaturiko karbono dioxidoa neurtzeko prozedura hurrengoa da (15. Irudia):

1. Kasu honetan neurria burutzeko, 2 probeta graduatuak 20 ml ibaiko urarekin bete.
2. Bi probetak kolore-eskalaren gaineko hutsuneetan kokatu.
3. Hutsune txuriaren gaineko probetan isuriko ditugu erreaktibo guztiak, bestea kontrol bezala erabiliko dugu.
  - a. 1. erreaktiboaren 5 tanta bota eta irabiatu.
  - b. 2. erreaktiboaren 10 tanta gehitu, tanta bakoitzaren ondoren irabiatuz.
 Zenbatu tantak probetako ura gardena larrosa kolorea hartu arte (60 segunduz larrosa mantendu arte). Kolore larrosaren intentsitatea zehazteko, hutsune larrosaren gainean utzitako probetarekin konparatu.

\*2. erreaktiboaren 10 tanta= 20 mg/l CO<sub>2</sub>; hiruko erregela edo konbertsio faktoreak erabiliz, gure laginako CO<sub>2</sub> kontzentrazioa ondorioztatu.



**15. Irudia.** Uretan disolbaturiko karbono dioxidoa neurtzeko prozedura adierazten da.

CO<sub>2</sub> ibaiko landare eta alga askoren elikagai-iturri nagusia da, karbohidratoak, koipeak eta proteinak gizakiarentzako oinarritzko elikagaiak diren bezala. CO<sub>2</sub>-ren jatorria arrainen, bakterioen, landareen eta alga desberdinen arnasketa izaten ohi da. Hondakin isurketek, nekazaritzarako ongarriek eta abeltzaintzak kontzentrazio horiek emendatu ditzazkete, toxikoa ere bihurtu daitezkelarik izaki bizidun askorentzat (pH-a azidotzen baita). Zure uraren pH-aren balioa eta karbonatoen gogortasuna jakinda ere, hurrengo taulan (3. Taula) irakur dezakezu zenbat CO<sub>2</sub> dagoen zure ur-laginean, eta alderantziz. Uretako landare gehienek 14 eta 23 mg/l arteko CO<sub>2</sub> kontzentrazio handiagoak behar dituzte indartsu eta osasuntsu hazteko. Espezie oso delikatuak 23 eta 36 mg/l artean ere behar dituzte. **Gomendagarriena 20-35 mg/l-ko kontzentrazioa da.**

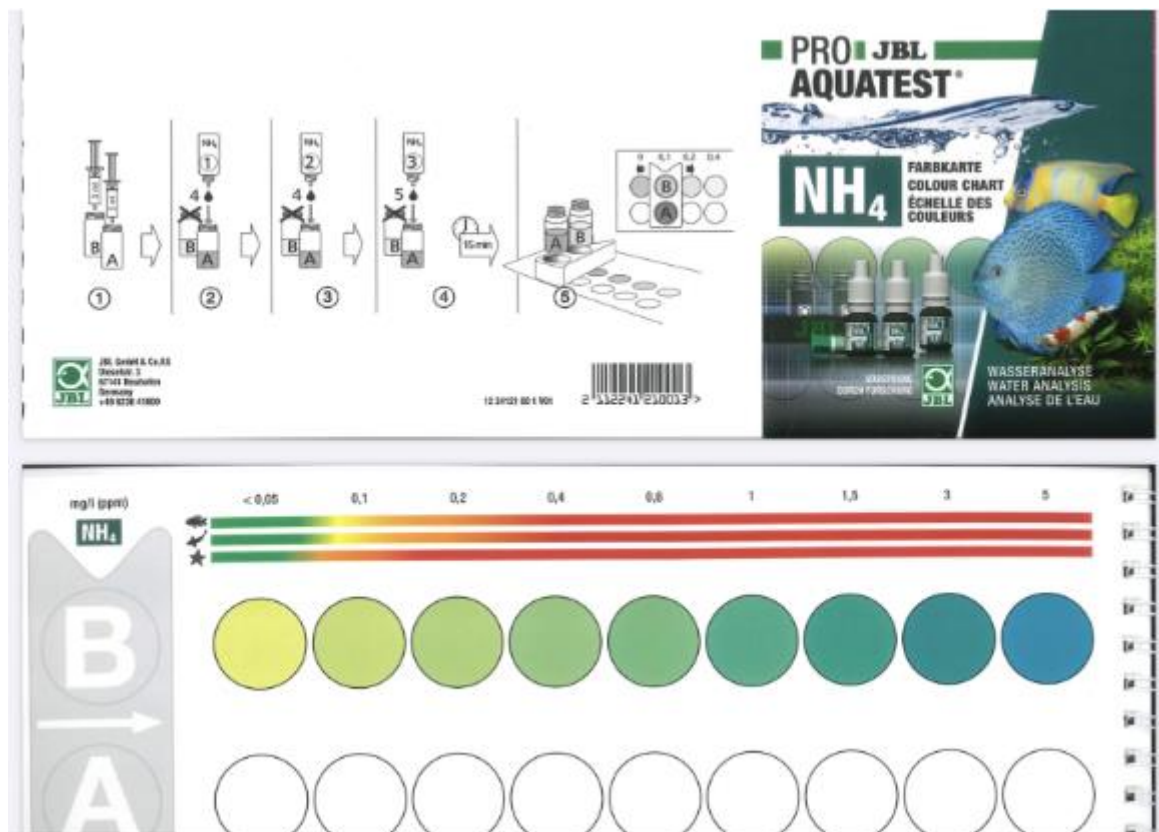
**3. Taula.** Ur-lagin baten pH-a, karbonatoen gogortasuna eta karbono dioxido kontzentrazioak (mg/l) erlazionatzen ditu. Karbono dioxido balio gomendagarriak urdin- berdez adierazten dira.

	KH 2	KH 4	KH 6	KH 8	KH 10	KH 12	KH 14	KH 16	KH 18	KH 20
pH 7,8	1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
pH 7,6	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15
pH 7,4	2	5	7	10	12	14	17	19	21	24
pH 7,3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
pH 7,2	4	8	11	15	19	23	27	30	34	38
pH 7,1	5	10	14	19	24	29	33	38	43	48
pH 7,0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
pH 6,9	8	15	23	30	38	45	53	60	68	76
pH 6,8	10	19	29	38	48	57	67	76	86	95
pH 6,7	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
pH 6,6	15	30	45	60	75	90	105	121	136	151
pH 6,4	24	48	72	96	119	143	167	191	215	239
pH 6,2	38	76	114	151	189	227	265	303	341	379

### c) Uretako amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) kontzentrazioak

Uretako amonio kontzentrazioak neurtzeko prozedura hurrengoa da (16. Irudia):

1. Hartu tapa txuriko beirazko 2 pote eta ibaiko uretan garbitu ondoren, xiringak erabiliz pote bakoitzean 5 ml ur bota.
2. Pote bat urarekin soilik utziko dugu, kontrola gisa erabiliko dugu, alegia.
3. Beste potean:
  - a. 1.go errektiboaren 4 tanta botako ditugu.
  - b. Ondoren, 2. errektiboaren beste 4 tanta bota.
  - c. Azkenik, 3. errektiboaren 5 tanta bota.
4. 15 min itxoin.
5. Ondoren, eskala kolorimetrikoaren gainean jarriko ditugu. Erreaktiboak bota ditugun potea kolore txurian kokatu behar dugu eta errektiborik gabekoa koloredun eskalan.
6. Goitik begiratuta antza gehien duen balioa izango da neurketaren erantzuna, hots, amonio kontzentrazioaren zenbatekoa.



**16. Irudia.** Ureko amonio kontzentrazioak neurtzeko prozedura eta emaitzetatik balioak ondorioztatzeko eskema adierazten da.

### Amonioa, nitritoa, nitratoa zikloa

Ibai-ekosisteman nitrogeno-konposatu mota ugari sortzen dira (hondakin moduan, bakterioek burutzen duten fixapenagatik, edota desnitrifikazio prozesuengatik, esaterako), eta horiek kantitate jakin batzuetan, animalietan arazoak edo heriotza eragin ditzakete. Horregatik, beharrezkoa da erregularitasunez neurtzea amonioaren ( $\text{NH}_4$ )/amoniakoaren ( $\text{NH}_3$ ), nitritoen ( $\text{NO}_2$ ) eta nitratoen ( $\text{NO}_3$ ) kontzentrazioak.

Askotan nitrogenoaren zikloaz hitz egiten da, non aipatutako konposatu bakoitza hurrengoan degradatzen den. Degradazio-prozesu horiek ur-sisteman eta substratuan gertatzen dira batez ere. pH mailaren arabera eta bakterioen aktibitatearen arabera, konposatu nitrogenatu bat edo beste gailenduko da. Nitratoa eta amoniakoa dira ur-sistematan nitrogenoaren forma ohikoenak; nitratoa nagusi da kutsatu gabeko uretan; amoniakoa ere kutsatzaile garrantzitsuenetako bat da, nahiko arrunta delako, baina toxikoa izan daiteke, ugalketa eta hazkundera gutxituz edo heriotza eraginez.

#### Amonio kontzentrazioa

Hortaz, **gomendatutako balioa < 0,2 mg/l**-koa da (pH-aren balioaren arabera aldatu daiteke). Nitrogenoaren degradazio-kateko lehen katebegia da. Amonioa zuzenean bereizten da arrainen brankien bidez, edo proteinen degradazio bakteriarren ondorioz. Amonioa (NH<sub>4</sub>) ez da kaltegarria, baina uretako kontzentrazio handia bada, arrainek ezin dute amonioa brankien bidez «bota». pH-aren balioa 6,0tik gorakoa bada, amonioaren zati bat amoniako toxiko bihurtzen da. Normalean, bakterioek azkar degradatzen dute sortutako amonioa, lehenik nitritoan eta gero nitratoan bihurtuz. Uretan amonioa detektatuko balitz, horrek bakterioen degradazio-prozesua aldatuta dagoela adieraziko luke eta beraz, kalteak ur-ekosisteman.

#### **d) Uraren pH maila**

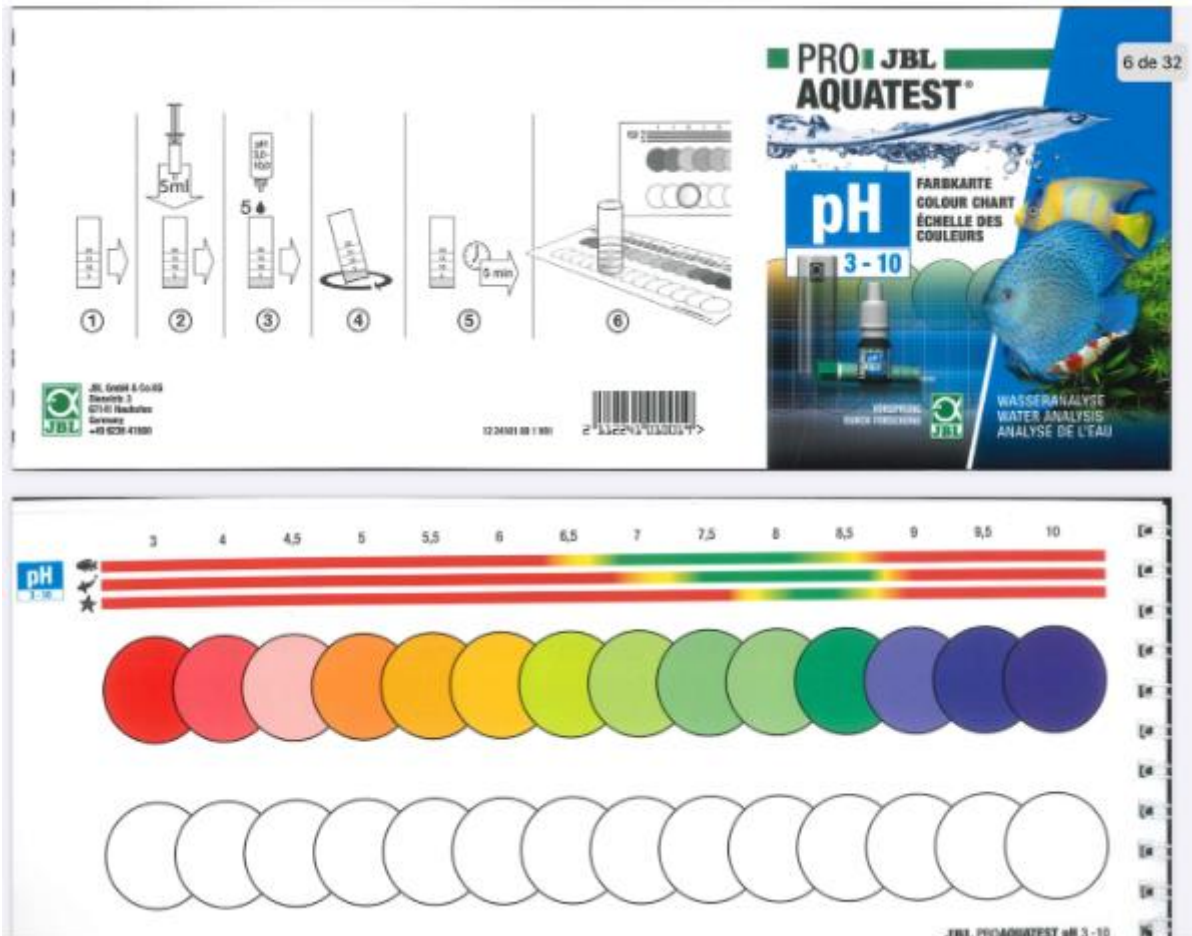
Uraren pH maila (azidotasan-maila) neurtzeko prozedura hurrengoa da (17. Irudia):

1. Bete ontzi bat 5 ml ibaiko urarekin. Neurri hau lortzea errazagoa da ura xiringaren laguntzaz botatzen badugu.
2. Erreaktiboaren 5 tanta bota
3. Irabiatu
4. 5 min itxoin
5. Eskala kolorimetrikoan oinarrituz pH balioa apuntatu.

pH-aren balioak uraren azidotasuna eta alkalinitasuna erakusten ditu. Zenbat eta azido gehiago eduki urak (zenbat eta azidoagoa izan), orduan eta txikiagoa izango da pH-aren balioa. Zenbat eta azido gutxiago, hau da, zenbat eta base gehiagok eduki ura (zenbat eta alkalinoagoa izan), orduan eta handiagoa izango da pH-aren balioa. pH-aren balio gomendatua lortzen ez denean, izaki bizidunek ez dituzte bizitzeko baldintza egokiak izanen. Bakterio-jarduera ere asko jaisten da, eta sei baino gutxiago diren pH-ko balioetan ia desagertu egiten da. pH-a balio eskala logaritmikoan adierazten da, hau da: pH-a 8 izatetik 7 izatera murrizteak azidotasuna hamar aldiz handitzea esan nahi du, eta 8 eta 6 artean, ehun aldiz.

Izaki bizidunentzako **balio orokor optimoa 6,5-7,5 artean** kokatzen da, tarteko pH-a hain zuzen ere, ez azidoegia, ez basikoegia.





17. Irudia. Uretako pH-a neurtzeko prozedura eta balioa ondorioztatzeko konparazio-eskema adierazten da.

\*Ur-kalitatea ondorioztatzeko laburbiltze-taulak (4.Taula):

4. Taula. Lortutako analisi-balioetatik (uretan disolbaturiko oxigenoa, mg/l; uretan disolbaturiko karbono dioxidoa, mg/l; uretako amonio kontzentrazioak, mg/l; pH maila), ur-kalitatea ondorioztatzeko txantiloak.

Uretan disolbaturiko oxigenoa (O <sub>2</sub> )	Uretan disolbaturiko karbono dioxidoa (CO <sub>2</sub> )
0-3,5 Ur-kalitate TXARRA	<20 Ur-kalitate TXARRA
3,5-4,5 Ur-kalitate ERTAINA	20-35 Ur-kalitate ONA
4,5-10 Ur-kalitate ONA	>35 Ur-kalitate TXARRA

Uretako amonio kontzentrazioak (NH <sub>4</sub> )
<0,08 Ur-kalitate ONA
0,08-0,2 Ur-kalitate ERTAINA
>0,2 Ur-kalitate TXARRA

Uraren pH maila
<6,5 Ur-kalitate TXARRA
6,5-7,5 Ur-kalitate ONA
7,5-8,5 Ur-kalitate ERTAINA
>8,5 Ur-kalitate TXARRA

## ARGA IBAIKO FAKTORE FISIKO-KIMIKOEN DATUAK (URTEA)

LAGINKETA PUNTUA (ahal izatekotan koordinatuak)	
TALDEA	
IRAKASLEA	
IKASLEAK	
DATA	
ORDUA	

### PARAMETRO FISIKOAK

PARAMETROA	NEURKETAREN BALIOA	IZAKI BIZIDUNENTZAKO EGOKITASUNA
Giro- tenperatura, °C		
Uraren tenperatura, °C		
Uhertasuna (handia, ertaina, txikia...)		

### PARAMETRO KIMIKOAK

PARAMETROAK	NEURKETAREN BALIOA	UR-KALITATEA
Disolbatutako oxigenoa (O <sub>2</sub> )		
Disolbatutako karbono dioxidoa (CO <sub>2</sub> )		
pH maila		
Amonio kontzentrazioak (NH <sub>4</sub> )		

### 3. praktika: Ibaiko ur-kalitatearen analisia makroornogabeak adierazletzat erabiliz.

-Kurtsoa eta irakasgaia:

4. DBH, Biologia eta Geologia.

-LOMLOE-ko kurrikuluma jarraituz landuko diren oinarritzko jakintzak:

A. Atala: Proiektu zientifikoa:

·A.5 Erantzuna galdera zientifikoei esperimendazioaren eta landa-lanaren bidez: erraminta eta beharrezkoak diren espazioen erabilpena (laborategia, ikasgela, ingurunea, eta abar).

·A.7 Fenomeno naturalen behaketa eta datuen bilketarako metodoa.

·A.8 Emaitzen analisirako metodoak. Korrelazio eta kausalitatearen bereiztea. Parametro eta indize biologikoen erabilpena: bioindikatzaileak, emaitzen estimaziorako.

-NGGS-ko kontzeptu egituratzailea:

**MS-LS2-1:** “Datuak aztertzea eta interpretatzea, baliabideen eskuragarritasunak ekosistema bateko organismoetan eta organismo-populazioetan dituen ondorioak frogatzeko”.

**Kausa-efektu erlazioak:** erlazio horiek fenomeno naturalak aurreikusteko erabil daitezke. Segun eta ur-kalitatea zein izan, biodibertsitate-balioak hobeak edo txarragoak izanen dira eta alderantziz. Organismoak eta organismoen populazioak beste izaki bizidun batzuekiko nahiz bizidunak ez diren faktoreekiko beren ingurumen-elkarrekintzaren mende daude. Landuko den gaitasuna datuak aztertzea eta interpretatzea izanen da, fenomenoaren ebidentzia emateko.

Bioaniztasunak lurreko eta ozeanoko ekosistemetan dauden espezieen barietatea deskribatzen du. Ekosistema baten biodibertsitatearen osotasuna edo egoera bere osasunaren neurri gisa erabiltzen da.

-Laburpena:

Praktika honetan, Arga ibaiko tarte bateko ur-kalitatearen analisia burutuko da makroornogabeak adierazletzat erabiliz. Ur-kalitatearen zehaztapena, parametro eta indize biologikoak aplikatuz estimatuko da. Makroornogabeak ur-kalitatea aztertzeko oso metodo probetxugarria izan ohi da, izan ere, makroornogabe familia zehatz batzuk ur-kalitate oneko uretan bakarrik topatu ahal dira. Segun eta zein makroornogabe familia/taxoi topatu ibaian, ur-kalitatearen egoera onagoa edo txarragoa dela ondorioztatu daiteke. Praktikan, ibaitik makroornogabedun ur-laginak hartuko dira, laborategira eramanez dira han lupaz ikuskatu eta identifikatzeko helburuarekin (gida-dikotomikoen edo aplikazio digitalak erabiliz), eta azkenik, topatzen diren familia moten arabera, Arga ibaiko ur-kalitatea definituko da. Hori guztia, “GUADALMED”-ko 3. protokoloa (Jáimez-Cuéllar *et al.*) jarraituz burutuko da, IBMWP (“Iberian Biological Monitoring Working Party”) indizea aplikatuz.

-Helburuak:

- Ur ekosistema gezetako (ibaiak, aintzirak, urmaelak, urtegiak...) makroornogabeen laginketa egiten ikastea.
- Ikasleak makroornogabeen laginak identifikatzen hastea, lupa binokularren eta gako-taxonomikoen bidez edo aplikazio digitalen laguntzaz, laborategian.
- Ibaietako makroornogabe familia nagusiak behatzea.



- Makroornogabeen identifikazioaz eta IBMWP indizeaz baliatuz, ur-kalitatearen egoera ondorioztatzen ikastea, estimazioak egiten ikastea, alegia; bioindikatzailen erabilpenaz jabetzea.
- Makroornogabeak nahiz eta tamainaz txikiak izan, ibai-ekosistemaren sare trofikoan ezinbestekoak direla ikustaraztea.
- Giza-jarduerak ibaiko ur-kalitatean eta izaki bizidunen biodibertsitatean eduki ditzakeen eraginaz ohartaraztea eta horri garrantzia ematea.

-Tokia eta data:

1. atala, makroornogabeen laginketa Arga ibaiko tarte batean burutuko da, irizpide hauek kontuan hartuta: ikastetxetik hurbil egotea, irisgarritasuna eta parte hartzen duten ikasle guztiak hartzeko tartearen edukiera. Kontuan hartzeko beste parametro bat ibaitik ur-laginak hartzeko erraztasuna eta arrisku eza izanen da. Udaberri aldera egitea gomendatzen da (apirila-maiatza), hor ematen bai da makroornogabeen loraldia.

2. atala, makroornogabeen identifikazioa eta ibaiko ur-kalitatearen ondorioztapena (IBMWP indizea erabiliz) ikastetxeko laborategian egingen da.

-Denboralizazioa eta prozedura:

\*3 saio gomendatzen da, ez dute zertan jarraiak izan behar.

- 1. saioa: Ibaiko makroornogabeen laginketa
  - Aztertuko den Arga ibai tartera joan (5-10 min).
  - Irakasleak makroornogabeen inguruko sarrera labur bat egingen du (zer diren, familia nagusiak eta garrantzia ekologikoa, besteak beste), eta baita horien garrantzia azalduko du, bai ekosistemako sare trofikoarentzat zein bioindikatzaille moduan ur-kalitatea aztertzeko erabiltzerakoan. Horrekin batera, laginketa-metodologia aipatuko du (GUADALMED protokolo IBMWP indizea jarraituz, laginketa gidoian zehazten da zer modutan), eta laginketa demostrazio bat burutuko du (20 min).
  - Ikasleak bost taldetan banatuko dira eta talde bakoitzak ibaiko puntu zehatz bat aukeratuko du zoriz (laginketa-puntua, alegia). Talde bakoitzak laginketarako gidoia jarraituz (bertan zehazten da egin beharreko prozedura), bere puntuko ur-lagin bana hartuko du. Ur-lagin horiek laborategira eramanen dira eta hurrengo saio batean makroornogabeen identifikazioa egingen da (20 min).
  - Ikastetxera bueltatu (5 min).
- 2. eta 3. saioa: Laborategiko makroornogabeen identifikazioa
  - Laginketa-datatik gehienez aste bat edo bitara egitea gomendatzen da. Nahiz eta laginak alkoholarekin ongi mantendu, ebanporatu egin ohi da, eta horrekin batera, makroornogabeen desitxuraketa gerta daiteke. Ebanporazioa murriztearren, laginak leku fresko, lehor eta ilun batean gordetzea gomendatzen da identifikazio eguna arte.
  - Jarduera hasteko, laborategiaren deskribapen orokorra egingo da. Laginen eta lantresnen tratamendu egokirako gomendio orokor batzuk emanen dira. Gainera, bereziki azpimarratuko dira laborategian jarraitu beharreko segurtasun-arauak praktikan zehar (\*sarrera hau egitea edo ez, ez da derrigorrezkoa, irakaslearen esku geratzen da egitea beharrezkoa den edo ez) (5 min).
  - Irakasleak aurreko saioan harturiko ur-laginetatik makroornogabeak nola erauzi eta horien identifikazioa nola egiteko pausuak komentatuko ditu (laborategiko identifikazio gidoian agertzen den moduan). Horrekin batera, mahaiko lupa

binokularrak nola erabili eta behaketa-postuan dauden materialen (identifikaziorako gakoak, gidak, *RiuApp* aplikazio digitala) erabilera azalduko du (20 min).

- Talde bakoitzak bere ur-lagineko makroornogabeen identifikazioa burutu beharko du laborategiko identifikazio gidoia jarraituz eta azalduko materiala erabiliz (lupak, gako-dikotomikoak, gida taxonomikoak eta *RiuApp* aplikazio digitala) (50 min).
- Irakasleak ikusitako makroornogabeak bioindikatzailatzat nola erabili azalduko du (IBMWP indizea jarraituz): makroornogabe taxoi bakoitzari puntuazio bat egokitu zaio ur-kalitatea zehazteko duen adierazkortasunaren arabera. Indizea kalkulatzeko puntuazio horiek batu behar dira taxoia agertzen den edo ez kontuan hartuz (taxoia agertu edo ez da kontuan hartzen dena, indibiduo errepikatuak ez dira kontuan hartzen). Indize totalaren balioaren arabera, ur-kalitatea ondorioztatu ahalko da (indizea aplikatzeko jarraibideak jarraituz) (10 min).
- Talde bakoitzak irakaslearen behin irakaslearen azalpena entzunda, beren ur-laginako IBMWP indizea kalkulatu beharko dute, momentura arte identifikaturiko makroornogabe taxoiak kontuan hartuz eta indizea aplikatzeko jarraibideen bidez. *RiuApp* aplikazioarekin ere egin ahalko dute konparatzeko denbora izatekotan (15 min).
- Praktika bukatzeko, talde bakoitzak lortutako emaitza adieraziko du, eta talde osoan lorturiko emaitzak eztabaidatuko dira (onak diren edo ez, denok emaitza bera lortu duten edo ez, horren zergatia, zergatik taxoi batzuk soilik ur-kalitate oneko uretan agertzen diren...) (10 min).

#### -Materialak:

##### LAGINKETARAKO:

- Ibaian sartzeko botak
- Surber-sareak
- Baldeak
- Baheak
- Garbiketa-ontziak (hodidun-muturra duena)
- Koilara
- Lagin-poteak
- Alkohola (%70)
- Errotulagailuak (laginak identifikatzeko)

##### LABORATEGIKO IDENTIFIKAZIORAKO:

- Lupa binokularrak
- Erretiluak
- Baheak (1 mm-koak)
- Plastikozko pipetak
- Pintzak
- Petri plakak
- Identifikaziorako gako dikotomikoak, gida taxonomikoak.
- Identifikaziorako fitxa lagungarriak
- Ordenagailuak (*Riu App* aplikazio digitala)

## \*LAGINKETA EGITEKO GIDOIA

### LAGINKETA EGITEKO PROZEDURA

Aukeratutako ibai-tartean bost puntu zoriz aukeratu (talde bakoitzak puntu bat). Adibidez, aukeratu 100 m-ko tarte bat, eta kronometro bat zoriz gelditu; markatzen duen segundo-ehunena zuen 100m-ko tarte horren metroa da, non zuen laginketa egin beharko duzuen.

1. Laginketa puntuan gutxienez arra bete ur sakonera egon beharko da; sakonera maximoa besoek markatuko dute, eskuekin bentosera (hondoa) heldu behar baita. Bestalde, laginketak ur-lasterra dagoen puntuetan egoten saiatu beharko da, eta ez ur-geldoak dauden lekuetan.
2. Lagina Surber-sareak mugatutako 30 cm x 30 cm-ko eremua izanen da.
3. Lagin-eremuko materiala hartuko da (baliteke makroornogabetaz aparte, harri, legar edo area ere sartzea). Behin lagin-puntuak kokatuta, bentosa harrotu behar da 5-10 cm-ko sakonera arte (eskua sarturik). Korrontearen laguntzaz materiala sarean bilduko da. **\*Gogoratu Surber-sarea korrontearen kontra jarri behar dela, eta ziz-zag mugimendu txikiekin mantendu behar dela, harrotutako material osoa sarean zehar pasatzeko.** Lagina hartzeko garaian, 1-2 minutu erabiliko dira.
4. Surber sarean bildutako material guztia baldera irauliko da. Baldeak ura badauka, sareko materiala hobeto askatuko da.
5. Baldetik bahera bota materiala. Aprobetxatu topatutako harriak ongi garbitzeko eta bertan dauden makroornogabeak bahera erortzeko (ongi garbitu harriak bertan makroornogabe ugari atxikitzen baitira).
6. Joan material osoa (baheko sarea igarotzen duena) ertz batean pilatzen, garbiketa-ontziaren (hodidun muturreko ontzia) laguntzaz behar izatekotan. Koilara batekin material guzti hori lagin-potera pasatu
7. Material guztia lagin-potean dagoenean, bete alkoholarekin (%70) materiala estali arte. Laginak boligrafoarekin izendatu, talde bakoitza bere lagina identifikatu ahal izateko.

## \*LABORATEGIKO IDENTIFIKAZIORAKO GIDOIA

### MAKROORNOGABEEN IDENTIFIKAZIORAKO GIDOIA

Lagin-poteetatik makroornogabeak erazi:

1. Talde bakoitzak bere lagin-potea hartuko du.
2. Harraskan 1 mm-ko bahe bat ipini eta lagin-potea horren gainean bota. Urez garbitu gainazala bahetik pasa daitekeen material guztia pasarazteko.
3. Bahean geratu den guztia erretiluetara pasa bertan dauden makroornogabeen identifikazioarekin hasteko.

Makroornogabeen identifikazioa:

- Erretiluan dauden makroornogabeak begi bistaz identifikatzea oso zaila da. Beraz, pintxa finen edo plastikozko pipetaren laguntzaz, makroornogabeak hartu eta Petri plakara pasa behar dira lehenengo (**\*Gogoratu Petri plakan ur pixkat bat gehitzen makroornogabeak ez desitxuratzeko**).
- Petri plaka lupa binokularraren azpian jarri eta ongi enfokatu makroornogabearen egitura eta morfologia ongi bereizten den arte.

- Mahai gainean dituzuen gako dikotomikoak, gida taxonomikoak edo ordenagailu/mugikorretan *Riu App* aplikazio digitala erabiliz, saiatu zure laginean topatzen diren makroornogabeak identifikatzen.
- Ongi apuntatu aurkitzen dituzun makroornogabe guztien taxonak. Izan ere, gero horiek erabiliko ditugu ur-kalitatea ondorioztatzeko.

### **\*IDENTIFIKAZIORAKO LAGUNGARRIAK**

#### Gako dikotomikoak eta gida taxonomikoak

\*Oscos, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro.

\*Oscos, J. (2009). *Macro-invertebrados de la Cuenca del Ebro. Guía de campo*. Confederación Hidrográfica del Ebro.

\*Roldán Pérez, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. El Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis". ISBN 958-9129-04-8

\*Moisan, J. (2010). *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. ISBN : 978-2-550-58397-4.

\*Stroud Water Research Center. (2021a). *Macroinvertebrate Identification Key*. 2023 ko maiatzaren 20an kontsultatua, <https://stroudcenter.org/macros/key/> webgunetik.

#### RiuApp aplikazio digitala

RiuNet - Home - FEHMLab (ub.edu): <https://www.ub.edu/fem/index.php/es/inici-riunet-es>.

Ibaiko egoeraren testak egiteko aukera ematen duen aplikazio digitala da. Test hidrológicoak, test hidromorfológicoak eta test biológicoak barneratzen ditu. Gure kasuan, test biológicoak interesatzen zaizkigu. Aplikazioak makroornogabeak identifikatzeko gako dikotomiko bat hartzen du bere barne, eta behin lagineko makroornogabe familiak jakinda, ur-kalitatea zein den konprobatzeko balio du (18. Irudia).

Información



**Rhyacophilidae**

**Taxonomía**  
 Fila: Artrópodo  
 Familia: Rhyacophilidae  
 Clase: Insecta  
 Orden: Trichoptera












**¿Cómo se identifica?**  
 Larvas relativamente grandes, solo tienen el primer segmento torácico esclerificado (se ve más oscuro y con manchas negras, igual que la cabeza). Habitualmente tienen branquias en el abdomen en posición lateral, nunca ventrales (como las Hydropterycha). Las uñas posteriores son muy fuertes y se sitúan en unos pseudópodos largos. A veces tienen un color verde intenso.

**En vivo**  
 En la bandeja los veremos moverse rápidamente buscando presas; si quedan en la columna de agua, nadan curvando el cuerpo repetidamente. Si nos los ponemos en la mano, intentan mordernos.

**Hábitat y alimentación**  
 Viven en lugares con corriente moderada o fuerte, en sustratos duros, como por ejemplo: piedras. Se mueven mucho entre sustratos buscando las presas, puesto que son depredadores de otros invertebrados.

**Tamaño**

Test Biológico

<input checked="" type="checkbox"/>		Anisoptera	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		Nemouridae	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Leuctridae	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		Perlidae, Perlodidae	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Ephemeroidea	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		Polimitarcidae	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		Heptageniidae	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		Baetidae	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Caenidae	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		Ephemerellidae	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Leptophlebiidae	<input type="checkbox"/>

Resumen  
Puntos: 9 / 10

**FINALIZAR TEST**

18. Irudia. *RiuApp* aplikaziotik ateratako irudiak dira, non makroornogabe espezie jakin baten argazki-deskribapena ikus daiteke, ur-kalitatea konprobatzeko egin daitekeen test biologikoarekin batera.

**\*IBMWP INDIZEA APLIKATZEKO JARRAIBIDEAK**

UR-KALITATEAREN ANALISIA MAKROORNOGABEAK BIOINDIKATZAILTZAT ERABILIZ. IBMWP INDIZEA

Makroornogabe familia bakoitzari puntuazio bat egokitu zaio ur-kalitatea zehazteko duen adierazkortasunaren arabera. Makroornogabe batzuk soilik ur-kalitate oneko ibaietan bizi daitezke eta beraz, horiek aurkitzeak ur-kalitate onaren islada da. Indizea kalkulatzeko puntuazio horiek batu behar dira familia agertzen den edo ez kontuan hartuz (\*familia agertu edo ez da kontuan hartzen dena, indibiduo errepikatuak ez dira kontuan hartzen). Indize totalaren balioaren arabera, ur-kalitatea ondorioztatu ahalko da.

\* GUADALMED (PRECE) protokolutik ateratakoa (196 eta 201 orriak):

Iturria: Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., & et al. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(3-4), 187-204. <https://doi.org/10.23818/limn.21.25>

**Protocolo GUADALMED (PRECE)**

**201**

**Anexo.** Hojas de campo del IBMWP, IHF y QBR usadas en el proyecto GUADALMED. *Field sheets for the IBMWP, IHF and QBR indices used in the Guadalmed project.*

<b>IBMWP</b>								
Río:	Fecha:		Localidad:			Identificado por:		
<b>TAXÓN</b>	<b>PTS</b>	<b>Abund</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>PTS</b>	<b>Abund</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>PTS</b>	<b>Abund</b>
TRICLADIDA			ODONATA			TRICHOPTERA		
Dendrocoelidae	5		Aeshnidae	8		Beraeidae	10	
Dugesiiidae	5		Calopterygidae	8		Brachycentridae	10	
Planariidae	5		Coenagrionidae	6		Calamoceratidae	10	
OLIGOCHAETA	1		Cordulegasteridae	8		Ecnomidae	7	
HIRUDINEA			Corduliidae	8		Glossosomatidae	8	
Erpobdellidae	3		Gomphidae	8		Goeridae	10	
Glossiphoniidae	3		Lestidae	8		Hydropsychidae	5	
Hirudidae	3		Libellulidae	8		Hydroptilidae	6	
Piscicolidae	4		Platycnemididae	6		Lepidostomatidae	10	
MOLLUSCA			PLECOPTERA			Leptoceridae	10	
Ancylidae	6		Capniidae	10		Limnephilidae	7	
Bithyniidae	3		Chloroperlidae	10		Molannidae	10	
Ferrissidae	6		Leuctridae	10		Odontoceridae	10	
Hydrobiidae	3		Nemouridae	7		Philopotamidae	8	
Lymnaeidae	3		Perlidae	10		Phryganeidae	10	
Neritidae	6		Perlodidae	10		Polycentropodidae	10	
Physidae	3		Taeniopterygidae	10		Psychomyiidae	8	
Planorbidae	3		HETERÓPTERA			Rhyacophilidae	7	
Sphaeriidae	3		Aphelocheiridae	10		Sericostomatidae	10	
Thiaridae	6		Corixidae	3		Thremmatidae	10	
Unionidae	6		Gerridae	3		LEPIDOPTERA		
Valvatidae	3		Hydrometridae	3		Pyralidae	4	
Viviparidae	6		Mesoveliidae	3		DIPTERA		
HYDRACARINA	4		Naucoridae	3		Athericidae	10	
OSTRACODA	3		Nepidae	3		Blephariceridae	10	
AMPHIPODA			Notonectidae	3		Ceratopogonidae	4	
Corophiidae	6		Pleidae	3		Chironomidae	2	
Gammaridae	6		Veliidae	3		Culicidae	2	
ISOPODA			NEUROPTERA			Dixidae	4	
Asellidae	3		Sialidae	4		Dolichopodidae	4	
DECAPODA			COLEOPTERA			Empididae	4	

Astacidae	8	Chrysomelidae	4	Ephydriidae	2
Atyidae	6	Curculionidae	4	Limoniidae	4
Palaemonidae	6	Dryopidae	5	Muscidae	4
EPHEMEROPTERA		Dytiscidae	3	Psychodidae	4
Baetidae	4	Elmidae	5	Ptychopteridae	4
Caenidae	4	Gyrinidae	3	Rhagionidae	4
Ephemerellidae	7	Haliplidae	4	Sciomyzidae	4
Ephemeridae	10	Helodidae	3	Simuliidae	5
Heptageniidae	10	Hydraenidae	5	Stratiomyidae	4
Leptophlebiidae	10	Hydrochidae	5	Syrphidae	1
Oligoneuriidae	5	Hydrophilidae	3	Tabanidae	4
Polymitarcidae	5	Hygrobiidae	3	Thaumaleidae	2
Potamanthidae	10	Noteridae	3	Tipulidae	5
Prosopistomatidae	7	Psephenidae	3		
Siphonuridae	10	Scirtidae	3		

Número ind.	Abund.	Otros organismos
1-3	1	Cambaridae
4-10	2	Dreissenidae
11-100	3	Hydriidae
> 100	4	

Los rangos de calidad según el índice IBMWP son:

Estado Ecológico	CALIDAD	IBMWP	Color
<i>Muy Bueno</i>	<i>Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.</i>	≥ 101	Azul
<i>Bueno</i>	<i>Aceptable. Son evidentes algunos efectos de contaminación.</i>	61-100	Verde
<i>Aceptable (=Moderado)*</i>	<i>Dudosa. Aguas contaminadas.</i>	36-60	Amarillo
<i>Deficiente</i>	<i>Crítica. Aguas muy contaminadas.</i>	16-35	Naranja
<i>Malo</i>	<i>Muy crítica. Aguas fuertemente contaminadas</i>	<15	Rojo

\* Hay que señalar que en la versión inglesa de la Directiva Marco del agua, se lee "Moderate", que ha sido traducida al castellano como "Aceptable" en vez de como "Moderado", indicando que existe una alteración (ver Ortiz, en este volumen)

#### 4. praktika: Ibaiko ur-kalitatearen analisisa makrofitoak eta algak adierazletzat erabiliz.

##### -Kurtsoa eta irakasgaia:

Batxilergo 1.maila, Biologia, Geologia eta Ingurumen Zientziak irakasgaian.

##### -LOMLOE-ko kurrikuluma jarraituz landuko diren oinarritzko jakintzak:

B. Atala: Ekologia eta iraunkortasuna:

·B.1 Ingurumen naturala motore ekonomiko eta sozial gisa: ingurumen-inpaktuaren ebaluazioaren garrantzia eta errekurto zein hondakinen gestio arduratsuen garrantzia. Ingurune osasunaren, giza-osasunaren, eta bestelako izaki bizidunen osasunaren arteko lotura, one health (osasun bakarra).

·B.6 Biodibertsitatearen galera: kausak eta ingurumeneko eta gizarteko ondorioak

·B.7 Hondakinen arazoa. Konposatu xenobiotikoak: plastikoak eta horien efektuak naturan, giza-osasunean eta beste izaki bizidunen osasunean. Hondakinen prebentzio eta gestio arduratsua.

##### -NGGS-ko kontzeptu egituratzailea:

**HS-LS4-5:** “Balora itzazu ingurumen-baldintzen aldaketak ekar ditzaketen baieztapenak: 1) espezie batzuetako banako kopurua handitu egiten da, 2) espezie berriak agertu egiten dira denboran, eta 3) beste espezie batzuk desagertu egiten dira”.

**Kausa-efektu erlazioak:** Ebidentzia enpirikoa behar da kausa eta korrelazioa bereizteko eta kausa eta efektu zehatzei buruzko baieztapenak egiteko.

Ingurune fisikoan gertatzen diren aldaketek, izan berez gertatutakoak, izan gizakiak eragindakoak, lagundu dute, beraz, espezie batzuk hedatzen, espezie ezberdin berriak sortzen, populazioak baldintza ezberdinetan desbideratzen diren heinean, eta espezie batzuen gainbehera eta, batzuetan, iraungipena eragiten.

##### -Laburpena:

Praktika honetan, Arga ibaiko bi tarte desberdinetako ur-kalitatea konparatuko da, algak eta makrofitoak bioindikatzailatzat erabiliz. Makrofitoak eta bereziki algak ur-kalitatea aztertzeko oso metodo aproposa izan ohi da, izan ere, makrofito taxoi zehatz batzuk segun eta ur-kalitate zein izan, agertu egin daitezke edo ez, edota beren estaldura-maila desberdina izan daiteke. Gainera, makroalgak gehienbat arrokei finkatuta edo substratuari eutsita aurkitu daitezkenez, ur-kalitatearen indikatzaile onak dira, leku berdinean finko daudelako eta beraz, bertako faktore fisiko-kimikoen eragina ongi islatzen dutelako.

Praktikan, Arga ibaiko bi zonalde desberdinetako makrofitoak aztertuko dira, lehenengo zonaldea Iruñean sartu baino lehenagoko Arga Ibaiko tarte bati dagokio eta bigarrena, aldiz, Iruñea pasa osteko Arga Ibaiko tarte bati; hortaz, bi zonalde horiek konparatzearekin, hiriak ibaian sor dezakeen kutsadura-maila aztertuko da. Horretarako, klasea bitan banatuko da: egun batean, ikasle-erdiek zonalde bat aztertuko dute eta eremu horretako laginak aztertuko dituzte, gero laborategian makrofitoen identifikazioa egin ahal izateko; beste egun batean, berriz, beste klase-erdia beste zonaldearekin gauza bera egingen du. Laginketa-eguna egokitzen ez zaien ikasleak ikastetxean geratuko dira zaintza irakasle batekin (\*hori guztia lehenagotik adostuta egon behar du zuzendaritza-taldearekin). Modu horretan egingen da lan-talde maneigarriagoak izatearren eta irakaslearen kontrol-lana erraztearren. Laborategian behin bi zonaldeetako datuak lortu eta gero (makrofitoen



identifikazioa, horien estaldura eta ur-kalitatearen ondorioztapena), ikasleek bi zonaldeetako datuak konpartitu eta konparaketa burutuko dute, hiriak ibaiko ur-kalitatean izan dezakeen efektua aztertzeko asmoz.

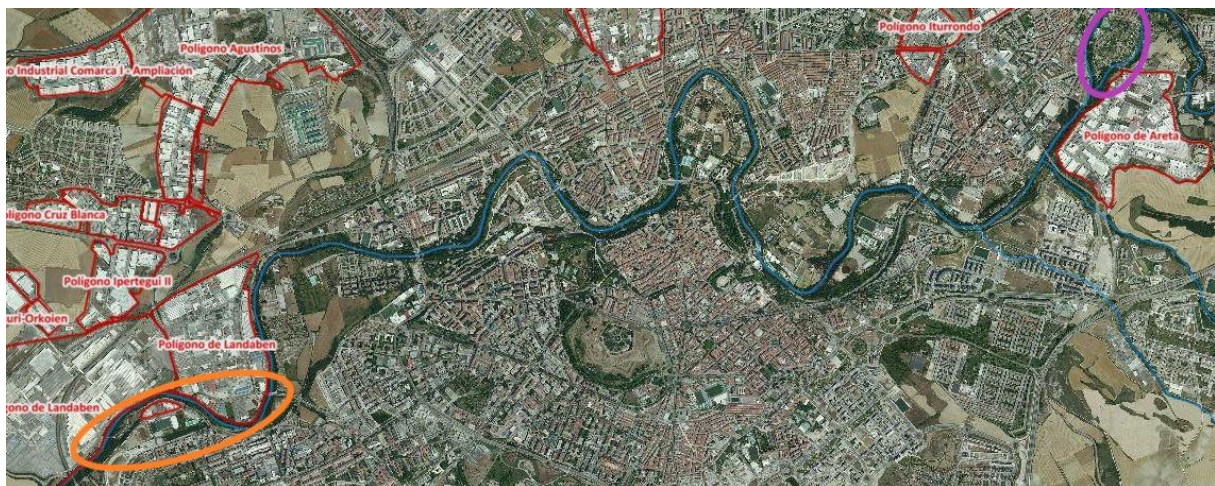
Ur-kalitatearen estrapolazioa makrofitoak erabiliz burutuko da, “Espainiako ibaietako makrofitoen indize biologikoa kalkulatzeko protokoloa” (Durán & Pardos, 2007) jarraituz eta IBMR indizea aplikatuz.

#### -Helburuak:

- Ur ekosistema gezetako (ibaiak, aintzirak, urmaelak, urtegiak...) makrofito eta algen *in situ* behaketa eta laginketa egiten ikastea.
- Ikasleak makrofito eta algen laginak identifikatzen hastea, laborategian gida bisualen bidez.
- Ibaietako makrofito eta alga taxoi nagusiak behatzea..
- Makrofito eta algen identifikazioaz eta IBMR indizeaz baliatuz, ur-kalitatearen egoera estimatzen ikastea; bioindikatzaileren erabilpenaz jabetzea.
- Giza-jarduerak ibaiko ur-kalitatean eta izaki bizidunen biodibertsitatean eduki ditzakeen eraginaz ohartaraztea eta horri garrantzia ematea.
- Bi zonalderen arteko datu biologikoen arteko konparaketak eta grafikoak egiten ikastea; Excel kalkulu-orriak maneiatzen ikastea.

#### -Tokia eta data:

1. atala, makrofitoen *in situ* behaketa eta laginketa, Arga ibaiko bi zonaldeetan burutuko da. Zonalde batekoa ikasleen erdiek egingen dute (irakaslearen laguntzaz) eta bestea beste klase-erdiak. Laginketa egitea egokitzen ez zaienean, ikasleak ikastetxean geldituko dira zaintza irakasle batekin (\*hori guztia lehenik zuzendaritzarekin adostu beharra dago). Zonalde bat hiria baino lehenago kokatuta egon beharko da (19. Irudia, morez) eta bestea ibaiak hiria zeharkatu ostean (19. Irudia, laranja). Irizpide hauek kontuan hartuko dira zonaldeak aukeratzeko: ikastetxetik ahalik eta hurbilen egotea, irisgarritasuna eta parte hartzen duten ikasle guztiak hartzeko tartearen edukiera. Kontuan hartzeko beste parametro bat ibaitik ur-laginak hartzeko erraztasuna eta arrisku eza izanen da.



**19. Irudia.** Iruñeako mapa hurrengo elementuak adierazten direlarik. Arga ibaia (urdinez), poligono zonaldeak (gorriz), hiria baino lehenagoko eta Areta poligono aurreko tarte gomendatua (morez), eta hiria eta Landaben poligono osteko tarte-gomendatua (laranja). Iturria: IDENA, Nafarroako geoportala; eraldatua.

2. atala, makrofito eta algen identifikazioa, eta ibaiko ur-kalitatearen ondorioztapena (IBMR indizea erabiliz) ikastetxeko laborategian egingen da (talde osoa elkarrekin).

3. atala, bi zonaldeetako datu biologikoen arteko konparaketa eta grafikoen prestakuntza (Excel bidez), ordenagailu-gelan burutuko da.

Ur-korrante handiko garaiak ekiditea gomendatzen da (prezipitazio handiko garaiak), izan ere, ikasleak laginketarako ibaian sartu beharko dira. Gomendagarriena udaberriaren ostean litzake, euri askorik gabeko aste baten ostean hain zuzen ere.

-Denboralizazioa eta prozedura:

\*2 saio klase-erdiarekin + 2 saio beste klase-erdiarekin + 3 saio klase guztia elkarrekin = Guztira 7 saio

- 1 eta 2. saioak (klase-erdiarekin) / 3. eta 4. Saioak (beste klase-erdiarekin): Ibaiko makrofito eta algen *in situ* behaketa eta laginketa
  - Aztertuko den Arga ibai tartera joan ( $\pm 20$  min; segun eta zein ikastetxean planteatzen den, denbora gehiago edo gutxiago beharko da). Esan bezala, klase-erdia hiri aurreko ibai zonaldera eta beste erdia, aldiz, hiri geroko zonaldera joanen da.
  - Irakasleak ibaietako makrofito eta algen inguruko sarrera laboratu egiten du (zer diren, familia nagusiak eta garrantzia ekologikoa, besteak beste), eta baita horien garrantzia azalduko du, bai ekosistemako sare trofikoarentzat zein bioindikatzailer moduan ur-kalitatea aztertzeko erabiltzerakoan. Horrekin batera, laginketa-metodologia aipatuko du: "Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro" jarraituz, prestatuturiko laginketa-gidoian azaltzen den moduan (20 min).
  - Dagokion zonaldean, ikerketa-tarte bat zehaztuko da, 15-20 m-ko luzerakoa. Irakasleak lehenagotik zonaldea bisitatu beharra dauka ikerketa-eremu egokia aukeratzeko (sakontasun handirik ez, ur-korrantea ez izatea, harriak bistan egotea...).
  - Ikasleak eremuan zehar banatuko dira eta guztion artean zehazturiko 15-20 m-ko eremua behatuko da. Batetik, ikasleek eremuan behatzen dituzten makrofito eta alga guztien laginak hartu beharko dituzte laginketa gidoia jarraituz, gero laborategian horien identifikazioa burutzearren. Era berean, makrofito edo alga bakoitzak ikerketa-eremuan duen estaldura-portzentaia apuntatuko dute (50 min).
  - Ikastetxera bueltatu ( $\pm 20$  min).
- 5. eta 6. saioa: Laborategiko makrofito eta algen identifikazioa, eta IBMR indizearen kalkulua
  - Irakasleak aurreko saioetan harturiko laginetatik makrofitoak eta algak nola tratatu eta horien identifikazioa nola egiteko pausuak komentatuko ditu (laborategiko identifikazio-gidoian agertzen den moduan). Horrekin batera, mikroskopio optikoak nola erabili (behar izatekotan), eta behaketa-postuan dauden materialen erabilera azalduko du (identifikaziorako gakoak edo gida bisualak) (20 min).
  - Talde bakoitzak bere zonaldeetik harturiko makrofito eta algen identifikazioa burutu beharko du laborategiko identifikazio gidoia jarraituz eta azalduko materiala erabiliz (gako dikotomikoak, gida bisualak eta mikroskopio optikoa) (55 min).
  - Irakasleak ikusitako makrofito taxoiak bioindikatzailerat nola erabili azalduko du (IBMR indizea jarraituz): makrofito taxoi bakoitzari eutrofizazio aurreko sentibilitatearen arabera (Csi) eta estenoikotasun mailaren arabera (Ki) puntuazio bat egokitu zaio. Bi datu horiekin eta makrofitoen estaldurarekin IBMR indizea kalkulatu daiteke, zeina ur-kalitatearen inguruko informazioa ematen duen. (10 min).
  - Talde bakoitzak irakaslearen behin irakaslearen azalpena entzunda, beren zonaldeko IBMR indizea kalkulatu beharko dute, momentura arte identifikaturiko makrofito

taxoiak eta horien estaldurak kontuan hartuz, indizea aplikatzeko eskeiniko diren jarraibideen bidez. (15 min).

- Praktika bukatzeko, talde bakoitzak lortutako emaitza adieraziko du, eta talde osoan lorturiko emaitzak eztabaidatuko dira (onak diren edo ez, desberdintasunik dagoen bi zonaldeen artean, horren zergatia...) (10 min).
  - \*Saioak bukatzean, irakasleak bi taldeetan lorturiko datuak jasoko ditu orri batean idatzita (identifikaturiko taxoiak, horien estaldura-portzentaiak, talde bakoitzeko IBMR indizeak...).
- 7. saioa: Bi laginketa-puntuaren arteko datuen konparaketa eta grafikoaren eraikuntza Excel programa erabiliz
    - Irakasleak aurreko saioaren amaieran jasotako datu guztiekin (zonalde bakoitzean identifikaturiko taxoiak, estaldura, IBMR indizeak...) kalkulu-orri bat prestatuko du.
    - Praktikaren hasieran, honako eduki hauek azalduko dira, jardueraren aurkezpen eta sarrera gisa:
      - Lan-ingurunearen hastapenak: kalkulu-orriaren lan-ingurunea deskribatuko da, ikasleek espazioarekin ohitu daitezten eta bertatik mugitzen ikas dezaten (10 min).
      - Ondoren, ikasleak datuen irudikapen grafikoan sartuko dira. Grafikoaren garrantzia transmitituko da, eta datuak modu eraginkorragoan bistartzen lagunduko da. Aukera ugari erakutsiko dira: zirkularra, lerroak, zutabeak, etab. (15 min)
    - Ikasleen artean banatuko dira laborategian lortutako datuak (5. eta 6. saiotakoak, kalkulu-orri moduan). Ikasleek, banaka, entregatuko den fitxa batean planteatzen zaizkien galderei erantzun beharko diete, jasotako kalkulu-orriko datuak Excel bidez tratatuz (30 min; ez badute bukatzen, etxean bukatzeko eskatuko zaie).

-Materialak:

LAGINKETARAKO:

- Laginketarako gidoia
- Ibaian sartzeko botak eta latex eskularruak (urak kutsatuta daudela somatzen bada)
- Plastikozko erretiluak
- Labanak
- Poltsa hermetikoak
- Tapoidun kristalezko-hodiak
- Etiketak
- Errotulagailuak, boligrafoak eta orri txuriak
- Formaldehidoa (%4)

LABORATEGIKO IDENTIFIKAZIORAKO:

- Erretiluak
- Portak
- Pintzak, bisturiak
- Mikroskopia optikoak
- Identifikaziorako gako dikotomikoak, gida taxonomikoak.
- IBMR indizea aplikatzeko jarraibideak

DATUEN TRATAMENDURAKO:

- Ordenagailuak (Excel programa instalaturik)

## \*LAGINKETA EGITEKO GIDOIA

### MAKROFITOEN LAGINKETARAKO GIDOIA

Ur-ekosistemetako edozein substratu solidori lotuta bizi diren landareei aplikatzen zaie fitobentos terminoa. Makrofito terminoa, aldiz, begi hutsez ikus daitezkeen uretako landareei dagokie; besteak beste, landare baskularrak (kormofitoak), briofitoak, makroalgak eta zianobakterioak. Espainian, makrofitoetan oinarritutako adierazleak dituzten esperientziak gehienbat ikerketa-arloran mugatzen dira, eta horiek oraindik ez dira sartu Nafarroako Foru Aldundiak kudeatzen dituen kalitate-kontrolerako sareetan.

Makrofitoak baliagarritzat jotzen dira ingurunean sortzen diren presio fisiko-kimikoak detektatzeko eta horien jarraipena egiteko:

- Uraren gardentasun murrizketa.
- Mineralizazioaren aldaketa (eroankortasuna eta gazitasuna).
- Eutrofia.

Makrofitoak ere sentikorrek dira hurrengo presio hidromorfologikoen:

- Emari-erregimenaren aldaketak, ibaiaren jarraitutasuna eta ibai-oherearen ezaugarri morfologikoak.
- Aintziretako ur-mailaren aldaketa edo hezeguneetako uholde-aldiaren iraupena aldatzea.
- Basoaren ezaugarri morfologikoen aldaketa lakuetan.

#### LAGINKETARAKO PROZEDURA:

- Laginketa-puntua hautatzea:
  - Ibai-masaren baldintzen adierazgarri den estazioa (tarte) identifikatu behar da.
  - Tarte horrek luzera bat izan behar du, Nafarroako espezie bereizgarrien flora-osaera eta ugartasuna behar bezala islatzeko adina.
  - Tartearen luzera laginketaren hasieran ezarri behar da, eta eta laginketa guztietan mantendu, emaitzak konparagarriak izan daitezzen. Gure kasuan, 15-20 m.
  - Tartearen ezaugarriak (substratua, uraren sakonera, itzal-maila, emari-tarte) apuntatzea komeni da.
  - Emaria konstantea izan behar da eta itzal-maila nahikoa hobesten da; oro har, azpiegitura horiek makrofitoak haztea errazten dute eta. \*Kontuan hartu ibaian laginak hartzea sartuko garela, beraz ez da komeni sakontasun handia gure praktikatzen.
- Laginketa burutzea:
  - Laginak tarte osoko ibilbideetatik hartzen dira (luzera txikia bada, < 50 m), ertz batetik bestera sigi-saga joanda.
  - Makrofitoak biltzen joaten dira, eta *in situ* identifikatzen dira edo jaso egiten dira plastikozko edo prentsako poltsa batean, ondoren laborategian aztertu eta identifikatzeko.
  - Era berean, bere ugartasuna (estaldura-maila) jasotzen da, 1etik 5era bitarteko eskala kontuan hartuta (5. Taula) eta baita beste ezaugarri batzuk ere; hala nola, substratu mota, sakonera eta uraren abiadura (heina), itzal-maila, etab. Holako datuak etiketa batean idatzi eta laginarekin batera gorde.
  - Beharrezkoa bada eta laginak modu egokian mantentzeko formaldehidoa (%4) gehituko da kontserbaziorako (\*kontuz ibili, ibaiarentzat toxikoa baita).

5. **Taula.** IBMR indizea kalkulatzeko protokolotik ateratako estaldura-abundantzia konbertsio-taula. Iturria: Protocólo de cálculo del índice biológico de macrófitos en ríos en España, 2014.

La información de partida consistirá en el listado de los taxones y sus porcentajes de cobertura obtenidos en el tramo de muestreo. Las clases de cobertura se transformarán a escalas de abundancia, según la siguiente tabla:

Clases de cobertura	Escala de abundancia IBMR en España
< 0,1-Presencia	1
0,1 - <1%-Raro	2
1 - <5%	3
5 - <10%	3
10 - <20%	4
20 - <30%	4
30 - <40%	4
40 - <50%	4
50 - <60%	5
60 - <70%	5
70 - <80%	5
80 - <90%	5
90 - 100%	5

#### \*LABORATEGIKO IDENTIFIKAZIORAKO GIDOIA eta IDENTIFIKAZIORAKO LAGUNGARRIAK

##### IDENTIFIKAZIORAKO PROZEDURA

- Aurreko saioetan harturiko laginak ongi ordenatuta mantenduko dira une oro (espezia eta horrek zuen estaldura/abundantzia datua ez nahasteko).
- Lehenik eta behin, makrofito/alga laginak begi bistaz identifikatzen saiatuko gara, gako dikotomikoak eta gida taxonomikoak erabiliz, edota gida bisualetako argazkiekin konparatuz (identifikazioa zaila izan daiteke botanikan aditua izan gabe, baina ahalik eta hoberen egiten saiatu behar gara).
- Mikroskopia optikoekin aztertzeko aukera ere egonen da. Beraz, bisturi baten laguntzaz, makrofito zati finak hartu eta portetara pasa behar dira lehenengo (**\*Gogoratu portan ur tanta bat gehitzen hobeto ikustearren**).
- Porta mikroskopia optikoaren azpian jarri eta ongi enfokatu makrofitoen egitura eta morfologia ongi bereizten den arte (irakasleak argibideak emanen ditu: “handipen-objektiboa handitzen joan banan-banan...”).
- Mahai gainean dituzuen gako dikotomikoak, gida taxonomikoak edo gida bisualak erabiliz, saiatu zure laginketan topatzen diren makrofitoak identifikatzen.
- Ongi apuntatu aurkitzen dituzun makrofito guztien taxonak eta bakoitzaren estaldura/abundantzia mailak. Izan ere, gero horiek erabiliko ditugu IBMR indizea kalkulatu eta ur-kalitatea ondorioztatzeko.

#### Gako dikotomikoak eta gida taxonomikoak

Giménez, P. (2009). *Macrófitos de la Cuenca del Ebro. Guía visual de campo*. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Fernández-Aláez, C., Aboal, M., Fernández-Aláez, M., & Corrochano, A. (2012). *ID-TAX. Catálogo y claves de identificación de organismos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (España). ISBN: 978-84-491-1201-0

Cirujano, S., Meco, A., García, P. & Chirino, M. (2014). *Flora acuática española. Hidrófitos vasculares*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

#### \*IBMR INDIZEA APLIKATZEKO JARRAIBIDEAK

Espanian, IBMR indizearen puntuazioa zehazteko, jarraian erakusten diren taula (6. Taula) eta formula (1. Formula) erabiltzen dira. Formula horretan, taxonen ugaritasuna/abundantzia ( $K_i$ , 1etik 5era), eutrofiarekiko sentikortasun-balioak ( $C_{si}$ , 1etik 20ra) eta estenoikotasunaren adierazpena ( $E_i$ , 1etik 3ra) erabiltzen dira. Ugaritasuna gure behaketarekin/laginketarekin zehaztu dugu eta taxoi bakoitzaren  $E_i$  eta  $C_{si}$  balioak jarraibide hauen amaierako oharretan kontsulta daitezke (7. Taula). Indize hau kalkulatzeko jarraian agertzen den formula aplikatuko da:

**6. Taula.** IBMR indize biologikotik, ibai-ekosistemako maila trofikoa, eta ondorioz ur-kalitatea, estimatzeko konbertsio-taula. Iturria: Protocolo de cálculo del índice biológico de macrófitos en ríos en España, 2014.

Nivel trófico	Valor IBMR
Muy bajo	IBMR >14
Bajo	12 < IBMR ≤ 14
Medio	10 < IBMR ≤ 12
Elevado	8 < IBMR ≤ 10
Muy elevado	IBMR ≤ 8

$$IBMR = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \times K_i \times C_{si}}{\sum_{i=1}^n E_i \times K_i}$$

Dónde:

- $E_i$ : Valor de indicación de la estenoicidad (1-3)
- $K_i$ : estima de abundancia de cada taxón utilizando una escala del 1 al 5
- $C_{si}$ : valores de sensibilidad respecto a la eutrofia (1-20)

**1. Formula.** IBMR indizearen balioa kalkulatzeko formula eta horretatik ur-kalitatea zehazteko nondik-norakoak zehazten da. Iturria: Protocolo de cálculo del índice biológico de macrófitos en ríos en España, 2014.

\*Oharrak:

7. Taula. Taxoi bakoitzaren Ei eta Csi balioak zehazten duen taula. Iturria: Protocolo de cálculo del índice biológico de macrófitos en ríos en España, 2014:

Nombre taxón	Csi	Ei
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	8	2
<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	11	2
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	5	2
<i>Apium nodiflorum</i> L. (Lag.)	10	1
<i>Audouinella</i> sp. Bory de St Vincent	13	2
<i>Bangia</i> sp. Lyngbye	10	2
<i>Batrachospermum</i> sp. Roth	16	2
<i>Brachythecium plumosum</i> (Hedw.) Schimp.	18	3
<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	15	2
<i>Chara vulgaris</i> var. <i>longibracteata</i> (Kütz) J. Groves & Bull.-Webst.	19	3
<i>Chara vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i> L.	19	3
<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	12	2
<i>Cinclidotus riparius</i> (Host ex Brid.) Arn.	13	2
<i>Cladophora</i> sp. Kützing	6	1
<i>Compsopogon</i> sp. Montagne	10	2
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.	15	2
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	18	3
<i>Draparnaldia</i> sp. Bory de St. Vincent	18	3
<i>Enteromorpha</i> sp. Link	3	2
<i>Eucladium verticillatum</i> (Brid.) Bruch & Schimp.	19	3
<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	12	2
<i>Fissidens grandifrons</i> Brid.	15	3
<i>Fissidens pusillus</i> (Wilson) Milde	14	2
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	10	1
<i>Hildenbrandia rivularis</i> (Liebmann) Agardh	15	2
<i>Lemanea</i> sp. Bory de St Vincent	15	2
<i>Lemna minor</i> L.	10	1
<i>Melosira varians</i> Agardh	10	1
<i>Mougeotia</i> sp. Agardh	13	2
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	8	2
<i>Nostoc</i> sp. Vaucher	9	1
<i>Nostoc verrucosum</i> Vaucher	9	1
<i>Oedogonium</i> sp. Link	6	2



<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher	11	1
<i>Palustriella falcata</i> (Brid.) Hedenäs	18	3
<i>Palustriella commutata</i> (Hedw.) Ochyra	15	2
<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort.	19	3
<i>Phormidium</i> sp. Kützing	13	2
<i>Potamogeton crispus</i> L.	7	2
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	2	2
<i>Ranunculus peltatus</i> subsp. <i>pseudofluitans</i> (Syme) Franco	11	2
<i>Rivularia</i> sp. Agardh	19	3
<i>Spirogyra</i> sp. Link	10	1
<i>Tetraspora</i> sp. Link	12	1
<i>Thamnobryum alopecurum</i> (Hedw.)Nieuwl.	15	2
<i>Tribonema</i> sp. Derbès & Solier	11	2
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	10	1
<i>Vaucheria</i> sp. De Candolle	4	1
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	11	2
<i>Veronica beccabunga</i> L.	10	1
<i>Zygnema</i> sp. Agardh	13	3



**\*7. saioko GALDERA-FITXA (EXCEL programan egin beharrekoa):**

1. Kalkulatu azterturiko ibaiko zonalde bakoitzari dagozkion IBMR indizea eta horrek adierazten duen ur-kalitate maila kalkulu-orriko formulak erabiliz (gehiketak, biderketak, zatiketak...). Indizearen inguruko informazioa eta taulak "IBMR INDIZEA APLIKATZEKO JARRAIBIDEAK" dokumentuan duzue.
2. Barra-grafiko baten bidez, irudikatu zonalde bakoitzean aurkitzen diren taxoi-motak eta bakoitzaren estaldura-portzentaia. Grafiko bat zonalde bakoitzarentzat.
3. Irudikatu barra-grafiko bakar batean, bi zonaldeetan agertzen diren taxoiak eta horien estaldura-portzentaia. 1. zonaldeari dagozkion barrak kolore batez eta 2. zonaldekoak beste batez irudikatu.
4. Lehenik, taldekatu zonalde bakoitzeko taxoiak familia mailan. Ondoren, familia horien batezbesteko estaldura-portzentaia kalkulatu. Azkenik, grafiko zirkular baten bidez, irudikatu zonalde bakoitzean agertzen diren familien batezbesteko estaldura-portzentaia.

**\*AUKERAZKO LAN OSAGARRIA (nota igotzeko):**

**Zer-nolako efektua du hiriak ibaiaren ur-kalitatean eta ibaiko ekosistemaren biodibertsitatean?**

Excelean egindako grafikoak baliatuz eta laginketa-estazioen kokapenen testuinguruak aztertuz, azaldu zer-nolako desberdintasunak dauden bi lagin-estazioetako makrofitoen artean (familia motak, estaldura-portzentaia, indize biologikoak...) eta diferentzia horien zergatia azaltzeko argudioak proposatu.

Horretarako, lagin-estazio bakoitzean agertzen diren taxoiak kontuan hartu beharko dituzue (familia-motak, horien ezaugarriak, estaldura-portzentaia), eta baita lagin-estazioen ingurunean zer-nolako aktibitateak burutzen diren (industria, parkeak, nekazaritza...) ere, horrek ur-kalitatean efektu zuzena izan baitezakete. IDENA geoportalean bilatu dezakezue laginketa-puntu bakoitzaren artean/inguruan aurkitzen dena.

## **5. praktika: Landareen bidezko uren bioerremediazioa, kutsadurari aurre egiteko metodo natural bat.**

### -Kurtsoa eta irakasgaia:

Batxilergo 2.maila, Biologia irakasgaian.

### -LOMLOE-ko kurrikuluma jarraituz landuko diren oinarritzko jakintzak:

E atala: Bioteknologia:

·E.2. Bioteknologiaren garrantzia eta oihartzuna: aplikazioak osasunan, nekazaritzan, ingurumenean, material berrietan, elikadura industrian, eta abar. Mikroorganismoen paper garrantzitsua.

### -NGGS-ko kontzeptu egituratzailea:

**HS-LS2-7:** "Giza jarduerak ingurumenean eta biodibertsitatean dituzten inpaktuak murrizteko irtenbide bat diseinatu, ebaluatu eta hobetzea".

Ingurumenean gertatzen diren aldaketa antropogenikoek (habitata suntsitzea, kutsatzea, espezie inbaditzaileak sartzea, gainesplotazioa eta klima-aldaketa barne) ekosistema bat asalda dezakete eta baita espezie batzuen biziraupena mehatxatu ere.

Gizakiak mundu biziaren menpe daude bioaniztasunak ematen dituen baliabide eta beste onuretarako. Baina giza jarduerak ere eragin kaltegarriak ditu biodibertsitatean, gainpopulazioaren, gainesplotazioaren, habitaten suntsiketaren, kutsaduraren, espezie inbaditzaileen sarreraren eta klima-aldaketaren bidez. Horrela, ekosistemen funtzionamendua eta produktibitatea mantentzeko biodibertsitatea mantentzea funtsezkoa da Lurreko bizitza babestu eta hobetzeko. Biodibertsitateari eustek ere laguntzen dio gizateriari, aisialdirako edo inspiraziorako balio duten paisaiak zainduz.

### -Laburpena:

Praktika honetan, landareek ur-inguruetak kutsadura murrizteko duten gaitasuna aztertuko da. Kutsadura antropogeniko zein naturalak, ibai-ekosistemetak ur-kalitatean eragin dezakete, eta hortaz, baita ibai-ekosistemaren biodibertsitatean ere. Praktika honekin, kutsadura mota horri aurre egiteko landareen erabilpena bultzatuko da, fitoerremediazioa, alegia.

Praktika honetan, uraren kupre bidezko kutsadurari aurre egiten saiatuko gara, landare desberdinak erabiliz, eta landare bakoitzak kutsadura murrizteko duen potentziala aztertuz. Hasteko, praktikan zehar, fitoerremediazioaren inguruko aurkezpen labur bat burutuko du irakasleak. Ondoren, problematika bat aurkeztuko zaie ikasleei: "...Arga ibaian enpresa batek debekaturiko isurketa batzuk burutu ditu eta ibaiko ura kuprez kutsatu da; horrek ekosistemako izaki bizidun askoren heriotza ekar dezake. Arazo horri aurre egiteko, fitoerremediazioa erabiltzea erabaki da...". Ikasleek hori kontuan izanda, arazoari aurre egiteko diseinu bat burutuko dute taldeka, horren esperimendazioa burutuko dute laborategian (irakasleak aurretik diseinaturikoa) eta azkenik, klase guztiaren artean, soluzio hoberena aukeratuko dute.

### -Helburuak:

- Giza-jarduerak ibaiko ur-kalitatean eta izaki bizidunen biodibertsitatean eduki ditzakeen eraginaz ohartaraztea eta horri garrantzia ematea.
- Errealitatean gerta daitekeen arazo bati erantzuna emateko pausuak ikastea: informazioa bilaketa, diseinua, esperimendazioa, emaitzen lorpena eta ondorioak ateratzea.

- Giza jarduerak ingurumenean eta biodibertsitatean dituzten inpaktuak murrizteko irtenbide naturalak bilatzea, fitoerremediazioan zentratuz.
- Landare-espezie desberdinek kupre-kutsadura murrizteko duten potentzialarekin esperimendatzea.
- Errealak izan daitezkeen kasu baterako konponbide-diseinuak proposatzea, ebaluatzea eta hobetzea.
- Metal astunen determinazioan erabiltzen diren balorazioen prozesua ikasi eta burutzea.

#### -Tokia:

Ikastetxeko laborategian burutuko da praktika osoa: aurkezpen teorikoa, problematikaren planteamendua, informazio-bilaketa, diseinu-fasea, esperimendazioa, datuen bilketa eta ondorioztatzea.

#### -Denboralizazioa eta prozedura:

- 1. saioa:
  - Irakasleak sarrera/aurkezpen moduan, jarduera antropogenikoak ekosistema naturaletan eta horien biodibertsitatean sor ditzakeen arazoetaz arituko da. Hala nola, habitaten suntsiketa, ekosistemen kutsatzea, espezie inbaditzaileak sartzea, gain-ustiaketa eta klima-aldaketa aipatuko ditu. Baita kutsadurak gizakiongan izan dezakeen ondorio larriek ere, esaterako, ume urdinaren sindromea (Cu), saturnismoa (Pb), edo merkurio (Hg) metaketen kalteak. Horrekin batera, ahalik eta gertuen topatu daitezkeen adibideak aipatuko ditu, ikasleak arazoaren larritasunaz eta gertutasunaz arduratzeko. Horren aurrean, arazo horiei aurre egiteko bioteknologiaren erabilpenaren garrantzia azpimarratuko du. Gure praktikarekin lotuz, fitoerremediazioan zentratuko da; besteak beste, metal astunen bidezko kutsadura, horien efektua, bioakumulazioa, biomagnifikazioa, fitoerremediazioa zer den, zein mota aurkitu daitezkeen, zein abantaila dituen, zergatik landareak kutsadura murrizteko erabili daitezkeen eta adibide zehatzak azalduko ditu ( 40 min).
  - Horren ostean, irakasleak hurrengo problematika auzetuko du: “Duela egun batzuk, Nafarroako Gobernuak ikertzaile batzuek Iruñean Arga Ibaiaren inguruan ez-ohiko gertaerak behatzen hasi ziren. Esaterako, arrain hil ugari, ur-kolore urdinagoa, inguruko landare batzuen ximeltzea eta inguruko hegazti batzuen heriotza. Ikertzaileak horren harira, larritu egin ziren eta ahalik eta lasterren, ur-kalitatearen analisi azkar bat egin zuten. Hasteko, analisi fisiko-kimikoa burutu zuten, azkarra baita. Horri esker, ibaiko uretan kupre kontzentrazio handiak neurtu zituzten, ohikoak direnak baino askoz handiagoak. Horrekin batera, ez-ohiko kontzentrazio horien jatorria aurkitzen saiatu ziren eta baita lortu ere. Iruñea baino gorago aurkitzen den ibai ondoko fabrika batek, matxura bat pairatu zuen eta debekaturiko isurketa batzuk egitera behartuta ikusi zen. Hortaz, ibaiko ura kuprez kutsatu dago, zeina kontzentrazio handietan toxikoa da izaki bizidun askorentzat; horrek ekosistemako izaki bizidun askoren heriotza ekar dezake. Arazo horri aurre egiteko, Nafarroako Gobernuak fitoerremediazioa erabiltzea erabaki du. Hala ere, oraindik ez dute argi fitoerremediazio prozesu horretan zein landare-espezie erabiliko duten, ez baitakite zein den aproposena. Horren aurrean, ikerlariei eskaera bat luzatu diete, ahalik eta lasterren helaraztea ibaiko uretako kupre kontzentrazioak murrizteko landare-espezie proposamenak. Hau guztia, kontuan hartuz, klasean ikerlari lana hartu eta

fitoerremediaziorako landare-espezie bat proposatuko dugu, ibai-ekosistema eta biodibertsitatea defendatzearren” (15 min).

- 2. saioa:
  - Klasea 4 talde desberdinetan banatuko da, lau zientzialari lan-talde independente balira bezala. Talde-lan bakoitzak planteatutako problematikari konponbidea ematen saiatuko da. Horretarako, lehenik eta behin, arazoari buruzko informazioaren bilaketa egin beharko dute, lana taldekide guztien artean banatuz: ohiko kupre kontzentrazio-balioak, kupre kontzentrazio handien efektua izaki bizidun desberdinetan (arrainetan, landareetan, hegaztietan...), landareek kuprea murrizteko zer-nolako gaitasuna duten (kuprearen fitoerremediazioa posiblea den, nola ematen den eta zein fitoerremediazio-mota den erabilgarriena...), adibide batzuk jartze arren. Horrekin batera, eskuratutako informazio guzti horren laburpen bat idatziko dute txosten modura. (55 min).
  
- 3. saioa:
  - Talde bakoitzak, aurreko saioan bilaturiko informazioa kontuan harturik eta informazioa gehigarria kontsultatuz (landare erabilgarrien bizi-zikloak esatearren), bere proposamenerako landare-espeziea aukeratu du (zeina teorian inguruko kupre kontzentrazioak murrizteko kapaza izan behar den; talde bakoitzak espezie desberdin bat aukeratu beharko du) (15 min).
  
  - Horrekin batera, ibaian landare hori fitoerremediaziorako nola erabiliko litzatekeen proposatu beharko du, konponbidearen diseinua, hain zuzen ere. Erantsi beharrezko minimoak: zein landare-espezie erabiliko den eta zergatik, non eta nola landatuko diren eta zein efektu espero den ur-kalitatean eta ekosisteman (40 min).
  
  - Irakasleak talde bakoitzeko proposamen-idatziak jasoko ditu saio bukaeran (landare-espeziearen aukeraketa eta konponbide-diseinu laburra).
  
- 4. saioa:
  - Irakasleak alde aurretik prestaturiko diseinu experimentalak proposatuko die ikasleei (“Kupre toxikoaren landare-bidezko erremediazio esperimendu-gidoia” deritzona). Horren bidez, talde bakoitzak aukeraturiko landare-espeziea benetan uraren kupre kontzentrazioak murrizten dituen ala ez konprobatu beharko dute.
  
  - Lehenik, irakasleak plantaturiko diseinua azaldu eta martxan jartzeko jarraibideak azalduko ditu (20 min).
  
  - Ondoren, talde bakoitzak bere esperimendua martxan jarriko du, “Kupre toxikoaren landare-bidezko erremediazio esperimendu-gidoia”-ren I. atala jarraituz, eta bere hipotesiak planteatuko ditu (35 min).
  
- 5. eta 6. saioak (ez da zertan saio-osoan erabili behar):
  - Talde bakoitzak bere esperimenduaren jarraipena eta datuak biltzeko erabiliko du, “Kupre toxikoaren landare-bidezko erremediazio esperimendu-gidoia”-ren II. atala jarraituz. Gomendagarria izanen da, 5. saioa, 4. saioa baino 4-5 egun beranduago

egitea, eta 6. saioa, 4. saioa baino 9-10 egun beranduago egitea (Kupre kontzentrazioetan aldaketak behatzearen).

- Talde bakoitzak bere esperimentuko ur-laginak hartu eta balorazio bidez, uretako kupre kontzentrazioak kalkulatu ditu (30 min).
- Interesgarria izanen litzake, kimikako irakasleren bate libre egotekotan eta posible izatekotan, saioetatik “soberan” dagoen denbora-tartea, balorazioekin loturiko kimika edukiak lantzeko (molaritatea, normalitatea, errebox erreakzioak...). Bestela, Biologiako irakaslearen esku gelditzen da denbora-tarte hori zertan inbertitu.
- 7. saioa:
  - Talde bakoitzak, aurreko saioetan lorturiko emaitzak aztertu eta interpretatuko ditu, hasierako hipotesiekin kontrajarriz (kobre kontzentrazioak murriztu diren edo ez, zein errendimendu portzentaiarekin, aukeraturiko landare-espeziean zein efektu izan duen...) (20 min).
  - Talde bakoitzak, beren proposamen-diseinua (3. saioa) eta lorturiko emaitzak (grafikoak erabil daitezke) laburtzen dituen power-point laburra prestatuko du (35 min; \*ez badute bukatzen, etxean bukatu beharko dute).
- 8. saioa:
  - Ikasle bakoitzak aurretik, etxean bere kabuz, beste taldeetako power-point-ak ikusi, eta beste taldeen proposamen-diseinuen alde onak eta txarrak apuntatuko ditu (\*irakasleak power-point-ak bukatzeko epea eta noizko bistaratuak egon beharko diren zehaztuko die).
  - Klasean, talde bakoitzeko proposamen-diseinuak komentatuko dira guztion artean, alde onak eta txarrak nabarmenduz. Hala nola, landare-espeziearen aukeraketaren egokitasuna, kuprea murrizteko gaitasuna, fitoerremediazioa praktikan jartzeko proposamen-diseinuaren jarraibideak, esperientzia-prozesuaren egokitasuna...). Horrekin batera, talde bakoitzaren diseinuak hobetzeko proposamenak ere proposatu beharko dira. Talde bakoitzeko proposamen-diseinuak ebaluatzeko 7-8 min erabiliko dira (±35 min).
  - Ikasleei praktikaren inguruko balorazioa egitea ere eskatu zaie orri txuri batean 4-5 lerrotan iritsiz (erabilgarria iruditu zaien, gustatu zaien, zer aldatuko luketen...) (5 min).
  - Praktika borobiltzeko, irakasleak, praktika osoaren bere feedback-pertsonala egingen die ikasleei (zer gustatu zaion, zer egin duten ongi, zertan hobetu behar duten, balorazio orokorra...) (10 min).
  - Azkenik, bozkaketa baten bidez, klase osoak, klaseko zein taldek egin duen proposamen-diseinu hoberena aukeratu du. Talde horrek sari bat jasoko du (\*irakaslearen esku gelditzen da saria) (5 min).

-Materialak:

PRAKTIKAREN TESTUINGURUA FINKATZEKO, INFORMAZIO-BILAKETA PROZESURAKO ETA EMAITZEN ANALISIRAKO:

- Arbel digitala edo proiektorea
- Irakaslearen ordenagailua
- Chromebook-ak
- Orri txuriak, boligrafoak...

ESPERIMENTAZIO-FASERAKO:

- “Kupre toxikoaren landare-bidezko erremediazio esperimentu-gidoia”
- Plastikozko kutxa handiak / baldeak
- Esperimenturako aukeraturiko landare-espezie landareak (tamaina txikikoak)
- Kotoia
- Ura
- KNOP soluzioa
- CuSO<sub>4</sub> soluzioa
- Poliestireno plantxak/erretiluak

BALORAZIORAKO:

- Bureta euskarria
- Pipeta graduatuak (automatikoak izatekotan hobe)
- Esperimentuetako ur-laginak
- Erlenmeyer-ontzia (250 ml)
- Ur-destilatua
- Erreaktiboak: ditionito sodikoa (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.1N), amonioa (NH<sub>4</sub>OH), azido klorhidrikoa (HCl, 3N), azido azetikoa, IK soluzioa (%10) eta almidoi soluzioa.

## \* KUPRE TOXIKOAREN LANDARE-BIDEZKO ERREMEDIAZIO ESPERIMENTU-GIDOIA

### I. ATALA: ESPERIMENTUA PRESTATZEKO PROZEDURA ETA JARRAIBIDEAK

Esperimentu honetan, esperimentazio landare espezie desberdinak ez dira lurzoruan landatuko, kultibo hidroponikoetan baizik. Mantenu gaietan aberatsa den soluzio baten gainean jarriko ditugu gure esperimentazio-landareak; soluzio hori KNOP soluzioa izanen da, zeina landarearen hazkuntzarako oinarrizko elementuak batzen dituen. Era berean, soluzioa airearekin kontaktuan mantenduko denez, soluzioaren oxigenazioa baimenduko da, sustraientzat ezinbestekoa den moduan.

Labore honen abantailak honako hauek dira: belarrak, lurzoruko gaixotasunak eta parasitoak kontrolatzea, estres hidrikorik ez egotea, erabilitako ongari kopuru txikia modu uniformean banatzea eta sustraiek modu homogeenagoan xurgatzea ahalbidetzea, baita landare guztientzako mantenu gaien kontrol osoa eta egonkorra ere.

#### Prozedura:

1. KNOP soluzioa prestatu (8. Taulako datuak jarraitu). Talde bakoitzak, soluzio horrekin plastikozko 3 kutxa bete beharko ditu (kutxen bolumenaren hiru laurden bete behar ditu soluzioak). Kutxa bat kontrolari dagokio eta beste bietan, aldiz, kuprea gehituko da geroago, horren kontzentrazioen jarraipena egitearren.

**8. taula.** KNOP soluzioa prestatzeko beharrezkoak diren konposatuak.

Compuesto	Concentración final (g.dm <sup>-3</sup> )
KNO <sub>3</sub>	0,2
Ca(NO <sub>3</sub> )	0,8
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,2
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,2
FePO <sub>4</sub>	0,1
Llevar a pH = 7	

2. Poliestirenozko hiru laukizuzen xafla ebaki, behar bezala eta plastikozko kutxen tamainari egokituz, ontzian flotatu dezaten (\*utzi lekua kutxatik aurrerago ur-laginak hartu beharko baitira).
3. Lehendik prestatutako poliestirenozko laukizuzenetan 3 cm-ko distantziara zuloak egin (ongi egokitu zuloen tamaina erabili beharreko landareen tamainetara).
4. Irakasleak eramandako landareetatik eta zuek aukeratutako landare-espeziea errespetatuz, sustrai eta zurtoin emergenteak dituzten plantulak hautatu.
5. Sustraia baino gorago dagoen zurtoinaren zatiak kotoiarekin bildu.
6. Landareak egindako zuloetan jarri, sustraiak uretan sartuta geratzen direla ziurtatuz (20. Irudia).



**20. Irudia.** Esperimentazio-egituraren adibide bat.

7. Gehitu plastikozko bi kutxetan  $\text{CuSO}_4$  soluzio kontzentratu bat, horietako bakoitzean  $\text{CuSO}_4$  0.25M kontzentratzea lortzeko (hasierako kupre kontzentrazioa, alegia) (\*Egin kalkuluak bota aurretik). Beste kutxan ez dugu kuprerik gehituko, kontrola izanen baita.
8. 4-5 egun barru (5. saioan) ur-laginak hartu (kobredun soluziozko kutxetatik) eta  $\text{CuSO}_4$  kontzentrazioak neurtu balorazio bat eginez (II. atalean zehazten da).
9. 9-10 egun barru (6. saioan) ur-laginak hartu (kobredun soluziozko kutxetatik) eta  $\text{CuSO}_4$  kontzentrazioak neurtu balorazio bat eginez (II. atalean zehazten da).

\*Landare-espezie bakoitzaren ioi kuprikoa murrizteko eraginkortasuna (fitoerremediazio-potentziala) ebaluatzeko, landare espezie bakoitzak  $\text{CuSO}_4$  kontzentrazioan lortutako murrizketa / denbora hartuko da kontuan.

\*Eraginkortasuna portzentaia kalkulatzeko, hasierako kontzentrazioa % zenbatean murriztu den kalkulatu behar da.

## II. ATALA: UR-LAGINETAKO KOBRE ( $\text{Cu}^{+2}$ ) KONTZENTRAZIOAK KALKULATZEKO BALORAZIO-PROZESUA ETA JARRAIBIDEAK

Prozesu honen bidez, gure ur-laginean dauden kupre kontzentrazioak ondorioztatuko dugu. Horretarako hauek dira jarraitu beharreko pausuak (Universitat Politècnica de Valencia - UPV, 2015):

1. Ur-lagineko 10 ml hartu (pipetarekin) eta erlenmeyer ontzian bota.
2. Ur-distilatuarekin 50 ml-ra arte diluitu eta nahastu.
3. Amonio errektiboa gehitu ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) tantaz tanta eta nahastuz soluzioak kolore urdin ilun bizia lortu arte.
4. Azido klorhidriko ( $\text{HCl}$ , 3N) tantak bota banan-banan eta nahastuz, soluzioak kolore berdegardena lortu arte.
5. Potasio kloruro 20 ml gehitu ( $\text{KI}$ , %10) eta nahastu.
6. Azido azetiko 5 ml gehitu eta nahastu.
7. Erlenmeyerra buretaren azpian jarri.
8. Buretaren ditonito sodikoa ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 0.1N) gehitu eta apuntatu zein bolumen daogen buretan (\*oso garrantzitsua).
9. Balorimetria egiten hasi. Buretako giltza ireki poliki-poliki, buretako likidoa tantaz-tanta erortzeko erlenmeyer ontzira, erlenmeyerra etengabe nahasten (eskuarekin mugitzen) den bitartean.
10. Erlenmeyerreko soluzioak kolore hori argia hartzen duenean, buretako giltza itxi.
11. Almidoi soluziozko tanta batzuk gehitu eta nahastu, kolore urdin-iluna/beltza hartu arte.



12. Balorazioa egiten jarraitu, soluzioak kolore txuri-esnetsua hartu arte (\*apuntatu buretan gelditzen den bolumena).

\*Ur-lagineko kupre kontzentrazioak kalkulatzeko hurrengo formula erabiliko dugu (2. Formula):

$$\frac{g}{L} Cu^{+2} = \frac{(V * N * f) Na_2S_2O_3 * meq Cu^+ * 1000}{V_{lagina}}$$

Non,

V Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Balorazioa erabilitako sodio ditionito bolumena (ml)

N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Sodio ditionitoaren normalitate-balioa = 0.1N

f Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Sodio ditionitoaren faktorea

V lagina = Analisisian erabilitako laginaren ur-bolumena (10 ml)

**2. Formula.** Aztergai diren ur-laginetako kupre kontzentrazioak (g/l) kalkulatzeko formula adierazten da. Iturria: Universitat Politècnica de Valencia - UPV, 2015.

## EZTABAIDA

Proposamena azterturik, lantzen diren bost praktika esperimental desberdinak ibai-ekologiaren inguruan ardatzuta daude. Hots, ikasleen inguruko ibai-ekosistema, Arga Ibaia hain zuzen ere, praktika guztiak biltzen dituen hari eroaletzat erabiltzen da. Ikasleek beren inguruko ibaia hainbat modutara aztertu ahal izanen dute; ibaiko uraren kalitatea neurtuz, indize biologiko desberdinak aplikatuz, faktore abiotikoek biodibertsitatean daukaten efektua aztertuz, eta erremediatze-sistema natural bat diseinatuz poluzio-arazoei aurre egiten saiatzeko. Horrek erabat lagundu ditzake ikasleak bere ingurunea ezagutzen eta baloratzen, klase barruko ohiko irakaskuntzak eta metodologiek baino askoz gehiago, Romerok (2010) iradokituriko moduan. Ikasleak naturarekin harreman zuzena izatea oso aberatasa da eta hori ikasgelatik kanpo ikasiz faboratzen da.

Era berean, proposamenean planteaturiko landa-praktikak zein laborategi-praktikak ikasleengan somatu daitekeen ingurumen-gaiekiko motibazio falta piztu dezakete, Lancelle-k (2008), Gil Quilez eta Martínez Peñak (2014), eta Pérez eta Rodríguez-ek (2006) iradokituriko moduan. Horretarako, praktika esperimentalak indartu behar dira, eta hori da bereziki proposamen honek lortu nahi duena. Irakasle asko ez dituzte horrelako aktibitateak aurrera eramaten ez dutelako baliabiderik edo tresnarik ingurumena probesteko. Hori konpontzeko, proposamen hauek praktika esperimental probetxugarriak eta guztiz osatuak eskeintzen ditu (laguntza didaktikoa, alegia), praktika esperimentalak zailtasunik gabe aurrera eramanez ahal izateko, aktibitateak diseinatzen denbora inbertitu behar gabe, tokiko ingurumen propioa oinarri hartuz, eta natur zientzietan beharrezkoak diren gaitasunak landuz. Horrek guztiak García Ruiz-ek (2001), García Ruiz eta Flores-ek (1999), eta García Ruiz eta Sánchez-ek (2006) proposaturiko praktika esperimentalak burutzeko aurkezten diren arazoak gailentzen du. Gainera, ohikoak dira genetika edota biologia zelularrekin loturiko praktika esperimental proposamenak, baina ez hainbeste ingurumen biologiarekin loturikoak; beraz, proposamen hau bezalakoek ingurumen-hezkuntza indartzen lagundu dezakete.

Horrez gain, proposamen osoan zehar IFEBEC proposaturiko hiru esparruetatik bi zuzenki lantzen dira: (i) uretako habitataren kalitateak eta leheneratzearen ekologia, eta (iii) uretako ekosistemetan estresa eta ondorio toxikoak detektatzea biomarkatzaileen bidez, alegia. Zientzia ahalik eta modu errealistagoan saiatzen da ikasleengana gerturatzen, ur-sistemen eta biodibertsitatearen garrantzia indartzeko eta garapen jasangarrirako baloreak sustatzeko.

Horrekin batera, praktiken ordena behatuz, sekuentzia jarrai eta progresiboa hauteman daiteke biologiako edukiei begira, zein ikasleentzako zailtasun-mailari eta autonomia-mailari begira ere. Lehenik, gako dikotomiko moldatuen bidezko identifikazio sinplea lantzen da (taxonomia eta identifikazio-estrategiak) eta baita baldintza fisiko-kimikoak aztertzeako datu-bilketarako metodologia sinplea ere. Ondoren, ur-kalitatea estimatzeko eta analizatzeko bioindikatzailak lantzen dira (ingurumen-inpaktua, biodibertsitatea eta hondakinen arazoa); hau da, laginketa, datu-bilketa, datuen-tratamendua eta emaitzen ondorioztapena. Esaterako, 3. eta 4. praktikan gako dikotomikoen erabilpena ezinbestekoa da, 1. praktikan jadanik landutakoa aplikatzea gako konplexuagoen bidez hain zuzen ere. Amaierako praktikan, arazoetan oinarritutako ikaskuntza-espereziaren bidez, hondakinen arazoaz jabetzea eta bioteknologiak gizarte laguntza moduan duen erabilgarritasuna lantzen dira. Hau da, praktika guztietan zehar ikasitako eduki guztiak aplikatu daitekeela benetazko arazoak konpontzearen.

Gaitasun zientifikoen eskakizunari begira ere emendioa beha daiteke proposamen osoan zehar eta NGSS-ko estandarrei begira. 1. praktikan "Using Models" lantzen da, gako dikotomikoen moldatuen bidez landare-espezieak identifikatzea. 2. praktikan, aurretik moldaturiko eta errazturiko metodologiaren bidez parametro fisiko-kimikoak analizatzen dira ("Analyzing"). 3. praktikan, ordea,

benetazko metodologia zientifikoa erabilia, makroornogabeak lagindu, ikertu eta ur-kalitatea estimatzen da, benetazko indize biologikoa erabiliz (“Planning and Analyzing”). 4. praktikan, 3. praktikarekin konparatuz, bioindikatzailatzat makroornogabeak erabili ordez makrofitoak/algak erabiltzen dira, eta praktikari hurrengoa gehitzen zaio: bi zonaldeko emaitzak konparatzea (Excel bidez) eta horiek azaltzeko argudioak planteatzea (“Constructing Explanations”). Bukatzeko, 5. praktikan, metodo zientifikoa eta ikerketa-kasuen konplexutasuna guztiz plazaratzen da, benetako arazo baten inguruan planteaturiko kasuan. Ikasleek ikasitako guztia aplikatu beha dute (“Planning, Analyzing, Constructing Explanations”), informazioa bilatzeko, diseinatzeko, hipotesiak formulatzeko, esperimendazioa burutzeko, emaitzak atera eta ondorioztatzeko, eta emaitzen balioa ebaluatzeko, kutsadura-arazo baten aurrean soluzioak eraikitzearen (“Designing Solutions”).

Gaur egungo gizartearen ezaugarriak eta beharrak direla eta, beharrezkoa da proposamen honetako hezkuntzan estrategia metodologiko berriak txertatzea, zeinak natur-zientzietako irakaskuntza-ikaskuntza prozesuak, metodo zientifikoa eta ikasleen espiritu kritikoa indartzen laguntzen duten. Proposamen honen bidez, garapen jasangarrirako ezinbestekoak diren gaitasunak lantzen direla uste da: pentsamendu kritikoa, ekimenak hartzea, naturarekiko errespetua, eta eguneroko ekintzek eta erabakiek ingurumenaren duten eragina ulertzea, hurrenez hurren.

Etorkizuneko hiritar jasangarri bihurtzeko oinarria izanen diren iraunkortasun-balioak eta gaitasunak txertatzen dira beraz proposamenean. Hots, ingurumeneko behaketa eta esperimendatuz, ibai-ekosistemen eta biodibertsitatearen garrantziaz ohartaraztea eta horren kontserbaziorako jarrera beren esku hartzea bultzatzen da.

Horrekin guztiarekin, esan beharra dago proposaturiko praktika esperimendalen balioarritasuna ebaluatzeko eta bakoitzaren indarrak eta ahuleziak frogatzeko modurik egokiena praktikan jartzea izanen litzatekela, hau da, benetako ikasleekin aurrera eramatea. Zoritxarrez, kasu honetan, ez da horretarako aukerarik egon, eta beraz, proposamena sortu ondorengo baina praktikan jarri baino aurretiko balorazio bat eginen da.

Hortaz, jarraian, AMIA (Ahuleziak, Indarguneak, Mehatxuak, Aukerak; DAFO, gazteleraz) analisi baten bidez (Trujillo, 2010) proposaturiko praktika esperimendalak ebaluatuko dira orokorrean (9. Taula). Planteaturiko metodologia ere kontuan harturik, proposaturiko bost praktika esperimendalen ahuleziak, mehatxuak, indarguneak eta aukerak eztabaidatuko dira. Izan ere, irakaskuntza baliabide baten kalitatea bermatu ahal izateko, funtsezko faktore bat sorrera prozesuan parte hartu dutenek horretan erabiltzen diren estrategia eta tresnen inguruan hausnartzea da, egokienak bilatu eta proposatu direla ebaluatzeko asmotan. Horretarako tresna erabilgarri bat AMIA analisisa da; metodo honek aukera ematen du errealitate jakin baten hurbilketa diagnostikoa modu hausnarkor batez egiteko, kanpoko testuingurua zein barne-esparrua aztertuz. Barne-testuingurutzat kontsideratuko da proposamenaren edo burutu dezakeen irakaslearen esku dagoena, eta kanpo-esparrutzat, aldiz, hortik kanpo gelditzen diren aldagaiak.

Alde batetik, egindako proposamenaren alde positiboak garrantzitsuenak hurrengoak dira: ikaslearen gaiarekiko motibazioa sustatzea, teoriatik aparte gaitasun zientifiko-praktiko eta kritikoa ere lantzea, ikasleak ingurumenaren eta biodibertsitatearen kontserbaziora erakartzea (Garapen Jasangarrirako Helburu nagusietako bat dela kontuan harturik), eta ikasleak lan-zientifiko errealistarekin ohitzea hain zuzen ere. Are gehiago, gaur egun ingurumen-hezkuntzak, herritar-zientziak eta kultura zientifikoak herritarren alfabetatze zientifikoan duen garrantzia ikusita. Horrekin bat egiten dute beste askoren artean, Ballesteros-Ballesteros eta Gallego Torresek (2022) haiek idatzitako artikuluan, eta baita Neirak (2021) ere, Natur Zientzietako esperimendazioa alfabetatze zientifikorako estrategia bezala proposatzen duenean.

**9. Taula.** Proposaturiko bost praktika esperimentalei buruzko AMIA analisi orokorra. Batetik, barne-esparruari dagozkion indarguneak eta ahuleziak adierazten dira; bestetik, kanpo-esparruari dagozkion aukerak eta mehatxuak.

INDARGUNEAK	AHULEZIAK
<p>·Ikaslegoaren motibazioa sustatzen dute ikastetxe kanpoko landa-aktibitateek zein laborategikoek.</p> <p>·Ikasleek hainbat gaitasun lantzen dituzte: ezagutzak, talde-lana, esku-abileziak, autonomia, pentsamendu eta prozedura zientifikoak, ingurumenaren balioestea eta abar.</p> <p>·Ingurumenaren erabilpena oso integratuta eta justifikatuta dago proposamenean. Praktikek lan-zientifikoaren hurbilketa nabarmena egiten dute, esaterako laginketa-metodo, identifikazio-gako eta indize biotiko errealek erabiltzen dira (mailara sinplifikatuak).</p> <p>·Ingurumenari gerturatzen dira ikasleak (inguruko espezieak ezagutu, ibaiaren egoera ezagutu...).</p> <p>·Edozein ibai-ingurumenean egiteko moldatu daiteke proposamena.</p> <p>·Eduki- eta gaitasun-eskakizunak progresiboki emendatzen dira, ikasketa-kurtsoekin bat eginez, baina beti ardatz eta helburu nagusien inguruan. Ikaskuntza prozesua oso aberatsa izan daiteke.</p> <p>·Pentsamendu kritikoa garatzeko aukerak handiak dira.</p> <p>·Irakaslearen lana, gida eta laguntzara bideratuta dago, ikasleek pisu handia daukate irakaskuntza-ikaskuntza prozesuan (ez dira ezagutza hartzaile hutsak).</p>	<p>·Ikasle guztiek ez dute zertan parte-hartze maila berdina izan behar, baliteke batzuk proposamenean gehiago integratzea.</p> <p>·Irakasleak ingurumen-zientzian oinarritzko ezagutzak eta trebetasuna izatea eskatzen du.</p> <p>·Proposatzen den denboralizazioa aurrera eramatea zaila izan daiteke ikasle taldearen arabera (luzatzea posiblea da).</p> <p>·Irakasle bakar batek burutzea zaila da, irakasleen arteko lan-kooperatiboa eskatzen du nahita nahiez.</p> <p>·Proposaturiko irakasgai guztiak derrigorrezkoak ez diren heinean, ikasle batzuen progresioa eten daiteke.</p>
AUKERAK	MEHATXUAK
<p>·Beste irakasleak proposamen-proiektuan parte hartzeko aukera ematen du (adibidez, kimikako irakaslea balorazioak egiterakoan, balore etikoak...).</p> <p>·Herri-zientziarekin lotura anitz izan dezake, herri-jasangarritasunari oso lotuta baitago.</p>	<p>·Landa-praktika asko meteorologiaren menpe egon daitezke, eta baita ibaiaren-emariaren menpe ere.</p> <p>·Urtarokotasunak asko alda dezake proposamenaren emaitzak.</p>

<p>·Kultura-zientifikoaren garrantzia goraiatzeko da.</p>	<p>·Bigarren Hezkuntza osoa eskaintzen duten zentroetara mugatuta dago.</p> <p>·Laborategi zein laginketa-material asko behar dira, eta hortaz, diru-eskaria ere emendatzen da.</p> <p>·Zuzendaritza-taldearen kolaborazio handia eskatzen du (diru-aurrekontua, irteerabaimenak, ordutegi moldaketak, beste irakasleen prestakortasuna eta abar).</p> <p>·Saio anitz eskatzen du; horiek burutzeko denbora behar da.</p>
---	---

Beste aldetik, proposamenaren alde negatibo nagusiak burutuko lukeen irakaslearen prestakortasuna (denborari, lanari, zein ezagutzei eta ingurumen-trebetasunari begira), material- eta horrekin loturiko diru-eskakizuna, eta zentroko zuzendaritza-taldearen konpromezu-maila izanen lirateke.

Hori guztian kontuan hartuta, uste da ibai-ekosistemaren, ur-kalitatearen eta biodibertsitatearen inguruan pentsaturiko praktika esperimenteral progresibo hauen proposamenari etekin handia atera ahal zaiola ikasleekin praktikara eramanez gero. Izan ere, lortzen diren gaitasun-lanketa eta ingurumen-kontserbazioaren baloreak oso garrantzitsuak dira etorkizuneko hiritar jasangarrien lorpenerako bidean, eta hori da alegia, gaur egungo hezkuntzaren premisa inportanteenetarikoak (UNESCO, 2019; Nazio Batuen Erakundea, 2018).

## BIBLIOGRAFIA

Aizpuru, I. (1999). *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Servicio Central de Publicaciones Gobierno Vasco.

Alcamo, J., Vörösmarty, C., Naiman, R. J., Lettenmaier, D., & Pahl-Wostl, C. (2008). A grand challenge for freshwater research: understanding the global water system. *Environmental Research Letters*, 3, 1-6.

Aramburu, F. (2000). *Medio ambiente y educación*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

Baldi, G., eta Paruelo, J. M. (2008). Land-use and land cover dynamics in South American temperate grasslands. *Ecology and Society*, 13, 6. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art6/>

Ballesteros-Ballesteros, V., eta Gallego-Torres, A. P. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 26. <https://doi.org/10.22430/21457778.1855>

Bermúdez, G., De Longhi, A., & Gavidia, V. (2016). El tratamiento de los bienes y servicios que aporta la biodiversidad en manuales de la educación secundaria española: un estudio epistemológico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 527-543.

Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp The European sustainability competence framework* (Eds. Punie, Y., eta Bacigalupo, M.). Luxembourg: Publications Office of the European Union: EUR 30955. ISBN 978-92-76-46485-3. doi:10.2760/13286, JRC128040.

Chambers, J. M., Wyborn, C., Ryan, M. E., Reid, R. S., Riechers, M., Serban, A. et al. (2021). Six modes of co-production for sustainability. *Nature Sustainability*, 4, 983-996. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00755-x>

Costa, M., eta Liss, P. S. (1999). Photoreduction of mercury in sea water and its possible implications for Hg air-sea fluxes. *Marine Chemistry*, 68, 87-95.

Crook, D., Lowe, W., Allendorf, F., Eros, T., Finn, D., Gillanders, B., &... Hughes, J. (2015). Human effects on ecological connectivity in aquatic ecosystems: Integrating scientific approaches to support management and mitigation. *Science of the Total Environment*, 534, 52-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.034>

Cruz-Guzmán, M. (2011). Diseño práctico de una Unidad Didáctica en el área de las Ciencias Experimentales enmarcado en un proceso de enseñanza-aprendizaje activo y constructivista. *Campo Abierto*, 30, 141-163.

Cuello, A. (2010). Los tramos fluviales urbanos como ámbitos de aprendizaje. Una valoración de su potencial educativo y los obstáculos que plantea su utilización. En, *Investigar para avanzar en educación ambiental*, 63-84. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Cuello, A. (2018). Las inundaciones del invierno 2009-2010 en la prensa, un recurso educativo para las ciencias sociales. *Revista de Investigación en Didáctica de las Ciencias Sociales REIDICS*, 2, 70-87.

Cuello, A., eta García, F. (2019). ¿Ayudan los libros de texto a comprender la realidad fluvial de la ciudad? *Revista de Humanidades*, 37, 209-234. ISSN 1130-5029

Darwall, W., Bremerich, V., De Wever, A., Dell, A.I., Freyhof, J., Gessner, M. O., et al. (2018). The Alliance for Freshwater Life: a global call to unite efforts for freshwater biodiversity science and conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28, 1015-1022. <https://doi.org/10.1002/aqc.2958>

DECRETO FORAL 71/2022, de 29 de junio, por el que se establece el currículo de las enseñanzas de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra. *Boletín Oficial de Navarra*, nº 155, de 4 de agosto de 2022. <https://bon.navarra.es/es/anuncio/-/texto/2022/155/1>

DECRETO FORAL 72/2022, de 29 de junio, por el que se establece el currículo de las enseñanzas de la etapa de Bachillerato en la Comunidad Foral de Navarra. *Boletín Oficial de Navarra*, nº 170, de 26 de agosto de 2022. <https://bon.navarra.es/es/anuncio/-/texto/2022/170/4>

Demaestri, M., eta Viale, S. (2018). *Cómo cultivar tus plantas: multiplicación y cuidado de especies vegetales*. Río Cuarto, Argentina: UniRío Editora. ISBN 978-987-688-311-5.

Dickens, C. eta McCartney, M. (2019). Water-Related Ecosystems. *Clean Water and Sanitation*, 1-10. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8\\_100-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8_100-1)

Dopico, E., eta García-Vázquez, E. (2011). Leaving the classroom: a didactic framework for education in environmental sciences. *Cultural Studies of Science Education*, 6, 311-326.

Dourojeanni, A., eta Jouravlev, A. (1999). Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. *CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe)*, 1-176. <http://www.cepal.org/es/publicaciones/31384-gestion-de-cuencas-y-rios-vinculados-con-centros-urbanos>

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., et al. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163-182.

Durán, C., eta Pardos, M. (Zuzendariak) (2007). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva del marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., et al. (2017). Citizen science terminology matters: exploring key terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2, 1-20. <https://doi.org/10.5334/cstp.96>

Elosegi, A., Díez, J., & Mutz, M. (2010). Effects of hydromorphological integrity on biodiversity and functioning of river ecosystems. *Hydrobiologia*, 657, 199-215. DOI 10.1007/s10750-009-0083-4

Feoli, S. (2013). Corredor Biológico Interurbano del Río Torres y corredores biológicos en general. *Ambientico*, 232-233. <http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientico/232.pdf>

Fernández, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatió Siglo XXI*, 24, 35-56.

Friend, M., eta Franson, C. (2001). Parasites and Parasitic Diseases. *Manual of Wildlife Diseases: General Field Procedures and Diseases of Birds*. *Science for a changing world*, 187-258.

Fritz, S., See, L., Carlson, T., Haklay, M., Oliver, J. L., Fraisl, D., et al. (2019). Citizen science and the United Nations Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability*, 2, 922-930. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0390-3>

Fuentes, M. J., eta García, S. (2012). ¿Qué debemos enseñar de la biodiversidad en 4º de ESO? En, *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Santiago de Compostela.

García Pérez, F. (2015). Educar en la escuela para afrontar los problemas del mundo. En, *Más allá de lo posible. La dimensión política de los derechos humanos en el siglo XXI*, 145-172. Tafalla: Txalaparta.

García Ruiz, M. (2001). Las actividades experimentales en la escuela secundaria. *Perfiles Educativos*, 23(94), 70-90.

García Ruiz, M., eta Flores, R. (1999). Actividades Experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Perfiles Educativos*, 21(83/84), 105-118.

García Ruiz, M., eta Sánchez, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos*, 28(114), 61-89.

García, J., eta Martínez, F. J. (2010). Cómo y qué enseñar de la biodiversidad en la alfabetización científica. *Enseñanza de las ciencias*, 28, 175-184.

García, S., eta Martínez, C. (2003). Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, extra, 5-16.

Gil Quilez, M. J., eta Martinez Peña, M. B. (2014). Construcción del modelo de río: paso previo a la reflexión sobre gestión fluvial. *Investigación y Transferencia Para Una Educación en Ciencias*, 269-276. ISBN 978-84-16061-31-0

Gurnell, A. (2014). Plants as river system engineers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39(1), 4-25. <https://doi.org/10.1002/esp.3397>

Heino, J., Alahuhta, J., Bini, L. M., Cai, Y., Heiskanen, A. S., Hellsten, S., et al. (2021). Lakes in the era of global change: moving beyond single-lake thinking in maintaining biodiversity and ecosystem services. *Biological Reviews*, 96, 89-106.

Heino, J., Culp, J. M., Erkinaro, J., Goedkoop, W., Lento, J., Rühland, K. M., et al. (2020). Abruptly and irreversibly changing Arctic freshwaters urgently require standardized monitoring. *Journal of Applied Ecology*, 57, 1192-1198.

Hussain, Q., eta Pandit, A. (2012). Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(7), 114-213. <https://doi.org/10.5897/IJFA11.045>

IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services* (Eds., Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H., Chan, K. M., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Roy Chowdhury, R., Shin, Y. J., Visseren-Hamakers, I. J., Willis, K. J., & Zayas, C. N.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Platform for Biodiversity and Ecosystem Services.

Isasi-Catalá, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31-38. [http://www.interciencia.org/v36\\_01/031.pdf](http://www.interciencia.org/v36_01/031.pdf)



Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., et al. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(3-4), 187-204. <https://doi.org/10.23818/limn.21.25>

Ladrera, R., eta Prat, Narcís (2016). Las políticas europeas y el consenso científico en materia de gestión y conservación de aguas no llegan a la escuela. En *IX Congrés Iberic de Gestió i Planificació de l' Aigua* (Ed., Fundación Nueva Cultura del Agua), 637-648. Valencia: Universidad de Valencia.

Lancelle, A. (2008). La investigación dirigida como estrategia didáctica en la formación de profesores de biología. *Revista Estudios en Ciencias Humanas*, 01(01), 1-11.

Maasri, A., Jähnig, S. C., Adamescu, M., Adrian, R., Baigún, C., Baird, D. G., Batista-Morales, A., Bonada, N., Brown, L. E., Cai, Q., Campos-Silva, J. V., Clausnitzer, V., Contreras-MacBeath, T., Cooke, S. J., Datry, T., Delacámara, G., De Meester, L., Dijkstra, K. B., & . . . Worischka, S. (2021). A global agenda for advancing freshwater biodiversity research. *Ecology Letters*, 25(2), 255-263. <https://doi.org/10.1111/ele.13931>

Malmqvist, B., eta Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, 29, 134-153.

McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., et al. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208, 15-28.

Millennium Ecosystem Assessment [MEA] (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press, World Resources Institute. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

Milly, P. C., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R. M., Kundzewicz, Z. W., Lettenmaier, D. P., & Stouffer, R. J. (2008). Stationarity is dead: whither water management? *Science*, 319, 573-574.

Montejano, G., Cantoral, E., Carmona, J., Gavino, R., Rivas, G., Rojas, A., & Valadéz, F. (1999). *Comunidades acuáticas (algas, insectos, y ácaros) indicadoras de la calidad del agua en los ríos permanentes de la región poniente del Distrito Federal*. México: Secretaría del medio ambiente del Distrito Federal.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.

Navarro, J. (2002). *Control de la erosión en desmontes originados por obras de infraestructura viaria: aplicación al entorno de Palencia capital* [Tesis para obtener el título de Ingeniero de montes, Universidad Politécnica de Madrid]. España.

Navarro, J., Vélez, M., Sáiz, A., Cruz, P., & Sanz, F. (2006). Efectos de las carreteras en los ríos; estudio preliminar de producción y emisión de sedimentos en las obras de la A-63 en Asturias. En *Homenaje al Douro/Duero y sus ríos*. Zamora.

Nazio Batuak (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. Río de Janeiro: Nazio Batuak.

Nazio Batuen Erakundea (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Neira, J. (2021). La experimentación en Ciencias Naturales como estrategia de alfabetización científica. *Revista académica Universidad Católica del Maule*, 60, 102-116.

Nilsson, C., eta Renöfält, B. M. (2008). Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. *Ecology & Society*, 13, 18.

Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308, 405-408.

Norström, A. V., Cvitanovic, C., Löf, M. F., West, S., Wyborn, C., Balvanera, P. et al. (2020). Principles for knowledge co-production in sustainability research. *Nature Sustainability*, 3, 182-190.

NSTA. (s. f.). *NGSS Hub*. <https://ngss.nsta.org/AccessStandardsByTopic.aspx>

Núñez, F., Contreras, Y., & Duran, C. (2014). Estado del arte de la educación ambiental en Venezuela: Una visión desde la experiencia de múltiples actores en múltiples escenarios. *CONHISREMI. Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico*, 12(2-3), 85-107.

Olden, J. D., eta Naiman, R. J. (2010). Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshwater Biology*, 55, 86-107.

Ollero, A. (2012). *Territorios fluviales sostenibles*. En: *Iraungarritasunari buruzko III. Álava: Campus de Álava, Universidad País Vasco (UPV)*.

Owa, F. W. (2014). Water Pollution: Sources, Effects, Control and Management. *International Letters of Natural Sciences*, 8(1), 1-6.

Palmer, M. A., Reidy Liermann, C. A., Nilsson, C., Flörke, M., Alcamo, J., Lake, P. S., & Bond, N. (2008). Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 81-89.

Pérez, A., eta Rodríguez, L. (2006). La salida de campo: una manera de enseñar y aprender geografía. *Geoenseñanza*, 11, 229-234.

Pérez, R. (2015). La nueva cultura del agua, el camino hacia una gestión sostenible. Causas e impactos de la crisis global del agua. *Cuadernos de Trabajo/Lan Koadernoak Hegoa*, 68, 1-53.

Pinilla, G. A. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Polo, M. (2014). Los servicios ecosistémicos de los ríos urbanos y su contribución en la adaptación al cambio climático. *Revista Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública*, 6(1), 46-51. México.

Postel, S., eta Carpenter, S. (1997). Freshwater ecosystem services. En, *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* (Ed. Daily, G. C.), 195-214. Washington, DC: Island Press.

Postel, S., eta Mastny, L. (2005) *Liquid Assets: the Critical Need to Safeguard Freshwater Ecosystems*. Washington, DC. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA78418287>

Pozo, J., eta Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid, España.

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2013). Los Macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.

PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE BIOLÓGICO DE MACRÓFITOS EN RÍOS EN ESPAÑA. (2015). *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España*. NIPO: 280-15-121-0

Puig, B. (2015). ¿Sería posible un mundo sin abejas? *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 82, 75-76.

Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L. S., McKay, D. I. A., Bai, X., Bala, G., Bunn, S. E., Ciobanu, D., DeClerck, F., Ebi, K. L., Gifford, L., Gordon, C., Hasan, S., Kanie, N., Lenton, T. M., Loriani, S., & . . . Zhang, X. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>

Roldán, P. G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. En, *Colección Ciencia y tecnología* (Ed., Universidad de Antioquia), 1.

Romero, M. (2010). El aprendizaje experiencial y las nuevas demandas formativas. *Revista de antropología experimental*, 10, 89-102.

Ruiz Ortega, F. J. (2008). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamérica de estudios educativos*, 3(2), 41-60.

Sala, O. E., Meyerson, L. A., & Parmesan, C. (2008). *Biodiversity Change and Human Health*. Washington, DC: Island Press.

Schiewer, S., eta Wong, M. H. (2000). Ionic strength effects in bioportion of metals by marine algae. *Chemosphere*, 41, 271-282.

Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students, argumentation and justification on an issue in animal transgénesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.

Solarte, Y., Peña, M., & Madera, C. (2006). Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Colombia Médica*, 37 (1), 74-82.

TEEB (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.

Tickner, D., Opperman, J. J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A. H., Bunn, S. E., et al. (2020). Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: an emergency recovery plan. *BioScience*, 70, 330-342.

Tidball, K. G., eta Krasny, M. E. (2010). Urban environmental education from a social-ecological perspective: Conceptual framework for civic ecology education. *Cities and the Environment (CATE)*, 3(1), art. 11.

Tockner, K., Bunn, S., Gordon, C., Naiman, R. J., Quinn, G. P., & Stanford, J. A. (2008). Flood plains: critically threatened ecosystems. En, *Aquatic Ecosystems* (Ed., Polunin, N. V.), 45-61. Cambridge: Cambridge University Press.

Torres, J. (2014). Corredor biológico río Torres sería el primer corredor interurbano del país. *Crhoy.com*. <http://www.crhoy.com/corredor-biologico-rio-torres-seria-el-primer-corredor-interurbano-del-pais-u4l7x/>

Tribó, G. (2008). El nuevo perfil profesional de los profesores de secundaria. *Educación XXI*, 11, 183-209.

Trujillo, F. (2010). *El análisis DAFO (FODA) en el diseño de proyectos educativos: Una herramienta empresarial al servicio de la educación*.

UNEP (2007). *Global environment outlook 4. Environment for development. United Nations Environment Programme*. Malta, Valletta.

UNESCO (2019). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos: no dejar a nadie atrás*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>

United Nations Environment Programme [UNEP] (2017). *GEO-6: Global Environment Outlook: Regional assessment for the Pan-European Region*. Nairobi: UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/geo-6-global-environment-outlook-regional-assessment-pan-european-region>

Vidal, C., eta Romero, H. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bío-bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En, *Concepción metropolitana (AMC). Planes, procesos y proyectos* (Eds., Pérez, L., eta Hidalgo, R.). Chile: Serie GEOlibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Vörösmarty, C., Lettenmaier, D., Lévêque, C., et al. (2004). Humans transforming the global water system. *EOS, American Geophysical Union Transactions*, 85, 509-514.

Wang, W., eta Lewis, M. A. (1997). Metal accumulation by aquatic macrophytes. En, *Plants for Environmental Studies*. U.S.A., New York: Lewis Publishers.

Welcomme, R. L., Bene, C., Brown, C. A., Arthington, A. H., Dugan, P., King, J. M. & Sugunan, V. (2006a). Predicting the water requirements of river fisheries. En, *Wetlands and Natural Resource Management. Ecological Studies, Vol 90*. (Eds., Verhoeven, J. T., Beltman, B., Bobbink, R., & Whigham, D. F.), 123-154. Berlin: Springer-Verlag.

Wilcox, B., Guinther, E., Duin, K., eta Maybaum, H. (1998). *Manual for watershed health and water quality*. Hawaii: Geo InSight International, Inc. and Institute for Sustainable Development.

Woolway, R., Kraemer, B., Lenters, J., Merchant, C., O'Reilly, C., & Sharma, S. (2020). Global lake responses to climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 388-403. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>

World Commission on Environment and Development [WCED] (1987). *Report: Our Common Future*. [http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Desarrollosostenible/DocUmentos/Informe%20Brundtland%20\(En%20ingl%C3%A9s\).pdf](http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Desarrollosostenible/DocUmentos/Informe%20Brundtland%20(En%20ingl%C3%A9s).pdf).

World Water Assessment Programme [WWAP] (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural.

WWF (2020). *Living planet report 2020. Bending the curve of biodiversity loss: a deep dive into freshwater* (Eds., Almond, R.E.A., Grooten, M., & Petersen, T.). Gland, Switzerland: World Wildlife Foundation.

Zúñiga, M. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental: caso del río Meléndez (Valle del Cauca, Colombia). En, *Caudal ambiental: Conceptos, experiencias y desafíos* (Eds, Cantera, J., Carvajal, Y., eta Castro, L.). Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle, 303-310.