



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 karakterizazio  
kimikoa eta morfologikoa:  
Sopelako Atxabiril hondartzako  
kasua**

*Aritz Lapazarán Bidezabal,  
Uxue Uribe Martínez,  
Thomas Maupas,  
Olivia Gomez Laserna,  
Leire Mijangos Treviño eta  
Alberto de Diego Rodríguez*

113-120 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.05.14>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:



## **Mikroplastikoen karakterizazio kimikoa eta morfologikoa: Sopolako Atxabiribil hondartzako kasua**

Aritz Lapazarán<sup>1</sup>, Uxue Uribe<sup>1</sup>, Thomas Maupas<sup>1</sup>, Olivia Gomez-Laserna, Leire Mijangos<sup>1,2</sup>, Alberto de Diego<sup>1,2</sup>,

(1) *Zientzia eta Teknologia Fakultateko Kimika Analitikoa saila, Leioa, Euskal Herriko Unibertsitatea*

(2) *Plentziako Itsas Estazioa (PIE), Plentzia, Euskal Herriko Unibertsitatea*  
*alapazaran002@ikasle.ehu.eus*

### **Laburpena**

Mikroplastikoen presentzia handitzen ari da munduko ozeano guztietan eta biotan, itsasoko uretan, sedimentuetan eta kostaldeetan meta daitezke. Mundu mailako arazo bihurtzen ari den auzi honek euskal kostaldean duen egoera ikertzeke dago oraindik. Sopolako Atxabiribil hondartza abiapuntutzat hartuta eta auzi honetan hastapeneko urratsak emateko, hondartza horretan dauden mikroplastikoak hartu eta morfologikoki eta kimikoki karakterizatu dira. Aztertutako ezaugarriak forma, kolorea eta egitura kimikoa izan dira eta beraien arteko erlazioak zeintzuk diren ikertu da. Bildutako mikroplastiko gehienak bolatxo formadun polietilenoazko ale zuriak dira.

Hitz gakoak: mikroplastikoak, karakterizazio morfologiko eta kimikoa, Raman espektroskopia, Infragorri espektroskopia

### **Abstract**

*The presence of microplastics is increasing in all the world's oceans and can accumulate in biota, marine waters, sediments and coasts. The magnitude of this problem, which is becoming a global issue, is yet to be investigated on the Basque coast. Taking the beach of Atxabiribil in Sopolana as an example and in order to start making progress in this issue, microplastics have been collected by hand and further characterized morphologically and chemically. We measured the shape, colour and chemical structure of the collected items and the relationships among were investigated. Most of the microplastics were white pellets of polyethylene.*

*Keywords: microplastics, morphological and chemical characterization, Raman spectroscopy, Infrared spectroscopy*

## **1. Sarrera eta motibazioa**

Urtero, hondakin ugari iristen da gure ozeanoetara, eta mendeetan iraun dezake han. Objektu baliogabeak, plastikoak eta gizakiak egindako beste objektu batzuk lurreko eta itsasoko jardueretatik datoz. Itsasoko eta itsasertzeko inguruneari gero eta gehiago eragiten dio itsasoko zaborrak: gure hondartzetan, itsaso zabalean eta itsasoaren hondoa aurkitzen da, eta itsas faunarentzako mehatxu handia da (Landrigan et al., 2020). Zabor plastikoa, beste hondakinekin alderatuta, iraunkorragoa da ozeanoetan, plastikoen ezaugarri fisiko-kimikoen ondorioz. 260.000 tonatik gora plastiko ozeanoetan flotatzen ari dira, hondakinak desegoki ezabatzearen ondorioz (Eriksen et al., 2014). Gaur egun, kutsadura plastikoa kezka larria bihurtu da ozeanoa ia leku guztietan, munduko eskualde garatuak edo azpigaratuak edozein direla ere.

Hondakin plastikoak ur-ekosistematan metatzen dira, zuzenean edo zeharka, iturri mota desberdinetatik. Lurreko eta ozeanoetako iturriak kutsadura plastikoaren iturri kritikoak dira kostaldeko eta itsasoko ekosistemetan. Lurrean oinarritutako kutsadura plastikoaren iturri nagusiak ur gezaren sarrera, etxebizitzetako eta etxeetako jarduerak, turismoa eta bestelako ekintza ekonomikoak dira, portuko eragiketak barne. Itsasoko zabor plastikoko gaien %75 baino gehiago lurreko iturrietatik pilatzen da. Halaber, hondakin plastikoak ur gezako ekosistema naturaletan metatzen dira, hala nola ibaietan eta erreketan, edo lur azpiko uretan lixibiatzen dira eta, azkenik, ozeanoan amaitzen dute. Itsas korronteen ondorioz, plastiko hauek kostaldean metatzen dira. Itsas zabaleko jarduerak, hala nola arrantza komertziala, nabigazio-ekintzak, hondakinak isurtzea eta itsaskien eta arrainen kultura, ozeanoan oinarritutako zabor iturri giltzarriak dira, eta itsasoko eta kostaldeko eremuetan hondakin plastikoak pilatzen laguntzen

dute. Itsas zabaleko arrantzarekin eta akuikulturarekin lotutako eragiketak kutsadura plastikoaren iturri garrantzitsu gisa identifikatu dira ozeanoetan eta kostaldeko ekosistemetan (Andrady, 2011).

Plastikoak sintetikoki edo erdi-sintetikoki sortutako materialak dira, polimero batez eta nahi diren propietateak lortzeko gehitzen zaizkien konposatuz osatutakoak (pigmentuak, antioxidatzaileak, etab.). Polimeroak monomeroz osatuta daude eta, hauek, elkarri lotzen zaizkien polimeroaren zati txikiak dira. Adibidez, errepikatzen den zatia etileno molekula bada, lortuko den polimeroa polietilenoa izango da. Beraz, monomero mota bakoitzaren arabera izango da lortuko den polimeroa (polipropilenoa (PP), poliestirenoa (PS), etab.). Plastikoak kimikoki sailkatzeaz gain, tamainaren arabera ere sailkatu ohi dira: megaplastikoa (>1 m), makroplastikoa (<1 m), mesoplastikoa (<2,5 cm), mikroplastikoa (<5 mm), nanoplastikoa (<100 nm) (Wang et al., 2018). Plastikozko zatirik handienak, batzuetan, zuzenean askatzen dira hondakin megaplastiko edota makroplastiko gisa, eta mikroplastiko bihurtzen dira ingurumenean. Makroplastikoak erraz degradatu daitezke mikro eta nano tamainako plastikoetan, eta degradazioa (plastikoaren egoera aldatzea), fotodegradazioa, degradazio mekanikoa eta hidrolisia bezalako prozesuak jasaten dituzte. Plastikoen biodegradagarritasuna ere funtsezkoa da haien xedea ulertzeko (Hartmann et al., 2019). Mikroplastikoak bi eratakoak izan daitezke: lehen mailako mikroplastikoak eta bigarren mailako mikroplastikoak. Mikroplastiko primarioak mikro tamainako plastikoak dira, eta helburu jakin baterako edo produktu baterako erabiltzen dira. Mikroplastiko primarioak kosmetikoak (hortzetako pasta, dutxako gela, etab.) eta botikak egiteko erabiltzen dira batez ere. Bigarren mailako mikroplastikoak makroplastikoak lurrian eta itsasoan degradatzearen ondoriozko hondakin plastikoak dira. Ingurune irekian, zati makroplastikoak prozesu kimiko, biologiko, fisiko eta mekanikoen eraginpean jartzen dira, eta plastikoen ohiko propietateak aldatzen dituzte, hala nola egitura eta osotasuna. Ondorioz, plastiko handiak degradatu egiten dira plastiko-zati oso txikitan (Andrady, 2011).

Mikroplastikoen eragin ekotoxikologikoa kontutan hartzekoa da; izan ere, mikroplastikoen tamaina elikatze-materiaren tamainaren antzekoa da, hala nola planktona eta esekitako partikulak (Wright et al., 2013). Ezaugarri horri esker, ornogabeek mikroplastikula horiek irentsi ditzakete eta ondorio kaltegarriak izaten dituzte, hala nola, hantura-arazoak ornogabeetan (Von Moos et al., 2012). Halaber, antibiotikoen, konposatu organikoek eta ioi metalikoek elkarrekintzak izaten dituzte mikroplastikoekin eta adsortzio bitartez elkartzen dira. Ondorioz, zenbait kutsatzaile garraiatzeko ahalmena dute, biotan metatzeko aukera handituz. Kutsatzaile horien artean daude honako hauek: bisfenol-A (BPA), monomeroak, sugar-atzeratzaileak, oligomeroak, ioi metalikoak eta antibiotikoak (sulfametoxazola, adibidez). Mikroplastikoen eta hauek garraiatzen dituzten kutsatzaileen eragina haratago joan daiteke. Izan ere, konposatu kimiko toxikoak maila trofiko altuagoetan meta daitezke, plastikoz, material iraunkorrez, metal astunez eta konposatu farmazeutikoen kutsatutako izakiak irentsiz gero. Ondorioz, substantzia kimiko horiek elikagaien sarean bidez sar daitezke gizakietara (Cole et al., 2011).

Mikroplastikoen presentzia handitzen ari da munduko ozeano guztietan eta biotan, itsasoko uretan, sedimentuetan eta kostaldeetan meta daitezke. Mikroplastiko arinek eta dentsitate txikiak uretan flotatzen dute, eta dentsitate handiko partikula plastikoak sakoneko sedimentuetan pilatzen dira (Thompson et al., 2009). Hori dela eta, garrantzi handikoa da ingurune horietan pilatutako mikroplastikoen karakterizazioa eta kuantifikazioa egitea, arazoaren izaria aztertzeko. Horretarako, laginen bilketa, laginen tratamendua eta analisisia egin behar da. Lehen bi urratsak aukeratutako ingurunearen arabera (hondartzak, itsasoa, estuarioak, etab.) desberdinak dira. Hondartzen kasuan, azken urteetan lagina biltzeko prozedurak proposatu dira, hala nola, MSFDk (*Marine Litter of the European Commission's Marine Strategy Framework Directive* (MSFD, 2013)) eta NOAAk (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) (Masura et al., 2015) proposatutakoak. Laginen tratamenduan badira urrats beharrezko ohiko batzuk: mikroplastikoen erauzketa (baheketa bidez, dentsitate bidez,...) eta materia organikoaren deuseztatzea (ur oxigenatua erabiliz, digestio alkalino bidez, digestio azido bidez,...). Analisari dagokionez, mikroplastikoak oso aktiboak dira infragorri eta Raman espektroskopian, beraien izaera kimikoa dela eta. Bibrazio-espektroskopian bi metodoak ez suntsikorak, oso zehatzak

eta osagarriak dira, eta argiaren eta molekulen arteko elkarrekintzan oinarritutako espektroa sortzen dute: infragorritzko espektroskopiak momentu dipolarrean gertatutako aldaketaren ondoriozko espektroa sortzen du; Ramanek, berriz, lotura kimikoen polarizazioan oinarritutako aztarna molekularren espektroa ematen du (Elert, 2017).

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Mikroplastikoen inguruko ikerketek gora egin dute azken urteetan, hauek ingurumenean eragindako kaltearen larritasunaren ondorioz. Horretarako, besteak beste, hondartzetan dauden mikroplastikoen presentzia, forma eta izaera kimikoa urtean zehar monitorizatzeak oso informazio baliotsua eman dezake. Bizkaiko Golkoan badira monitorizatzen diren hondartza batzuk, izan ere, zenbait autorek Bizkaiko Golkoa itsas hondakinak metatzeko eremu gisa identifikatu dute (Galgani et al., 1995). 2016. urtetik CEDEXek (*Centre for Public Work Studies and Experimentation, Spanish Ministry of Development*) Bizkaiko Golkoko bi hondartza monitorizatzen ditu: Covas (Galizia) eta Oyambre (Kantabria) (Mendoza et al., 2020). Laginketa-kanpainak udaberriaren eta udazkenean egiten dira, urtarokotasunak eragindako desberdintasunik ote dagoen aztertzeko. Covas hondartzan egindako mikroplastikoen monitorizazioan lortutako mikroplastikoen kontzentrazioa 4,1-23,0 ale/kg hondar lehor artekoa izan da eta Oyambre hondartzan 1,0-18,0 ale/kg hondar lehor artekoa. PP (%38) eta PE (%24) izan ziren polimero arruntenak, batez ere harizpiak eta zatiak (%84). Ez zen bolatxo formako (*pellet* ingelesez) mikroplastikorik ikusi, eta horrek iradoki zuen jatorri sekundarioko mikroplastikoak zeudela batez ere. Bilatu zituzten mikroplastikoen koloreak nagusiki zuria, grisa eta urdina izan ziren. Hartutako lagin ia guztietan aurkitu ziren mikroplastikoak (%60-%100 artean), hondartzetan beraien presentzia nabarmena dela erakutsiz. Horrez gain, Frantziako Pays de la Loire eskualdeko hiru hondartzatan (Bizkaiko Golkoko iparraldean) ere egin da mikroplastikoen inguruko ikerketa marea arteko sedimentuetan (Phuong et al., 2018): PenBé, Coupelasse eta Aiguillon Bay hondartzetan. Hauen kasuan, kontzentrazioa zerbait altuagoa izan da (67 ale/kg) baina emaitzak aldakorak izan dira tokiaren eta urtarokotasunaren arabera. Bizkaiko golkoan zehar kostako gainazaleko uretan dauden mikroplastikoei buruzko ikerketak gero eta gehiago dauden arren, hondartzetako egoera aztertzen duten ikerketa gutxi daude, eta guk dakigunez, oraindik ez da horrelakorik egin Euskal Herriko inongo hondartzatan.

Hau guztia kontutan hartuz, Sopelako Atxabiribil hondartzako hondarretan eskuz bildutako mikroplastikoen karakterizazio morfologikoa eta kimikoa burutzea izan da ikerketa honen helburua. Lortuko den informazioa oinarritzkoa izango baita gerora ikerketa sakonago batzuk bideratu ahal izateko.

## 3. Ikerketaren muina

### 3.1 Ikerketa-gunea eta laginketa

Sopelako Atxabiribil hondartza hautatu da bertako mikroplastikoen karakterizazio morfologikoa eta kimikoa egiteko; izan ere, etorkizuneko lan batean urte osoan zehar gizakiak dabiltzan hondartza baten (Atxabiribil hondartza) eta isolatutako hondartza baten (Kantabriako Sonabia hondartza) arteko konparazioa egingo da, mikroplastikoen kutsadurari dagokionez. Hondartza herrigunetik 2,5 kilometrora dago, Plentziatik 6 kilometrora eta Bilboko itsasdarren bokaletik 8 kilometrora. Bilboko portua, hots, Bilbotik Zierbenaraino luzatzen den portua, 10 kilometrora dago eta Getxoko kirol-portua, berriz, 8 kilometrora. Hondartza 826 metro luze eta 25 metro zabal da itsasgoran (160 metro itsasbeheran), malda nahiko handiarekin hondartzaren hasieran. Ingurua erdi urbanizatuta dago eta autoz heldu daiteke, hondartzaren sarreretan autoentzako aparkaleku handiak baitaude. Interes geologiko handiko itsaslabarren artean dago, ondoan beste hondartza batzuekin batera. Okupazio-maila oso altua izaten da udan, baina baita beste urtaroretan ere (nahiz eta hain altua izan ez). Zerbitzu ugari daude: komunak, dutxak, taberna, hondartza garbitzeko lanak, surf ikastaroak, sorosle zerbitzua, zakarrontziak, aldagelak, etab. Jarduera ohikoenak surfa, arrantza eta aisialdia dira. Astelehenetik larunbatera egunero

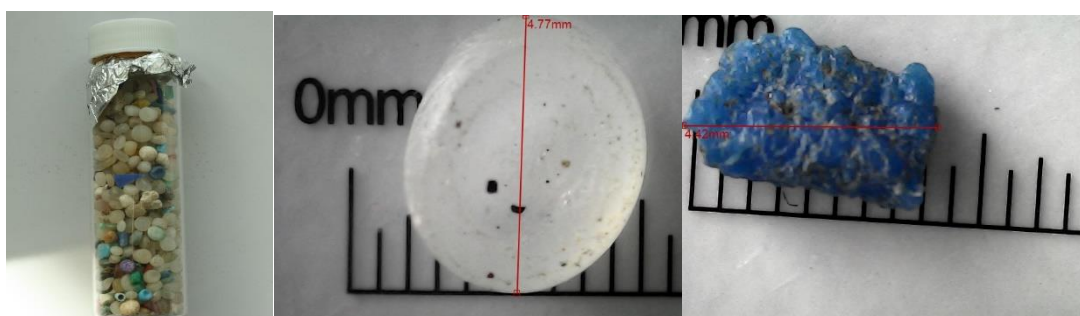
garbitzen dute Bizkaiko Aldundiko langileek. Esposizio altuko hondartza baten adibide bezala har daiteke.

### 1. irudia. Atxabiribil hondartzaren kokapena eta bere satellite bidezko irudia.



Laginketa egiteko aurrez aipatutako zenbait prozedura estandar edo bateratu ezartzeko ahaleginak egin diren arren, ikerketa honen xederako ez da beharrezkoa izan halako prozedura jarraitzea. Izan ere, ikerketa honetan ez da mikroplastikoen kuantifikazio zehatza egin nahi izan. Asmoa, hondartzetan pilatzen diren mikroplastikoak nolakoak diren aztertzea izan da, bai morfologikoki bai kimikoki. Beraz, horretarako nahikoa izan da zenbait pertsonen artean mikroplastikoak eskuz biltzea. Baina, bilketa hori ez da hondartza osoan zehar itsu itsuan egin, zenbait gauza kontuan hartu dira. Mikroplastikoen banaketa, neurri handi batean, haien propietateek eta ingurumen-faktoreek eragiten dute, hala nola haizeek, mareek eta korronteez. Ondorioz, laginketa itsasgora izan ostean egin da, itsasgorak utzitako lerroari jarraituta, ohikoa izaten baita mikroplastikoak bertan pilatzea. Atxabiribil hondartzako laginketa 2022ko azaroaren 3an egin zen, 16:00-18:00 bitartean, lau ikertzailerekin, itsasgora 12:32 izan zelarik. Guztira 402 mikroplastiko ale batu ziren. Denak analizatu ziren, bakoitzaren masa ere neurtu zelarik.

### 2. irudia. Atxabiribil hondartzan 2022ko azaroaren 3an bildutako mikroplastikoak: denak batera (ezkerrean), bolatxo formaduna (erdian) eta zatia (eskuman).

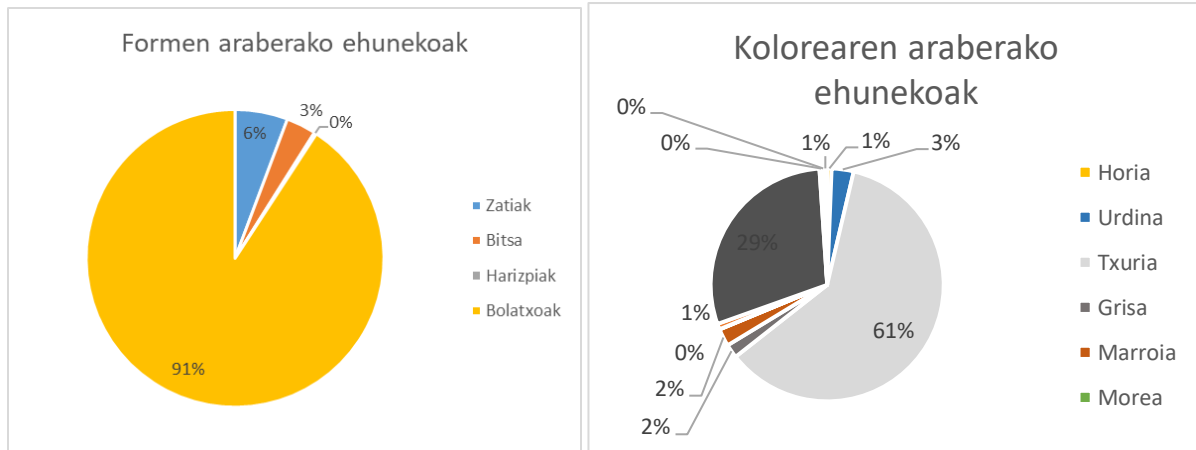


## 3.2 Karakterizazio morfologikoa

Karakterizazio morfologikoa mikroplastikoen bi ezaugarri nagusi aztertu dira begi bistaz: kolorea eta forma. Talde bakoitzaren masa erlatiboaren arabera kalkulatu ziren portzentajeak. Koloreak informazio interesgarria eman dezake plastikoak duen konposizioari dagokionez, espezifikoki, bere ekoizpenean erabilitako gehigarri buruz. Mikroplastiko gehienak zuriak izan dira (masa osoaren %61) baina beltzak ere nabarmen daudela ikusi da (%29). Beste koloretakoak (urdina, marroia eta grisa, besteak bete), aldiz, ez dira ohikoak izan (ikusi 3. irudia). Formak

informazio ugari eman dezake beraien sortzeko ituari buruz; hots, primarioak edo sekundarioak diren jakiteko baliagarria da, besteak beste. Forma ezberdinak daude: bolatxoak (ingelesezko pellet ospetsuak), bitsak, zatiak, harizpiak, filmak, etab. Forma ugariena, oso nabarmen, bolatxoak izan da (masa osoaren %91), eta modu apalagoan zatiak (%6) eta bitsak (%3) agertu dira (ikusi 3. irudia).

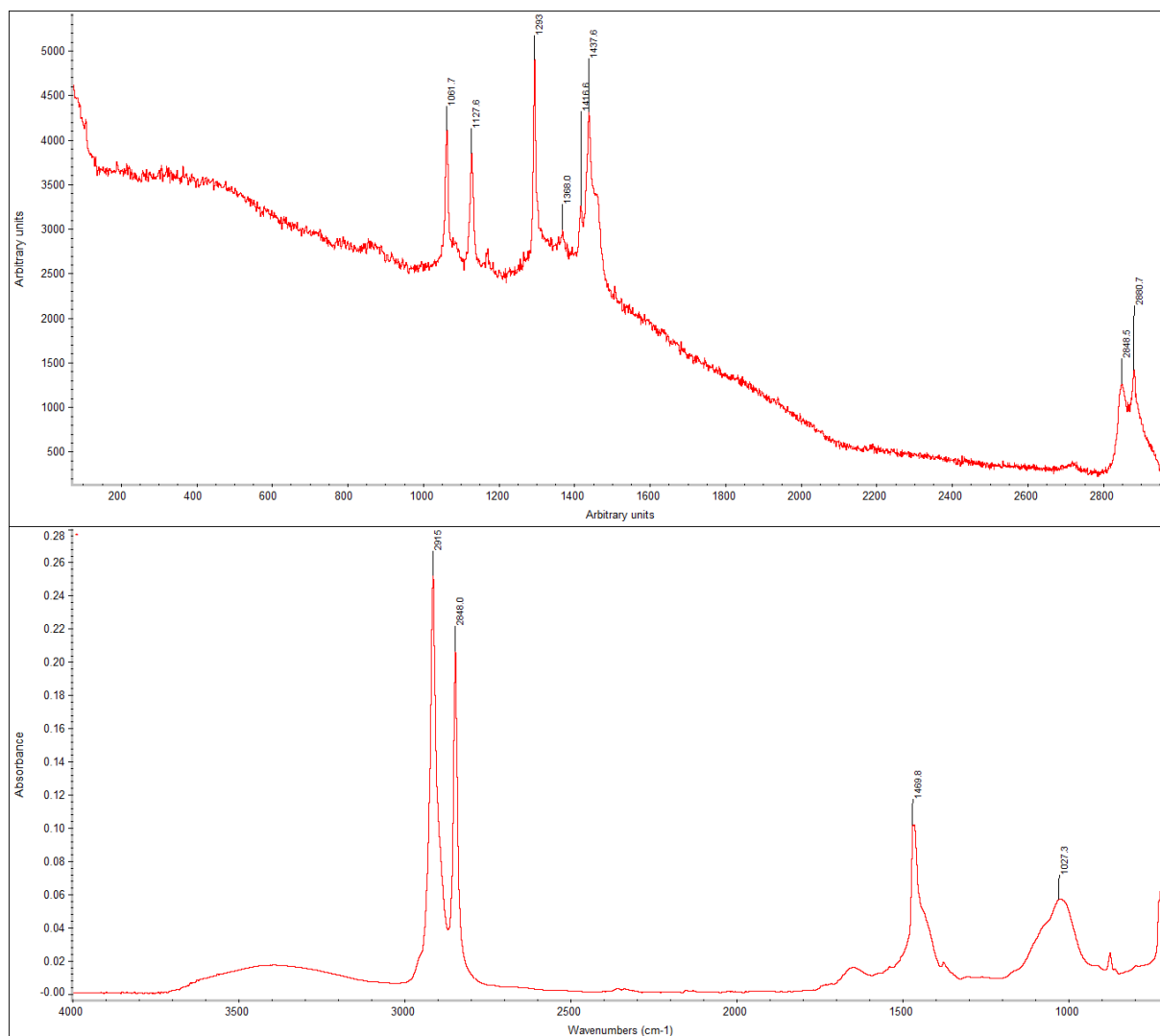
**3. irudia. Analizatutako mikroplastikoen banaketa formaren eta kolorearen arabera. Mikroplastikoen masa osoarekiko portzentaje bezala adierazten dira banaketak.**



**3.2 Karakterizazio kimikoa**

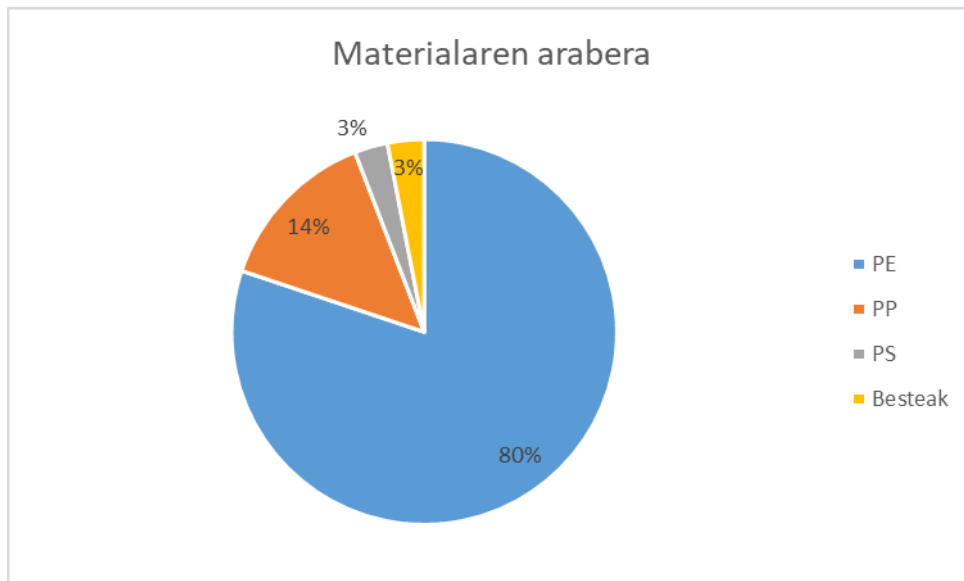
Mikroplastikoen beste ezaugarri garrantzitsu bat beraien izaera kimikoa da; hots, beraien egitura kimikoa. Izan ere, informazio honek mikroplastikoak nondik datozen eta beraien elkarrekintzak beste kutsatzaileekin arakatzeko balio dezake. Karakterizazio kimikoa bibrazio-espektroskopia bitartez egin da: infragorri espektroskopia eta Raman espektroskopia bidez. Bi teknikak ez-suntsikorrek izateaz gain, analisi denbora nahiko laburra dute eta aise identifikatzen dira lortutako espektroak. Oro har, Raman erabili da (Microbeam markako BWTEK raman eramangarria) analisi-denbora laburragoa duelako (785 nm-ko uhin luzera duen laser gorria, 5 scan, 5 segundo eta %60ko potentziarekin), baina, mikroplastiko batzuen kasuan Ramanekin identifikatzea ez da posible izan eta infragorria erabili behar izan da (100 scan, 4.0 cm<sup>-1</sup>-eko erresoluzioarekin eta 4000 cm<sup>-1</sup> eta 700 cm<sup>-1</sup> artean), JASCO markako FT/IR-6300 espektroskopia. Mikroplastiko beltzen kasua izan da hori, eta baita berde eta urdin koloreko batzuen kasua ere. Izan ere, Raman espektroskopian laserra erabiltzen da eta honek kolore horietako mikroplastikoak erretzen ditu. Adibide moduan, 4. irudian analizatutako mikroplastiko bati dagozkion IR eta Raman espektroak ikus daitezke, identifikazioan erabilitako bandak markatuta.

#### 4. irudia. 2.irudian agertzen den erdiko mikroplastikoaren raman (goikoa) eta infragorri (behekoa) espeketroak, polietilenoari dagozkionak.



Plastikoak polimero desberdinak izan daitezke: polietilenoa (PE), polipropilenoa (PP), polibinil kloruroa (PVC), poliestirenoa (PS), poliesterrak (PES), poliamidak (PA), polietilen tereftalatoa (PET), polikarbonatoa (PC), etab. Horietako batzuk itsasoko urak baino dentsitate altuagoa dutenez, eta hondartzetan mikroplastikoak itsasotik modu nabarmenean sartzen direla kontuan hartuz, ez dira agertu (hala nola, PC eta PET). Polietilenoazko mikroplastikoak izan dira gehien agertu direnak alde nabarmenarekin (masa osoaren %80) eta askoz modu apalagoan baina besteak baino gehiago polipropilenoazkoak izan dira (%14). Poliestirenoazkoak ere agertu dira (%3) eta espektra identifikatzea ezinezkoa izan den kasuetan “besteak” bezala sailkatu dira (ikusi 5. irudia).

### 5. irudia. Analizatutako mikroplastikoen banaketa egitura kimikoaren arabera. Mikroplastikoen masa osoarekiko portzentaje bezala adierazten dira banaketak



Aipatzekoa da egitura kimikoaren, formaren eta koloreen artean erlazioak daudela. Horren adibide garbiena da bits forma duten mikroplastiko guztiak poliestirenozkoak direla eta ia denak zuriak direla. Kontrara, bolatxo formako bakar bat ere ez da poliestirenozkoa izan. Halaber, zuriak edo beltzak ez diren mikroplastikoen ehunekoa handiagoa da zati edo pusketa forma dutenen kasuan.

### 4. Ondorioak

Mikroplastikoak gure kostaldean duten presentzia agerikoa izan da hain denbora tarte laburrean bildutako kopuruagatik, nahiz eta hondartzan garbiketa zerbitzuak egon. Mikroplastiko horiek gehien gehienez hiru ezaugarri dituzte komunean, Bizkaiko Golkoan egindako ikerketekin bat ez datozenak, kolorea izan ezik (zentzu horretan lagindutako hondartzaren inguruan dauden giza aktibitateek eragina izan dezakete). Batetik, bolatxo formakoak dira; beraz, mikroplastiko primarioak dira, beste plastiko batzuk sortzeko lehengai gisa ekoizten direlako. Bigarrenik, kolore zurikoak dira, eta, hirugarrenik, beraien egitura kimikoa polietilenoarena da. Ezaugarri adierazgarrienak horiek diren arren, beste ezaugarri batzuk dituzten mikroplastikoak ere agertu dira, eta hauek kontuan hartzea komeni da auzi honi errotik heltzeko. Bestalde, hondartzetan soilik PE, PP eta PS agertzeak, beste egitura kimiko bat dutenak itsas hondoa metatu direla adierazten du, seguru asko. Beraz, Atxabiribil hondartzan dauden mikroplastikoen ezaugarri fisiko zein kimikoak nolakoak diren aztertzea lortu da.

### 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Euskal kostaldean mikroplastikoen auzia aski ikertu gabe dago eta arazoaren nondik norakoak ikertzeko abiapuntutzat har daiteke ikerketa hau. Beharrezkoa da, euskal kostaldeko hondartzan monitorizazioa egitea urtean zehar, ikusteko zenbat mikroplastiko metatzen diren. Ez bakarrik hondartzetan, baita itsas hondoa, itsasoko uretan eta biotan ere, eta aztertu egin beharko litzateke horrek nolako eragina sortzen duen ekosistemetan eta gizakiongan, kutsatzaile kimiko ugari garraiatzeko gai baitira. Modu honetan arazo honen larritasuna norainokoa den ulertuko da eta, noski, honek arazoari aurre egiteko balio beharko du.

### 6. Erreferentziak

Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1596–1605. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11003055>.



- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2588–2597. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22001295>.
- Elert A.M., Becker, R., Duemichen, R., Eisentraut, P., Falkenhagen, J., Sturm, H., Braun, U. (2017) Comparison of different methods for MP detection: what can we learn from them, and why asking the right question before measurements matter? *Environ. Pollut.* 231 1256-1264. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.074>.
- Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One* 9 (12), 11-19.
- Galgani, F., Burgeot, T., Bocquene, G., Vincent, F., Leaute, J.-P., Labastie, J., Forest, A., Guichet, R. (1995). Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the Bay of Biscay and in Seine Bay. *Mar. Pollut. Bull.* 30 (1), 58–62. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)00101-E](https://doi.org/10.1016/0025-326X(94)00101-E).
- Hartmann, N.B., Huffer, T., Thompson, R.C., Hasselov, M., Verschoor, A., Daugaard, A.E., Rist, S., Karlsson, T., Brennholt, N., Cole, M., Herrling, M.T., Hess, M.C., Ivleva, N.P., Lusher, A.L., Wagner, M. (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environ. Sci. Technol.* 53, 4678–4679.
- Landrigan, P.J., Stegeman, J.J., Fleming, L.E., Allemand, D., et al. (2020). Human Health and Ocean Pollution. *Ann. Glob. Health* 86, 151, 1–64.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C. (2015). Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments, vol. 48, NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R.
- Mendoza, A., Osa, J.L., Basurko, O., Rubio, A., Santos, M., Gago, J., Galgani, F., Peña, C. (2020). Microplastics in the Bay of Biscay: An overview. *Mar. Pollut. Bull.* 153, 110996.
- MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. A Guidance Document within the Common Implementation Strategy for the Marine Strategy Framework Directive, European Commission, 2013.
- Phuong, N.N., Poirier, L., Lagarde, F., Kamari, A., Zalouk-Vergnoux, A., (2018). Microplastic abundance and characteristics in French Atlantic coastal sediments using a new extraction method. *Environ. Pollut.* 243, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.032>.
- Thompson, R., Moore, C., vomSaal, F., Swan, S. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 364, 2153–2166. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873021/>.
- Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Koehler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissues of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after experimental exposure. *Environ. Sci. Technol.* 46, 11327–11335. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22963286>.
- Wang, J., Zheng, L., Li, J. (2018). A critical review on the sources and instruments of marine microplastics and prospects on the relevant management in China. *Waste Manag. Res.* 36 (10), 898–911.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S. (2013). The physical impact of micro-plastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178, 483–492. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749113001140>.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau PID2020-118685RB-I00 kodea duen PLASTeMER akronimodun ikerketa-proiektuaren babesean egin da, Espainiako Zientzia eta Berrikuntza Ministerioak finantzatua izan dena.

Bestetik, Ikasiker bekaren diru laguntzaz lagundutako proiektua izaki, eskerrak eman Eusko Jaurlaritzari.