



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

V. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2023ko maiatzaren 17, 18 eta 19a
Donostia, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 3.0

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Mikroplastikoen analisia
sedimentuetan: Prozedura baten
proposamena, balidazioa eta
aplikazioa**

*Uxue Uribe Martínez,
Thomas Maupas,
Olivia Gomez Laserna,
Leire Kortazar Oliver,
Luis Ángel Fernández Cuadrado,
Leire Mijangos Treviño
eta Alberto de Diego Rodríguez*

301-308 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.05.38>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:



Mikroplastikoen analisisia sedimentuetan: Prozedura baten proposamena, balidazioa eta aplikazioa

Uxue Uribe Martínez¹, Thomas Maupas¹, Olivia Gómez Laserna¹, Leire Kortazar¹,
Luis Ángel Fernandez Cuadrado^{1,2}, Leire Mijangos^{1,2}, Alberto de Diego^{1,2}

(1) Kimika Analitiko Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), P.K. 48940, Leioa, Bizkaia, (2) Plentziako Itsas Estazioa (PIE), Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), P.K. 48620, Plentzia, Bizkaia
uxue.uribe@ehu.eus

Laburpena

Mikroplastikoak (MP) nonahikoak dira itsas ingurunean. Haien banaketa zabalaren ondorioz, eta kutsatzaileak adsorbatzeko duten gaitasunagatik, MPen toxizitatea uretako organismoentzat handia da. Azken urtetan, sedimentuetako MPen kutsadurari buruzko ikerketa asko egin izan dira. Hala ere, ez dago metodo estandarizaturik laginketa egiteko, laginak prestatzeko eta analisiak burutzeko. Bibliografian aurkitutako hainbat metodo aztertu ondoren, sedimentuetan dauden MPak detektatzeko eta karakterizatzeko metodo bat proposatzen eta balioztatzen dugu lan honetan, benetako laginetan frogatuta emaitza onak eman dituena.

Hitz gakoak: Mikroplastikoak, sedimentuak, laginaren tratamendua, kostaldeko inguruneak, Raman espektroskopia

Abstract

Microplastics (MP) are ubiquitous in the marine environment, their wide distribution makes them available to aquatic organisms, accentuating the toxic risk due to their capacity to adsorb pollutants. Numerous studies on MP contamination in sediments have been carried out in recent years. However, there are no standardized methods for sampling, sample preparation and analysis. In this work, after reviewing different options available in the literature, we propose an analytical method to detect and characterize MPs in sediment samples. Checks its reliability an applied to the analysis of real samples with satisfactory results.

Keywords: Microplastics, sediments, sample treatment, coastal environments, Raman spectroscopy

1. Sarrera eta motibazioa (Formatu orokorra eta bibliografia)

Plastikoen ekoizpen masiboak, 1950eko hamarkadan hasi zenak, biosferan nagusi diren hondakin antropogeniko bihurtu ditu plastikoak, eta gure planetak aurre egin beharreko kutsadura-arazo handienetako bat izatera iritsi da. Sarrera gehienak erabilera bakarreko plastikoetatik, zabor publikotik, hondakin uren isurketetatik, bilgarrietarako materialetatik, itsasontziek sortutako zaborretatik eta arrantza lanabesetatik datoz. Haizeak, korronteeak eta olatuek garraiatzen dituzte, eta ingurumen-konpartimentu desberdinetara iristen dira, hala nola munduko ur-sistemetara; azaleko uretara, ur-zutabera eta sedimentuetara (Barnes et al., 2009; Guo eta Wang, 2019).

Hainbat meteorizazio kimiko eta mekanikoren ondorioz, plastikoak zati txikiagotan txikitzen dira ingurumenean. Mikroplastiko (MP) terminoa uretako partikula solido, sintetiko eta disolbaezin gisa definitzen da, eta nahiz eta oraindik ez dagoen adostasun orokorrik bere tamainari dagokionez, oro har AEBko Ozeanografia eta Atmosferaren Agentzia Nazionalaren (NOAA, ingelesez) eta Europako Itsas Estrategiari buruzko esparru-zuzentaraua (MSFD, ingelesez) definizioaren arabera, gutxienez dimentsio batean 5 mm-tik beherako forma duten plastikoak partikulak MP gisa sailkatzen dira. Beste MP-iturri batzuk kosmetikoetatik (hala nola aurpegiko garbitzailetatik, eta esfoliatzailetatik) datozen partikula mikroskopikoak kanporatzen dituzten hondakin-uren sistemak eta ibai-isurketak dira (Brennecke et al., 2015).

Tamaina txikia dutenez, erraz sakabanatzen dira ingurumenean eta izaki bizidunek irensteko arriskua ere handia da. Izaki bizidunen gorputzean metatu eta kate trofikoetan banatu daitezke. Gainera, azalera/bolumen erlazio handia dutenez, MPek adsorbatu eta metatu egiten dituzte beren

gainazalean uraren zutabeen dauden poluitzaileak, esaterako, kutsatzaile kimiko organikoak (Wang et al., 2018). Beraz, MPek kalte mekanikoak eragiteaz gain, beste kutsatzaile batzuk ere itsas sare trofikoan sartzea errazten dute (Bakir et al., 2012), itsasoko bizitza eta ingurune ekologikoa arriskuan jarriz.

Poluitzaileek MPetan duten garraio-ahalmena eta kate trofikoan sartzearekin lotutako arriskua ezagutzeko, lehenik eta behin, MPak identifikatu eta haien ezaugarri morfologiko eta kimikoak zehaztu behar dira ingurumen-konpartimentu ezberdinetan, hala nola ur gezatan, hondakin-uretan, itsasoko uretan, sedimentuetan eta biotan (Stock et al., 2019).

MPen epe luzeko hustubideak dira sedimentuak. Itsasoko urak baino dentsitate altuagoa duten plastikoak ($1,02 \text{ g cm}^{-3}$) sedimentuan hondoratu eta metatzen dira; dentsitate baxuko partikulak, berriz, itsasoaren azalean edo ur-zutabeen flotatzeko joera dute. Hala ere, MPen dentsitatea alda daiteke ingurune naturaletan faktore desberdinen ondorioz, dentsitate baxuko plastikoak ere itsas hondora irits daitezke (Van Cauwenberghe et al., 2015).

Sedimentuetan MPak identifikatzeko eta kuantifikatzeko literaturan deskribatutako metodoak eta teknikak gero eta ugariagoak dira (Van Cauwenberghe et al., 2015; Stock et al., 2019). Lagin bakoitzak problematika espezifiko duenez, oraindik ez da proposatu ofizialtzat hartu daitekeen metodo orokorrik. Azpimarratu behar da oso zaila dela metodologia desberdinek dituzten ikerketak elkarren artean konparatzea. Beraz, garrantzitsua da laginketa-protokolo bat bateratzea, baita konpartimentu guztietan MPak identifikatzeko eta karakterizatzeko metodologiak adostea ere.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Laginketa, bereizketa, garbiketa eta analisisia dira sedimentuetako MPak detektatu eta karakterizatzeko metodologiaren urratsik nagusienak.

Laginketa ahalik eta adierazgarrien diseinatzeak berebiziko garrantzia du, eragin nabarmena baitu analisiaren emaitzetan. Kontuan hartu behar dira bai plastikoen propietateak eta ezaugarriak (tamaina, forma, dentsitatea, etab.), bai ingurunearen ezaugarriak (matrizea, azalera, sakonera, etab.) (Hanvey et al., 2017). Gehienetan, sedimentua eskuz biltzen da, lagindu nahi den azalera eta sakonera definitu ondoren. Hainbat modutan egin daiteke: i) begi hutsez, hauteman daitezkeen MPak besterik ez hartuz (Stock et al., 2019), ii) lagin-bolumen guztia hartuz (Campanale et al., 2020) edo, iii) definitutako azalera eta sakonera dagoen bolumen osoa lekuan bertan bahetuz (Van Cauwenberghe et al., 2015; Stock et al., 2019). Egileen artean ez dago adostasunik lagindu behar den kantitateari dagokionez: laginen pisua $0,5 \text{ kg}$ -tik 10 kg -ra doa, eta sakonera, berriz, 5 cm -tik 30 cm -ra (Campanale et al., 2020).

Laginak laborategira eramaten dira gero tratamendua bertan aurrera eramateko. MPak matritzetik bereizi behar dira lehen. Metodori erabiliena dentsitatean oinarritutako flotazioarena da (Rocha-Santos eta Duarte, 2015). MPen dentsitatea aldatzen da konposizio kimikoaren arabera ($0,01$ etik $2,30 \text{ g cm}^{-3}$ -ra). Sedimentuetako beste osagai batzuek (silikatoek, besteak beste) dentsitate altuagoa dute ($3,2 \text{ g cm}^{-3}$). Beste batzuk (materia organikoak, adibidez), aldiz, antzeko dentsitatea dute (Campanale et al., 2020). MP-ak bereizteko, dentsitatean oinarritutako flotazioaren bidezko banaketa erabiltzen da. Metodologia honetan gatz disoluzio asetua erabiltzeak dentsitate baxuagoko MPen flotazioa eragiten du Sodio kloruroa (NaCl) izan da MPak bereizteko gehien erabili izan den gatza. Prozesuan, alabaina, dentsitate baxuko material gehiago (materia organikoa, kasu) bereizten da sedimentutik MPekin batera (Rocha-Santos eta Duarte, 2015). Materia organikoaren digestioa errektibo azidoen, basikoen, oxidatzaileen edo entzimatikoen bidez egin daiteke (Hidalgo-Ruz et al., 2012), metodologia hauen abantailak eta desabantailak 3.1.2. eta 3.1.3. ataletan aipatuko dira. Hidrogeno peroxidoa (H_2O_2) eta Fenton delako errektiboak dira digestioan gehien erabiltzen direnak (Alprol et al., 2021).

MP-en bereizketa eta garbiketaren ondoren geratzen den material solidoa iragazi behar da. Urrats honetan bereizitako MPak zein tamainatan banandu nahi diren zehaztu behar da. Horren

araberako sare-begidun iragazki aproposak erabiliz iragazi behar da lagina, hutsaren bidez lagundua (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Intereseko MPak iragazki batean isolatuta daudenean, haien kuantifikazioa eta karakterizazio fisikoa zein kimikoa egin behar da, hots, plastikoaren izaera kimikoa, tamaina, kolorea eta forma definitu behar dira (Rocha-Santos eta Duarte, 2015). Karakterizazio kimikoa egiteko infragorritzko espektroskopia (IR) eta Raman espektroskopia dira gaur egun gehien erabiltzen diren teknikak, baina badira beste teknika batzuk ere, hala nola, mikroskopia elektronikoa, pirolisi ondorengo gas kromatografia/masa-espektrometria (pyr-GC-MS) eta X izpien fluoreszentsiazko espektroskopia (XRF) (Sobhani et al., 2019).

Aurrean aipatutako guztia kontutan hartuz, ikerlana honen helburu nagusia definitu zen, hots, sedimentuetako MPen bereizketa eta karakterizazioa egiteko metodologia berri bat proposatzea eta balioztatzea. Urrats guztiak balioztatu ondoren, Urdaibaiko UNESCOko Biosferako Erreserban lortutako sedimentu-lagin erreal baten analisisian aplikatzea. Lan hau PLASTeMER (Erref.: PID2020-118685RB-I00) akronimoa duen ikerketa-proiektuaren testuinguru zabalagoan dago kokatuta. Proiektuan MPek kutsatzaile organiko zein ez-organikoak garraiatzeko duten gaitasuna aztertu nahi da, baita honek MPen toxikotasunean duen eragina ikertu ere.

3. Ikerketaren muina

3.1. Metodologia baten proposamena

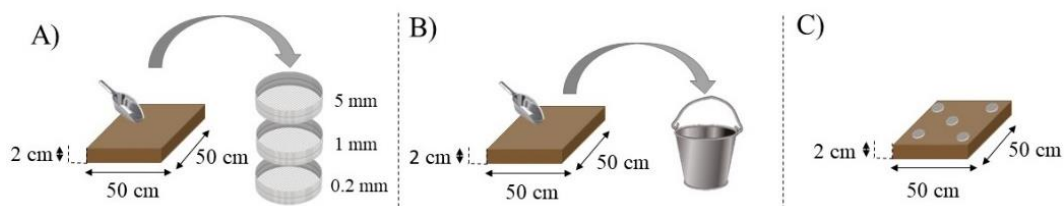
3.1.1. Laginketa

MPen presentzia sedimentuetan aztertzeko ezer baino lehen ahalik eta lagin adierazgarriren bat hartu behar da.

Bibliografia aztertu eta gero, hiru prozedura saiatu ziren: i) 50 × 50 cm-ko laukia markatu, gainazaleko lehen 2 cm-ko sedimentua bahetu lekuan bertan 200, 1000 eta 5000 µm-ko baheak erabiliz eta bahe bakoitzean geratutako material solidoa bildu eta laborategira eraman (1A. Irudia); ii) 50 × 50 cm-ko laukia markatu, gainazaleko lehen 2 cm-ko geruza guztia batu kubo metaliko batean eta laborategira eraman (1B. Irudia); iii).- 50 × 50 cm-ko laukia markatu, bertan 5 azpilagin hartu 5 lata metalikotan (φ8cm, 2 cm-ko altuera) eta laborategira eraman (1C. Irudia).

Prozedura bakoitzaren alde onak eta txarrak ondorengoak dira. Lehenaren kasuan, laborategira eraman behar den laginaren tamaina txikia da, laborategiko prozesatzea azkartuz. Baina lekuan bertan egindako baheketan frakzio fina nekez bahetu daiteke, oso kantitate handia egoten delako. Gainera, baheetan geratzen den material solidoa berreskuratzea zaila da. Bigarren prozeduraren kasuan, laginketa azkarra da, baina laborategira eraman behar den laginaren bolumena handiegia da laborategian tratatu ahal izateko. Hirugarren kasuan, berriz, laginketa-denbora azkarra izateaz gain, laborategira eraman behar den laginaren bolumena txikia da; lagin bakar batekin ezin denez lagin adierazgarririk lortu, bost azpilagin hartzea erabaki zen.

Prozedura bakoitzaren abantaila eta desabantailak aztertuta, hirugarrena aproposena dela erabaki zen; izan ere, 5 lata lagin hartu behar diren arren, laborategian tratatu behar den laginaren bolumena txikiagoa da oraindik, laginketa azkar burutzen da, eta MPak galtzeko aukera txikia da. Laginak laborategian 4 °C-tan gordetzea komenigarria da prozesatu arte.



1. Irudia. Laginketa egiteko erabilitako metodologiak.

3.1.2. MPak-en bereizketa matrizek

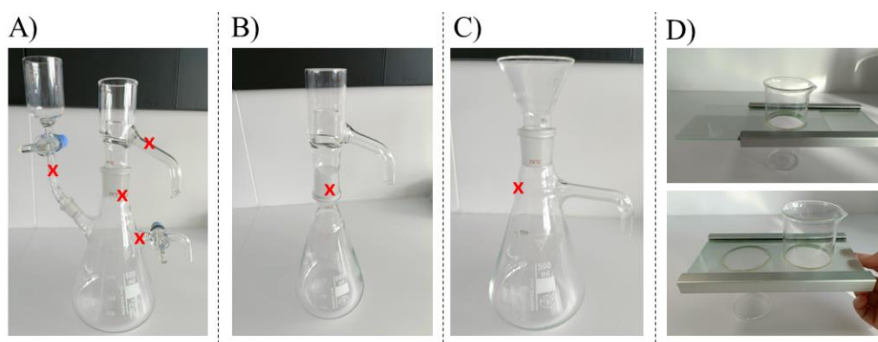
MPak sedimentutik bereizteko dentsitatearen arabera flotazio-metodoa da erabiliena. Dentsitatea altuko disoluzioa lortzeko hiru errektibo saiatu genituen, sodio kloruroa (NaCl , $1,12 \text{ g cm}^{-3}$), Zink kloruroa (ZnCl_2 , $2,91 \text{ g cm}^{-3}$) eta sodio ioduroa (NaI , $3,67 \text{ g cm}^{-3}$).

NaCl -zko disoluzioak plastiko batzuek baino dentsitate txikiagoa du ($0,8-1,4 \text{ g cm}^{-3}$) eta, ondorioz, disoluzio merkea eta ez-toxikoa izan arren, aukera hori baztertzea erabaki zen. ZnCl_2 -aren disoluzioaren dentsitatea altu samarra da, baina bere manipulazioa zaila dela eta, banantzean eta iragaztean, baztertzea erabaki zen; gainera, oso toxikoa da. NaI -zko disoluzioek, nahiz eta toxiko eta garesti samarra izan, MP gehienak flotarazteko dentsitate altua dute.

Hiru disoluzioekin probak egin ondoren, NaI -zkoa erabiltzea erabaki zen, iragazkia ondo garbituz gero, analisis arazo gutxien eragiten duena baita.

Material flotatzailea berreskuratzeko literaturan deskribatutako sistema desberdinak kontuan hartuta (Coppock et al., 2017; Imhof et al., 2012; Nakajima et al., 2019), lan honetan hainbat aukera probatu ziren (2. Irudia). Lehenengo hiru prototipoetan (A-C), MPak disoluzioaren gainezkatzearen bidez berreskuratzen ziren. Azken prototipoa (D) Nakajima et al., 2019-an proposatutako diseinuan oinarrituta dago, hainbat aldaketa egin ostean. 2. Irudiko lehenengo hiru prototipoen arazo nagusia zen partikula solido batzuk harrapatuta geratzen zirela muntaiaren leku estrategikoetan (gurutze gorritz markatutakoetan). Laugarren prototipoak ez zuen MPak gera zitezkeen eremurik aurkeztu eta prozesua azkarra eta garbia zen). Hau izan zen azkenean gure hautua urrats hau aurrera eramateko.

Urrats hau bukatutzat emateko flotazioaren bidez bereiztutako materiala (MPak, materia solido organiko zein ez-organiko) bereiztu behar da dentsitate altuko disoluziotik hutseango iragazketaren bidez. $45\mu\text{m}$ -ko iragazki metalikoa erabiltzen dugu horretarako. Garrantzitsua da iragazkina urarekin ondo garbitzea flotazioan erabilitako dentsitate altuko disoluzioaren hondakinak ahalik eta gehien eliminatzeko.



2. Irudia. MPak dentsitatearen arabera bereizteko erabilitako prototipoen argazkiak (arazoak ematen dituzten eremuak gurutze gorriez markatuta)

3.1.3. Iragazkian geratu den material solidoaren garbiketa

Lagin motaren arabera eta disoluzioan flotatzen duen materia organikoaren kopuruaren arabera, oxidatu egin behar da analisiari eragin diezaiokeen materia-kantitatea murrizteko. Betiere, plastikoen degradazioa kontuan hartuta.

Bibliografia berrikusi ondoren (Pfeiffer & Fischer, 2020), erabaki zen plastikoei ahalik eta gutxien eragingo zien zerbait erabiltzea, beti eta ahalik eta materia organiko gehien kentzea ahalbidetuko zuena. Horregatik, aurreko urratsetik lortutako iragazkia %30-ko ur oxigenatutan 12 ordutan tratatzea erabaki zen. Iragazkian zegoen materia organikoaren kantitatea oso handia izanez gero, aukera dago tratamendu gogorragoa egiteko, hots, 2 ordutan baina $40 \text{ }^\circ\text{C}$ -ko tenperatura altuagotan.

Garbiketaren ondoren MPak H_2O_2 -zko disoluzio batean daude. Disoluzioa iragaziz lortu daiteke, tamaina desberdineko MPak banatzea eta isolatzea. Horretarako seriean jarritako sare-

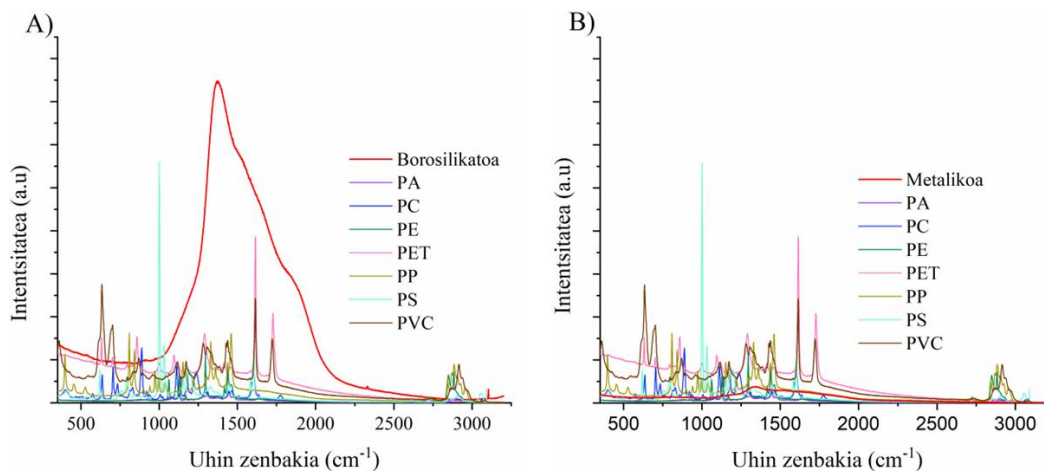
begi desberdineko hainbat iragazki metaliko erabiltzen ditugu, gehienetan, 5000, 1000, 200 eta 45 μm -koak.

3.1.4. Karakterizazio kimiko eta morfologikoa

MPek ezaugarri espezifikoak dituzte, hala nola konposizio kimikoa, tamaina, forma, dentsitatea, kolorea eta ugaritasuna. Oro har, MPen analisia bi eremu nagusitan bereiz daiteke: karakterizazio morfologikoa eta karakterizazio kimikoa.

MPen karakterizazio morfologikoa egiteko teknika plastikoaren tamainaren arabera da. 1mm baino handiagoak diren plastikoen kasuan begi hutsez egin daiteke eta 1mm baino gutxiagoak diren plastikoen kasuan mikroskopia optikoren bat erabili behar da.

MPen konposizio polimerikoa aztertzeko bi teknika espektroskopiko erabili ditugu: Fourier-en transformatuaren bidezko infragorritzko espektroskopia (FT-IR) eta Raman espektroskopia. Bi kasuetan lortutako espektroak alderatzen dira datu-baseetan eskuragarri dauden sustantzia puruen espektroekin. Teknika bakoitzaren ezaugarriak direla eta, FT-IR 1 mm baino handiagoko MPak analizatzeko aproposa da; Raman espektroskopiak, berriz, MP txikiagoak ere analizatzeko gaitasuna du. Raman espektroskopiaren kasuan garrantzitsua da aurreko urratsetatik gera daitezkeen NaI-zko hondakinak ahalik eta gutxien izatea (iragazkia ondo garbitu behar da). Iragazkiaren materiala ere garrantzitsua da, altzairuzko iragazki metalikoa aproposena delarik, interferentzia gutxien ematen duena delako. Izan ere, iragazkiaren materiala hautatzeko, hainbat proba egin ziren. Erabilitako iragazkiak borosilikatozkoak eta iragazki metalikoak izan ziren. Borosilikatozko iragazkien seinaleak interferentziak sortzen zituen MPen seinale nagusiak zeuden uhin-zenbaki berdinetan (3A. Irudia). Metalezko iragazkia, seinalea ematen zuen arren, txikiagoa zen, eta MPetako seinaleak bereiz zitezkeen (3B. Irudia) erraz. Horregatik, iragazki metalikoak erabiltzea erabaki zen.



3. Irudia. Zenbait plastikoren espektroak material desberdineko iragazkien espektroekin batera (gorriz): A) Borosilikatoa, B) Metalikoa.

3.2. Metodoaren balidazioa

Aurreko atalean proposatutako metodologia EUROqCHARM izeneko laborategien arteko ariketan (<https://www.euroqcharm.eu/en>) parte hartuz balioztatu zen. Laborategien arteko ariketa honen helburua ingurumen-laginetan plastikoen presentzia detektatzea eta haien egitura kimikoa determinatzea izan zen. 55 laborategik parte hartu zuten.

Aztertu beharreko lagin bat itsas sedimentua zen, Westerscheldtetik, Yerseketik (Herbehereak) gertu antolatzaileek hartua. Sedimentua sikatu ondoren, botila desberdinetan banatu zuten eta bakoitzari polietilenoazko (PE-zko), polipropilenoazko (PP-zko), polikarbonatozko (PC-zko) eta polibinil klorurozko (PVC-zko) 10na partikula (1 mm-ko diametroko esferak) gehitu zitzaizkien.

Botilak banatu zituzten laborategi parte hartzaileen artean (gure laborategia barne), bakoitzak bere metodoak erabiliz analiza zezan.

Laborategi bakoitzak emandako emaitzak onak ziren ala ez jakiteko, *z-scorea* (1. ekuazioa) erabili zen. Parametro honek emaitza bakoitza batezbestekotik zenbat urruntzen den adierazten du.

$$z_i = \frac{(\bar{x} - x_{pt})}{S_{pt}} \quad (1. \text{ ekuazioa})$$

non \bar{x} eta S_{pt} laborategien emaitzen batezbestekoa eta desbideratze estandarra diren, eta x_{pt} laborategiak emandako emaitza den. $z < |2|$ bada, emaitza ontzat eman daiteke, $2 < |z| < 3$ bada, emaitzak zalantzakotzat jotzen dira eta $|z| > 3$, emaitzak ez dira ontzat ematen.

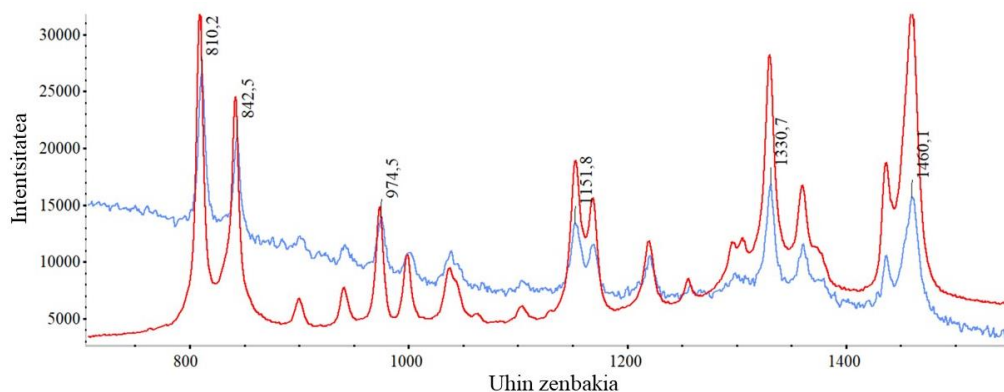
MP mota bakoitzaren kasuan, *z score* parametroan oinarrituta laborategien emaitzak 1. Taulan laburbildu dira. Aipatzekoa da MP guztietarako emaitzak eman dituzten laborategietatik (13) bik bakarrik eman zituztela emaitza onak, horien artean, gure laborategiak.

1. Taula. Laborategi arteko ariketan ikerketa-taldeek lortutako emaitzak.

	PE	PP	PC	PVC	PE, PP, PC eta PCV
Emaitzak eman dituzten laborategien kopurua	30	20	15	18	13
Emaitza onak eman dituzten laborategien kopurua	19	11	11	13	2
Gure laborategiak emandako <i>z-scorea</i>	0.83	-0.84	-0.8	-1.29	✓

3.3 Metodoaren aplikazioa lagin erreal batean

Metodoaren kalitatea balioztatu ondoren, euskal kostaldean bildutako sedimentu bat analizatzeko erabili zen. Laginketa Urdaibaiko UNESCOko Biosferako Erreserban dagoen Oka ibaiaren estuarioan egin zen. Laginak estuarioaren 6 puntu desberdinetan hartu ziren, laginketa-puntu bakoitzean 5 lata sedimentu bilduz. Gernikako araztegitik gertu dagoen puntuan jasotako 5 latetatik bat lehenago proposatu bezala tratatu eta aztertu zen. Analisisian lortutako espektroak plastiko puruetako espektroekin konparatu ziren. Adibide modura, 4. Irudian analizatutako partikula baten espektroa (urdinez) ikus daiteke, PP puruari dagokion espektroarekin batera (gorriz).



4. Irudia. Raman espektroskopia bidez lortutako PPko espektroak 785 nm-ko laserrarekin. Gorriz, polipropileno puruari dagokion espektroa; urdinez, laginaren espektroa.

Guztira, hiru mikroplastiko aurkitu ziren: bat PE-zkoa, beste bat PP-zkoa eta azkena PET-zkoa (2. taula). PET-zko mikroplastikoa zuntz gorri bat zen, beste biak zati zuriak.

2. Taula. Analizatutako laginean aurkitu diren MP bakoitzaren izaera kimikoa, tamaina, kolorea eta argazkia.

	MOTA	TAMAINA	KOLOREA	ARGAZKIA
1	PE	250µm	Zuria	
2	PP	200µm	Zuria	
3	PET	450µm	Gorria	

4. Ondorioak

MPek eragindako kutsadurarekiko kezka areagotu egin da azken 50 urteetan, eta horrekin batera, MPen azterketa. Oraindik metodologia berriak sortzen ari dira ingurumenean dauden hainbat forma, mota eta tamainatako MP-sorta zabala bereizteko.

Laginketarako protokoloa kokalekuaren ezaugarrien arabera da. Protokolo horren arabera jasotzen den laginaren bolumena laborategian erraztasunez prozesatzeko modukoa da. NaI-zko disoluzioa, produktu garesti samarra izanik, berrerabiltzea komenigarria da. Horretarako, alde zurretik, 1 µm-ko iragazkia bat erabiliz iragazi behar da, material solidorik ez daukala ziurtatzeko. Oxidazioaren atala zalantzazkoa da; izan ere, MPei lotutako kutsatzaile organikoak aztertu nahi badira, horiek ere oxidatu egingo dira. Beraz, beste metodo bat erabili behar da MPak bakarrik isolatzeko. Azkenik, Raman analisia eraginkorra da, azkarra eta ez-suntsitzailea izateaz gain, MPko tamaina, forma eta kolorea aztertzeke erabil daiteke irudia. Kontuan hartu behar da lagina ondo garbituta egon behar dela, MPen seinaleekin interferentziarik sor ez dadin.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan horretatik abiatuta, etorkizunerako planteatzen den erronka nagusia MPen eta horiei lotutako kutsatzaile organikoen egoera aztertzea da, kostaldeko eremuetan, estuarioetan eta Euskal Kostaldeko ur gezaren inguruetan. Horretarako, beharrezkoa da MPen banaketa ezagutzea eta, beraz, laginak batzen jarraituko dugu Euskal Kostaldeko hainbat tokitan. Isolatutako MPak karakterizatu eta kuantifikatu ere egingo dugu, eta horiei lotutako kutsatzaile kimiko organikoen kontzentrazioa neurtu.

6. Erreferentziak

- Alprol, A. E., Gaballah, M. S., & Hassaan, M. A. (2021). Micro and Nanoplastics analysis: Focus on their classification, sources, and impacts in marine environment. *Regional Studies in Marine Science*, 42, 101625. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101625>
- Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2012). Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 64(12), 2782–2789. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.010>
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>

- Calcutt, J., Nussbaumer, A., & Sluka, R. (2018). Guidelines for Sampling Microplastics on Sandy Beaches. *The microplastics toolbox*. A Rocha International. (London)
- Campanale, C., Savino, I., Pojar, I., Massarelli, C., & Uricchio, V. F. (2020). A Practical Overview of Methodologies for Sampling and Analysis of Microplastics in Riverine Environments. *Sustainability*, 12(17), 6755. <https://doi.org/10.3390/su12176755>
- Coppock, R. L., Cole, M., Lindeque, P. K., Queirós, A. M., & Galloway, T. S. (2017). A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environmental Pollution*, 230, 829–837. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.017>
- Gestoso, I., Cacabelos, E., Ramalhosa, P., & Canning-Clode, J. (2019). Plasticrusts: A new potential threat in the Anthropocene's rocky shores. *Science of The Total Environment*, 687, 413–415. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.123>
- Guo, X., & Wang, J. (2019). The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.019>
- Hanvey, J. S., Lewis, P. J., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., & Clarke, B. O. (2017). A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments. *Analytical Methods*, 9(9), 1369–1383. <https://doi.org/10.1039/C6AY02707E>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Imhof, H. K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N. P., & Laforsch, C. (2012). A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments: Novel plastic particle separation method. *Limnology and Oceanography: Methods*, 10(7), 524–537. <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.524>
- Nakajima, R., Tsuchiya, M., Lindsay, D. J., Kitahashi, T., Fujikura, K., & Fukushima, T. (2019). A new small device made of glass for separating microplastics from marine and freshwater sediments. *PeerJ*, 7, e7915. <https://doi.org/10.7717/peerj.7915>
- Pfeiffer, F., & Fischer, E. K. (2020). Various Digestion Protocols Within Microplastic Sample Processing—Evaluating the Resistance of Different Synthetic Polymers and the Efficiency of Biogenic Organic Matter Destruction. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 572424. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.572424>
- Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 65, 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.011>
- Stock, F., Kochleus, C., Bänisch-Baltruschat, B., Brennholt, N., & Reifferscheid, G. (2019). Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment – A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 113, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.01.014>
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbens, J., & Janssen, C. R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 111, 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>
- Wang, F., Wong, C. S., Chen, D., Lu, X., Wang, F., & Zeng, E. Y. (2018). Interaction of toxic chemicals with microplastics: A critical review. *Water Research*, 139, 208–219. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.003>
- Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*, 23(23), R1031–R1033. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.068>

7. Eskerrak eta oharra

- Lan honek Espainiako Gobernuaren finantzarioa izan du, "PLASTeMER" (Erref.: PID2020-118685RB-I00) eta Eusko Jaurlaritzarena, "IBeA, 2022-2024 Ikerketa Talde Kontsolidatua" proiektuaren bidez (Erref.: IT1446-22)
- U. Uribe doktratu aurreko kontratua eskertu nahi dio IBeA (Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitikoa) UPV/EHUko Kimika Analitikoa Saileko ikerketa taldeari.