



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

VI. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2025eko maiatzaren 28, 29 eta 30a
Bilbo, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 4.0

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Hiperestentsio egoeran
Kretazeoko karbonatozko
plataformetan emandako
ingurumen-aldaketak
(Euskokantauriar Arroa)**

*Jone Arbulu, Arantxa Bodego
eta Arantza Aranburu*

157-164 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.vi.05.19>

ANTOLATZAILEA



BABESLEAK



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO



LAGUNTZAILEAK



Hiperestentsio egoeran Kretazeoko karbonatozko plataformetan emandako ingurumen-aldaketak (Euskokantauriar Arroa)

Jone Arbulu¹; Arantxa Bodego¹ eta Arantza Aranburu¹

¹Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Geologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea. Sarriena auzoa z/g, 48940 Leioa, Bizkaia.

jone.arbulu@ehu.eus

Laburpena

Lurraren historiako ingurumen aldaketak ulertzeko karbonatozko plataformak garrantzi handikoak dira, hauek ekosistema itsastarren aldaketen aztarnak gordetzen dituztelako. Euskokantauriar arroan duela 125-100 milioi urte bitartean garatu ziren plataformetan, jatorri mikrobianoa duen karbonatozko sedimentuaren bat-bateko ugaritzea eta glaukonita izeneko mineralen aberastasun anomaloak identifikatu dira. Horiek ingurune sedimentario eta diagenetikoan aldaketak egon zirela iradokitzen dute. Ikerketa honek anomalia horien jatorria eta ingurugiro-baldintzen aldaketak aztertzea du helburu. Horretarako, landa-lana eta laborategiko analisiak gauzatuko dira, arroan gertatutako prozesu geologikoei anomalia horiekin izan dezaketen harremana sakonago ulertzeko.

Hitz gakoak: Mikrobialita, Glaukonita, Karbonatozko plataforma, Kretazeoa, Euskokantauriar arroa

Abstract

Carbonate platforms play a crucial role in understanding past environmental changes, as they preserve evidence of marine ecosystem variations. In the platforms that developed within the Basque-Cantabrian Basin between 125 and 100 million years ago, researchers have identified a significant increase in carbonate sediment of microbial origin, along with anomalous enrichments of glauconitic minerals. These anomalies suggest notable shifts in sedimentary and diagenetic environments. This study aims to investigate the origin of these anomalies and the associated environmental changes. To achieve this, field work and laboratory analysis will be carried out to investigate the relationship between the geological processes that may have occurred in the basin and these anomalies.

Keywords: Microbialite, Glauconite, Carbonate Platform, Cretaceous, Basque-Cantabrian Basin.

1. Sarrera eta motibazioa

Lurraren historia eta bilakaera ezagutzeko ezinbestekoa da iraganeko inguruneetan eman ziren aldaketak aztertzea. Karbonatozko plataformak sakonera txikiko itsas inguruneak dira eta bertan nagusiki kaltzio karbonatoz (CaCO₃) osatutako sedimentuak metatzen dira. Sedimentu hauek, batez ere, mineral hau bere baitan finkatzen duten izaki bizidun ezberdinen zatiez osatzen dira, besteak beste, koral, alga eta moluskuak. Karbonatozko plataforma hauen adibide dira gaur egun Floridako kosta edota Australiako Koral Hesia. Ingurune hauek biodibertsitate handiko eremuak dira baina haien garapena estuki lotuta dago ingurune baldintzei, eta horregatik, ingurumen aldaketen aurrean ekosistemak desegonkortu daitezke (Steuber et al., 2023). Honek karbonatozko plataformei ingurumen aldaketak erregistratzeko gaitasun handia ematen die, ekosistemen aldaketen aztarnak gordez. Aztarna ekologiko horiek iraganeko karbonatozko plataformetan aztertuz, lurraren historian zehar eremu horietan emandako prozesu eta ingurumen aldaketa ezberdinak ezagutu daitezke.

Euskokantauriar arroan (EKA) lan ugari burutu dira bertako geologia eta bere historian eman diren prozesu ezberdinak ezagutu eta ulertzeko. Ikerketa hauetan hainbat anomalia ezberdin deskribatu dira, besteak beste proiektu honetan aztergai izango diren jatorri mikrobianoa duen karbonatozko sedimentuaren (mikrobialita) bat-bateko ugaritzea (Aranburu, 1998; Bodego et al., 2016, 2022, 2023) eta glaukonita izeneko mineralen aberastasun anomaloak (adib. Rosales, 1995; Millán, 2009).

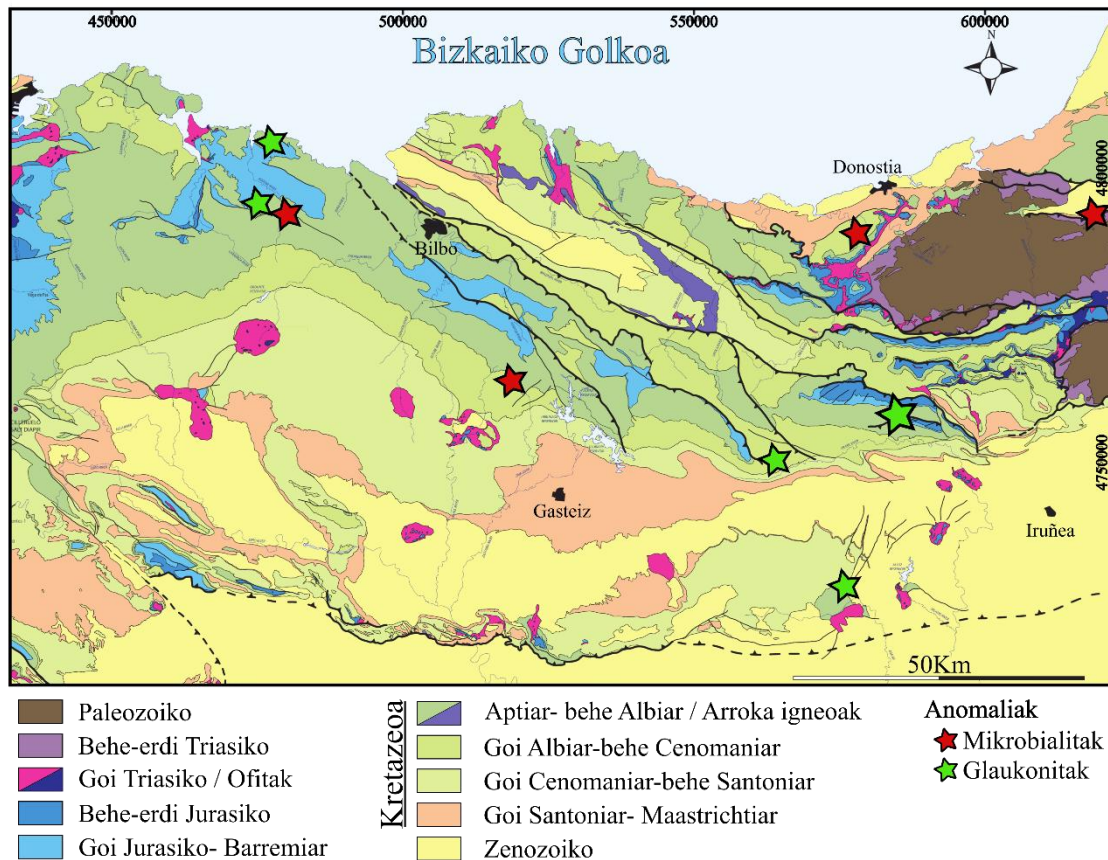
Mikrobialitak mikroorganismo ezberdinen aktibitatearen ondorioz eta haien eraginez indusitutako kaltzio karbonatozko sedimentuak dira. Sedimentu hauek 0,04 mm baino txikiagoak diren partikulez, mikritaz, osatuta egoten dira. EKAko mikrobialitek karbonatozko plataformetako ohiko komunitate biotikoak ordezkatzeko dituzte (Aranburu, 1998; Bodego, et al.,

2016, 2022, 2023), honek plataforma horietan aldaketa ekologiko esanguratsuak eman zirela adierazten du. Arroan mikrobialiten ugaritze anomaloen bi morfologia ezberdin ezagutzen dira. Batetik, karbonatozko plataformetan ohiko biota ordezkatzuz metatutako geruza zabal gisa azaldu daitezke, bestetik, ingurune hauetan garatutako barrunbe eta zartadura ezberdinak betetzen egon daitezke (Aranburu, 1998; Bodego et al., 2016, 2022, 2023).

Glaukonitak kolore berde bereizgarria duten buztin mineral talde bat dira. Mineral hauek burdinean (Fe), magnesioan (Mg), potasioan (K) eta sodioan (Na) aberatsak dira (Odin eta Matter, 1981; Rubio eta López-Pérez, 2024). Glaukonita hauen hauspeatzea sedimentua metatu ondoren hasten da sedimentuen poroetan, diagenesiaren (sedimentuak arroka bihurtzeko prozesua) lehen estaletan (Odin eta Matter, 1981), mineral autigeniko (bertan sortua) gisa. EKA glaukonita mineralen aberastasunak bi mota ezberdinetako agerpen gisa deskribatu dira. Kasu batzuetan arroka unitatearen konposaketaren ehuneko handi bat suposatzen dute glaukonita aleek (Aranburu, 1998; Rosales, 1995), beste batzuetan berriz, arrokaaren osagai nagusietako bat ez izan arren ohikoa den baino proportzio handiagoan azaltzen dira (López-Horgue et al., 1999; Millán, 2009; Quintanar, 2003). Glaukoniten hauspeatzea emateko ingurunean aipatutako elementuak eskuragarri egon behar dira eta itsas ur/sedimentuetan, normalean, oso urriak izaten dira. Ondorioz, glaukonitetan aberatsak diren arrokek ez dira batere ohikoak erregistro geologikoan.

Aztertuko diren anomalia hauek ez ziren arroko eremu mugatu batean eman, hauen agerpenak EKAko eremu ezberdinetan azaltzen direlarik (1. Irudia). Mikrobialita metakinak Turtzioz inguruan (Aranburu, 1998), Gorbeia mendilerroan (Gómez-Pérez, 1994), EKAko ipar ekialdeko ertzean eta baita Sara-Bera arroan aurkitu ditu ikerketa taldeak. Glaukonita aberastasunak bestalde, Aralar mendizerran (Millán, 2009), Altsasu inguruan (Quintanar, 2003), Lizarra inguruan (López-Horgue et al., 1999) edota Jorrios zein Castro-Urdiales inguruan deskribatu dira (Aranburu, 1998; Rosales, 1995).

1. Irudia: EKAko mapa geologiko sinplifikatua aztergai izango diren eremuak adieraziz, izar gorritz mikrobialitak eta izar berdez glaukonitak (Miró eta lankideetatik (2020) moldatua).



Aipaturiko anomalia hauek, garaiko ingurune sedimentario itsastarrean zein diagenesiaren lehen estaian ohikoak ez diren baldintzak eman zirela iradokitzen dute. Ingurune hauetan emandako baldintza aldaketek jatorri ezberdinak izan ditzakete, hala nola, klima aldaketak, jarduera bolkanikoa edota kontinenteetatik iristen diren emariak. Beraz, aldaketa hauek zerk eragin zituen ulertzea ezinbestekoa izango da EKAn emandako ingurumen-prozesu ezberdinak ulertzeko.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Aztertuko diren anomaliak 125-100 milioi urte bitarteko Kretazeoko arroketan azaltzen dira. Garai haietan kaltzio karbonatoa metatzen zeneko sakonera txikiko itsas plataforma zabalak garatu ziren EKAn (García-Mondéjar et al., 2004), momentu hartako ekosistemen erregistro aberatsa gordez. Karbonatozko plataforma hauek Iberia eta Eurasiako plaka tektonikoak elkarrengandik urruntzen ari ziren (*rifting* prozesua) bitartean sortu ziren. *Rifting* prozesu honek arroaren estentsioa, hau da, irekitzea ekarri zuen (adib. García-Mondéjar et al., 1996; Montadert et al., 1979).

Rifting prozesu honetan lurrazal litosferikoaren lodiera nabarmen mehetu zen. Mehetze hori muturrekoa izan zen EKAn kasuan, *hiperestentsioa* deritzen prozesua eman zelarik (Roca et al., 2011; Tugend et al., 2014). Hiperestentsioak mantuaren goratzea, lurrazalaren apurketa eta mantuaren azaleratzea eragin zuen (Roca et al., 2011; Tugend et al., 2014). Mantuko material beroen igoerak lurrazaleko bero fluxua areagotzen du, bertako materialak berotuz eta gradiente geotermikoa handituz. Gainera, lurrazalaren apurketak faila normalak sortzen ditu eta hauek, sortutako estentsioa egokitzeaz gain, ingurune sedimentarioan goraguneak eta sakonuneak sortzen dituzte, sedimentazio prozesuak baldintzatuz (adib. García-Mondéjar et al., 1996).

Bestalde, failek jario ezberdinen (ura, gasa, hidrokarburoak, etab.) mugimendua erraztu dezakete, izan ere, faila aktiboetan sortutako porositate eta permeabilitateak ahultasun plano gisa joka dezaketelako bertatik jarioak bideratzea ahalbidetuz. *Rifting* prozesuko faila normalez baliatuz, itsasoko ura grabitatez lur barnera sartu daiteke. Kontutan hartuta mantua goratuta egotean lurrazaleko gradiente geotermikoa goratuta dagoela (ohikoa baino tenperatura altuagoan daudela lurrazaleko arroak), lur barnera bideratutako ura berotu egiten da eta gainazalerantz abiatu daiteke failetako permeabilitateaz baliatuz (adib. Pinto et al., 2015). Ur beroak lurrazala zeharkatzean inguruko arroekin interakzionatzeko ahalmen handiagoa du eta prozesu horren bitartez elementu eta konposatu ezberdinetan aberasten da. Elementu eta konposatu ezberdinetan aberastutako urak itsas hondora iristean ingurune hauetako uren kimismoan aldaketak eragin ditzakete, ingurune baldintzak aldatuz (adib. Prol-Ledesma et al., 2004).

EKAn Kretazeo garaian jario bero ezberdinek itsas hondora eragina izan zutenaren ebidentziak deskribatu dira (Aranburu et al., 2002), kasu batzuetan ekosistema bereizgarriak garatu zirelarik jario hauei lotuta (Agirrezabala, 2009; Rosales et al., 1995). Hau horrela, laneko hipotesi gisa planteatzen dugu mota hauetako jarioen ihesek baldintzatuta egon daitezkeela proiektu honetan aztergai diren bi anomalien jatorria.

Mikrobialiten zein glaukonita mineralen inguruko ikerketak nabarmen ugaritu dira azken hamarkadetan. Hala ere, hauen jatorria eta garapena baldintzatzen dituzten faktoreak guztiz ulertzeko asko falta da oraindik.

Proiektu honek aztergai dituen mikrobialitak sakonera txikiko itsas inguruneetan, karbonatozko plataformetan, garatutakoak dira. Ingurune itsastarretako adibideak urriak izanik, beste ingurune sedimentario batzuetan garatutako mikrobialiten inguruko informazioa oso baliagarria izan daiteke. Mikrobialitak ohikoak dira ingurune kontinentaletako ur gezako sistemetan, eta ondorioz, azken hamarkadetan ikerketa gehienak ingurune horietan oinarritu dira (adib. Çağatay et al., 2024; Perri et al., 2025).

Ingurune kontinentaletan garatutako mikrobialiten hazkundera baldintzatzen dituzten faktore ezberdinak ulertzeak, ingurune itsastarretako mikrobialiten garapena nola ematen den ulertzen lagundu dezake. Adibide adierazgarria da, Çağatay eta lankideek (2024) deskribatutako laku

alkalino bateko bakterioek hauspeatutako kaltzio karbonatoaren hazkundera. Kasu honetan hazkunde anomaloaren eragile nagusia ur ezberdinen nahasketa dela ondorioztatu dute, lakuko ur alkalinoen eta failek zein ibaiek lakura isuritako kaltzioan aberatsak diren uren nahasketa zehazki .

Ingurune itsastarretako mikrobialitei dagokionez, azken urteetan mikrobioek karbonatozko plataformen garapenean duten garrantzia agerian jartzen ari da (Rameil et al., 2010; Yao et al., 2023) eta hauetan garatutako mikrobialiten adibideak gero eta ugariago dira (adib. Perri, et al., 2019). Hala ere, zartadurak eta barrunbeak betetzen azaltzen diren mikrobialiten inguruko ikerketak oso urriak dira. Azken ikerketek, gai honetan bide berriak ireki dituzte, esaterako, Fabbi eta lankideek (2024) lehen aldiz deskribatu dute jatorri mikrobianoa duten kaltzita kristalek arroka metamorfikoen haustura planoen dilatazioan izan zuten eragina sakonera txikiko ingurune itsastarrean.

Glaukonitei dagokionez, mineral hauen kristalizazio eta hazkundera nola ematen den eztabaida gai izaten jarraitzen du gaur egun. Onartuta dago glaukonitak diagenesi goiztiarrean garatzen diren mineralak direla (Odin eta Matter, 1981; Rubio eta López-Pérez, 2024). Glaukoniten garapena emateko beharrezko diren elementuak (Fe, Mg, K, Na, aluminioa, silizea) (Odin eta Matter, 1981) ez dira ingurune sedimentarioetan eskuragarri egoten eta ondorioz, hauen garapena ez da ohikoa ez gaurko itsasoetan, ezta erregistro geologikoan ere. Elementu horien jatorria ezberdina izan daiteke, eta horregatik, eremu bakoitzeko baldintzak aztertzea funtsezkoa da glaukoniten garapena baldintzatzen duten faktoreak ulertzeko (Odin eta Matter, 1981). Elementuan aberastasunaz gain mineral hauen hauspeatzea beste faktore batzuek ere baldintzatzen dutela uste da, besteak beste, ingurunearen pH-a, tenperatura, materia organikoaren presentzia eta honen degradazioa/hartzidura.

Azken urteetan glaukonita mineralen inguruko ikerketak asko ugartu dira eta honek tradizionalki onartzen ziren hainbat ideia zalantzan jarri ditu (Bansal et al., 2023; Tribovillard, 2024). Adibidez, autore batzuek glaukonitaren hauspeatze-prozesua uste zena baino denbora tarte laburragoan, 20000 urtera murriztua, ematen dela proposatu dute (Bansal et al., 2023).

Proiektu hau Eusko Jaurlaritzako Hidro-Ingurumen Prozesuen talde kontsolidatuaren baitan kokatzen da, zehazki paisaiaren jatorria eta bilakaera geo-inguruneen ikuspegitik ulertzeko helburu duen ikerketa ildoan. Proiektu honen helburua ingurunean izandako aldaketak deskribatzeaz gain, hauen jatorriak eta ondorioak ulertzeko da, horretarako aipatutako anomaliak aztertuz.

3. Ikerketaren muina

Aipatutako ikerketa aurrera eramateko lan-modalitate ezberdinak burutu beharko dira, besteak beste landa lana eta laborategiko analisiak. Aipatutako anomaliak ondo ulertzeko hauek azaltzen diren lekuko testuinguru geologikoa sakon ezagutzea ezinbestekoa da, gainontzeko arroka, egitura eta prozesurekin duten harremana zehaztuz.

3.1 Landa datuen bilketa

Arrokak, beraien osaera, ezaugarriak eta adina (erlatiboa zein absolutua) kontuan hartuta unitate litoestratigrafiko ezberdinetan sailkatzen dira. Unitate hauetako arrokak sortu ziren ingurune-baldintzak eta jasan dituzten prozesu diagenetiko ezberdinak ulertzeko, unitate horretako arroken azterketa petrologikoa, hau da, arroken osaera, ehundura eta aurkezten dituzten egiturak mikroskopia bidezko azterketa burutzeaz gain, gainontzeko unitate eta egitura geologikoekin dituzten erlazioak aztertzea ezinbestekoa da.

Unitate ezberdinen arteko erlazioak irudikatzeko mapa geologikoak egiten dira. Mapa hauetan arroka mota, arrokaaren adina, geruzapenaren orientazioa eta geruzen arteko erlazio geometrikoak jasotzen dira, hauek unitate litoestratigrafiko ezberdinetan antolatuz. Modu honetan, unitate ezberdinen eta egitura tektonikoen arteko erlazioak aztertuz, eremuan emandako prozesu ezberdinen eragina hobeto ulertzeko aukera izaten da. Unitate litoestratigrafiko hauen ezaugarriak

zeintzuk diren zehazteko landan azaleramendu ezberdinak aztertzen dira eta hauetan unitate horien adierazgarriak izango diren laginak jasotzen dira, ondoren laborategian aztertzeko.

Aipatu bezala ikerketa honetan arroaren eremu ezberdinetan hautemandako anomaliak aztertuko dira (1. Irudia), ondorioz beharrezkoa da eremu horietako bakoitza sakontasunean aztertzea. Mikrobialitate eta glaukonitate unitate jakin batzuetara mugatzen direla behatu da eta kasu batzuetan unitate bateko geruza jakin batzuetan soilik deskribatu dira. Horregatik, ezaugarri orokorrak aztertzeaz gain, anomaliak azaltzen diren geruza horiek xehetasunez aztertzea funtsezkoa da.

Mikrobialiten garapena bi modu ezberdinetara gertatu zenez (zartadura edo barrunbeetara mugatuta edota sakonera txikiko itsas hondotan), bi testuinguru desberdinetan egingo da hauen detailezko azterketa. Geruza zabalak garatzen dituzten mikrobialiten kasuan hauek aurkeztzen dituzten lodiera eta alboranzko aldaketak aztertuko dira, geruzak osatzen dituzten arroken ezaugarri sedimentologiko eta petrologikoak deskribatuz. Bestetik, barrunbe eta zartadurak betetzen dituztenean, barrunbeen geometria eta jatorria aztertzeaz gain, mikrobialitekin betekin horietan dituzten arroken osaera eta ehundura ezberdinak deskribatuko dira. Mikroorganismo horiek mikrobialitate eratzeko erabilitako mekanismoak ulertzea da helburua.

Glaukoniten agerpenen analisi zehatza egiteko mineral hauek azaltzen diren unitateak deskribatuko dira, eta glaukoniten agerpenek aurkeztzen dituzten ezaugarri ezberdinak (morfologia, proportzioa, tamaina, etab.) aztertuko dira. Gainera, aberastasunak alboranzko aldaketarik duen ere ikusi beharko da, geruza horietako anomalien bilakaera eta erlazioa ulertzeko, batez ere Kretazeoan zehar aktibo izan ziren failekin erlazioak duten ikusteko.

3.2 Laborategiko analisiak

Landan hartutako laginak laborategian teknika desberdinak aplikatuz aztertzen dira. Lehenik eta behin mikroskopia optikoa erabiltzen da xafla meheak aztertzeko (30 mikra inguruko lodiera duten arroka laginak dira). Xafla meheekin arroken mineralogia, porositatea, fosil edukia eta ehundura aztertu ahal izaten dira, arroken jatorria eta metatu ziren ingurunea ezagutzeko informazioa lortuz. Xafla meheen bidez arroka sedimentarioen aleen forma, tamaina eta antolaketa ikertzen dira, ale eta ehundura horien ezaugarriak sedimentua metatu zeneko ingurune sedimentarioaren energia mailaren adierazgarri direlarik. Fosil ezberdinen elkarketak, bestalde, ingurunearen berri ematen du. Azterketa petrologikoak, sedimentuak arroka bilakatzerakoan jasandako prozesu sedimentario zein diagenetiko ezberdinak argitzen laguntzen du.

Mikroskopia optikoa duen bereizmenerako txikiegiak diren partikulen morfologia, ehundurak eta egiturak bereizteko mikroskopia elektroniko (SEM) bidezko azterketak burutzen dira. Teknika honen bitartez gainera prozesu ezberdinek partikuletan utzitako aztarnak ikusi daitezke, adibidez, mineralen aglomerazioak, porositate aldaketak edota mikroorganismoen aztarnak. Modu honetan xafla mehek eskaintako informazioa osatzen da eta prozesu sedimentario zein diagenetikoak hobeto ulertzen laguntzen dute.

Xafla meheen azterketaz gain, hainbat analisi kimiko egiten dira arroken osaera eta konposizioa ezagutzeko, hauek arroaren jatorria eta bere garapen prozesuen inguruko informazioa osatzen laguntzen dute. Mineralogia identifikatzeko (izan fosilena, buztinena edo diagenesia zehar garatutako beste kristalena), X izpien difrakzioa (XRD) erabiltzen da. Horrez gain, X izpien fluoreszentzia (XRF) eta masa espektrometria (ICP-MS) erabiltzen dira arroken konposizio kimikoa zehazteko.

Isotopoen analisiak, estrontzioa (Sr), karbonoa (C) eta oxigenoa (O) bezalako elementuen isotopoak aztertuz, kristalak eratu ziren garaiko uraren konposizioa eta baldintzak jasotzeko aukera ematen dute. Oxigeno isotopoen analisiak itsasoen tenperatura eta karbono isotopoek aztertutako kaltzio karbonatoaren karbonoaren jatorria ezagutzeko baliatzen dira. Aldiz, diagenesia zehar garatutako kristaletan burututako estrontzioaren azterketa isotopikoek, hauen sortzean parte hartutako jarioen ezaugarrien berri ematen dute.

Arrokak sortu zirenetik igaro den denbora neurtzeko, fosilen adina (datazio erlatiboa) edo mineral jakin batzuen datazio erradiometrikoa erabiltzen dira, hala nola uranio-berun (kaltzitetan) edo potasio-argon metodoak (glaukonitetan).

Landa lana eta laborategiko analisiak elkar osagarri diren teknikez osatuta daude. Landa lanak unitateen testuinguru eta unitate ezberdinen arteko erlazioak ulertzeko balio dute. Honi laborategiko analisisien azterketa gehituz, sedimentua sortu eta arroka bilakatzerakoan gertatu ziren prozesu geologiko ezberdinen ulermena eta estratigrafia (ordena) eraikitzea ahalbideratzen da.

4. Ondorioak

Ikerketa proiektu hau hasierako fasean aurkitzen da, ondorioz landa lana gauzatzen ari da momentu honetan. Burututako lanean ikusi da anomalia hauek eremu ezberdinetan azaltzen direla eta eremu horietan unitate jakin batzuetara mugatzen direla. Hala ere, mikrobialitek eta glaukonitek ezaugarri ezberdinak aurkezten dituzte EKAn eremu ezberdinetan. Ezberdintasun horien zergatia anomalien jatorria ezagutzea bezain funtsezkoa izango da, hauen garapena baldintzatzen dituzten faktoreak zeintzuk izan daitezkeen ezagutzeko.

Anomalia hauen jatorria izaera ezberdineko prozesuek eragindako ingurune aldaketekin lotuta egon daitezke, horiek arro mailakoak zein mundu mailakoak izan daitezkeelarik. Arro mailako prozesuen artean, besteak beste tektonikak eragindako itsas mailaren aldaketak, prozesu bolkanikoak eta kontinenteetatik iristen diren emarien aldaketak kontuan izan behar dira. Bestalde, eskala globaleko prozesuek ere eragin nabarmena izan dezakete, hala nola Gertakari Ozeaniko Anoxikoek (ingelesezko OAE), itsas mailaren aldaketa eustatikoek edota klimaren aldaketek.

Proiektu honek hipotesi nagusi gisa planteatzen du aztergai diren anomalia horiek eragin zituzten ingurune aldaketak estuki lotuta egon daitezkeela failen bidez lur barnetik ingurunera iristen ziren ur bero aberastuek eragindako baldintzen aldaketekin. Ur bero horiek, elementu eta konposatu ezberdinetan aberastuak, ingurunearen konposizio kimikoa aldatu eta, horren ondorioz, glaukonita mineralen eraketa eta komunitate mikrobianoaren garapena emateko baldintza egokiak sortuko zituzten. Hortaz, faila eta haiekin lotutako jarioek funtsezko eginkizuna izan zezaketen anomalia horien eraketan.

Horrenbestez, arroka-erregistroa landan aztertuz eta beharrezko analisiak eginda, anomalia horien jatorria aztertu eta ondorioztatuko da. Gertatutako prozesuek ingurune sedimentarioak nola baldintzatu eta aldatu zituzten ulertu eta planteatutako lan hipotesia egiaztatu daitekeen ikusiko da.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Aipatu bezala ikerketa hau burutzeko eta aztertutako anomaliak ulertzeko lan ugari dago egiteko. Momentuz mikrobialitak eta glaukonitak azaltzen diren eremuetako geologia sakonago aztertzea izango da helburu, horretarako aipatutako teknika ezberdinak baliatuz.

Behin eremu horietako anomalien jatorria eta hauek azaltzen diren unitateen ezaugarriak ulertuta, eremu berrietan prospekzioa egiteko bidea zabaltzea daiteke. Prospekzio hori EKAn burutzeaz gain bilakaera geodinamiko antzekoak izan dituzten beste arro batzuetara zabaltzea.

Horrez gain eredu geologikoak sendotzeko ezinbestekoa izango da antzerako problematikak aztertzen dituzten taldeekin elkarlanean jardutea, adibidez, beste zentro batzuetan burutu daitezkeen bisita edo estantziak antolatuz. Gainera EKAtik kanpoko prospekziarako ere ezinbestekoa izango da arro ezberdinetan lan egiten duten ikerketa taldeekin elkarlanean aritzea anomalia hauek arro horietan duten testuingurua osotasunean ulertu ahal izateko.

6. Erreferentziak

- Agirrezabala, L. M. (2009). Mid-Cretaceous hydrothermal vents and authigenic carbonates in a transform margin, Basque-Cantabrian Basin (western Pyrenees): A multidisciplinary study. *Sedimentology*, 56(4), 969–996. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2008.01013.x>
- Aranburu, A. (1998). *El Aptiense-Albiense de Trucíos-Güeñes (Oeste de Bizkaia)*. Doktorego tesia, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Aranburu, A., Fernández-Mendiola, P. A., López-Horgue, M. A., & García-Mondéjar, J. (2002). Syntectonic hydrothermal calcite in a faulted carbonate platform margin (Albian of Jorrios, northern Spain). *Sedimentology*, 49(4), 875–890. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2002.00475.x>
- Bansal, U., Böning, P., & Wilmsen, M. (2023). Enhanced chemical weathering of the continents promoted fast Late Cretaceous nearshore glaucony formation: Implications from the Danubian Cretaceous Group, Germany. *Journal of the Geological Society*, 180(2), jgs2022-098. <https://doi.org/10.1144/jgs2022-098>
- Bodego, A., López-Horgue, M.A., Iriarte, I. & Aranburu, A. (2016). Was the early Albian hydrothermalism the cause of a radical carbonate community replacement? *Dolomieu conference on carbonate platforms and dolomite*. Selva di Val Gardena, Italy, 4-7 October. Abstract book, p. 26.
- Bodego, A., Iriarte, E., Ladron de Guevara, M., Damas-Mollá, L. & Aranburu, A. (2022). Impact of gasohydrothermal vents on a Cretaceous shallow-marine carbonate environment and biota replacement (western Basque-Cantabrian Basin). *X Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico, Bilbao*. Abstract book.
- Bodego, A.; Aranburu, A., Ladron de Guevara, M., Damas-Mollá, L., Yusta, I. & Iriarte, E. (2023). Geochemical evidence of shallow-water hydrothermal venting in a lower Albian carbonate ramp (Basque-Cantabrian Basin, W Pyrenees). *17th Bathurst Meeting-International Meeting of Carbonate Sedimentologists*, Naples, Italy. Abstract book, p. 53.
- Çağatay, M. N., Damcı, E., Bayon, G., & Sarı, M. (2024). Microbialites on the northern shelf of Lake Van, eastern Türkiye: Morphology, texture, stable isotope geochemistry and age. *Sedimentology*, 71(3), 850–870. <https://doi.org/10.1111/sed.13153>
- Fabbi, S., Borrelli, M., Innamorati, G., Aldega, L., Daëron, M., Perri, E., & Santantonio, M. (2024). Pervasive calcite veins and cleavage dilation in low-grade metamorphic rocks as a marker of lower Jurassic rift-basin margins: A signature of microbial colonization. *Marine and Petroleum Geology*, 170, 107115. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2024.107115>
- García-Mondéjar, J., Agirrezabala, L. M., Aranburu, A., Fernández-Mendiola, P. A., Gómez-Pérez, I., López-Horgue, M., & Rosales, I. (1996). Aptian—Albian tectonic pattern of the Basque—Cantabrian Basin (Northern Spain). *Geological Journal*, 31(1), 13–45. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1034\(199603\)31:1<13::AID-GJ689>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1034(199603)31:1<13::AID-GJ689>3.0.CO;2-Y)
- García-Mondéjar, J., Fernández-Mendiola, P. A., Agirrezabala, L. M., Aranburu, A., López-Horgue, M. A., Iriarte, E., & Martínez de Rituerto, S. (2004). Extensión del Aptiense-Albiense en la Cuenca Vasco- Cantábrica. In J. A. Vera (Arg.), *Geología de España* (or. 340–343). SGE-IGME.
- Gómez-Pérez, I. (1994). *El modelo plataforma carbonatada-cuenca de Gorbea (Aptiense superior-Albiense, Bizkaia)*. Doktorego tesia, Euskal Herriko Unibertsitatea/ Universidad del País Vasco.
- López-Horgue, M. A., Owen, H. G., Rodríguez-Lázaro, J., Orue-Etxebarria, X., Fernández-Mendiola, P. A., & García-Mondejar, J. (1999). Late Albian—Early Cenomanian stratigraphic succession near Estella-Lizarrá (Navarra, central northern Spain) and its regional and interregional correlation. *Cretaceous Research*, 20, 369–402.
- Millán, M. I. (2009). *Palaeocenographic changes record during the Early Aptian of Aralar (N Spain)*. Doktorego tesia, Euskal Herriko Unibertsitatea/ Universidad del País Vasco.
- Miró, J., Muñoz, J. A., Manatschal, G., & Roca, E. (2020). The Basque – Cantabrian Pyrenees: Report of data analysis. *BSGF - Earth Sciences Bulletin*, 191, 22. <https://doi.org/10.1051/bsgf/2020024>
- Montadert, L., De Charpal, O., Roberts, D., Guennoc, P. & Sibuet, J.-C. (1979). Northeast Atlantic passive continental margins: rifting and subsidence processes. In: Talwani, M., Hay, W., Ryan, W. (Eds.), *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*, 154–186, AGU.

- Odin, G. S., & Matter, A. (1981). De Glauconiarum origine. *Sedimentology*, 28, 611–641.
- Perri, E., Borrelli, M., Bernasconi, M. P., Gindre-Chanu, L., Spadafora, A., & Critelli, S. (2019). Microbial-dominated carbonate depositional systems: A biosedimentary and stratigraphic reconstruction in the Late Triassic of Western Tethys (northern Calabria, Italy). *Facies*, 65(3), 31. <https://doi.org/10.1007/s10347-019-0572-5>
- Perri, E., Borrelli, M., & Ponte, M. (2025). Net-0 experimental procedure to obtain Ca-carbonate bio-cement via microbially induced precipitation in a fluvial natural lab. *Sedimentary Geology*, 476, 106803. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2024.106803>
- Pinto, V. H. G., Manatschal, G., Karpoff, A. M., & Viana, A. (2015). Tracing mantle-reacted fluids in magma-poor rifted margins: The example of Alpine Tethyan rifted margins. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(9), 3271–3308. <https://doi.org/10.1002/2015GC005830>
- Prol-Ledesma, R. M., Canet, C., Torres-Vera, M. A., Forrest, M. J., & Armienta, M. A. (2004). Vent fluid chemistry in Bahía Concepción coastal submarine hydrothermal system, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 137(4), 311–328. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.06.003>
- Quintanar, A. B. (2003). *El Cretácico medio del extremo suroriental del anticlinorio de Bilbao*. Doktorego tesia, Euskal Herriko Unibertsitatea/ Universidad del País Vasco.
- Rameil, N., Immenhauser, A., Warrlich, G., Hillgärtner, H., & Droste, H. J. (2010). Morphological patterns of Aptian Lithocodium-Bacinella geobodies: Relation to environment and scale: Lithocodium-Bacinella, Aptian of Oman. *Sedimentology*, 57(3), 883–911. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01124.x>
- Roca, E., Muñoz, J. A., Ferrer, O., & Ellouz, N. (2011). The role of the Bay of Biscay Mesozoic extensional structure in the configuration of the Pyrenean orogen: Constraints from the MARCONI deep seismic reflection survey. *Tectonics*, 30(2). <https://doi.org/10.1029/2010TC002735>
- Rosales, I. (1995). *La plataforma carbonatada de Castro Urdiales (Aptiense-Albiense, Cantabria)*. Doktorego tesia, Euskal Herriko Unibertsitatea/ Universidad del País Vasco.
- Rosales, I., Mehl, D., Fernández-Mendiola, P. A., & García-Mondéjar, J. (1995). An unusual poriferan community in the Albian of Islares (north Spain): Palaeoenvironmental and tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119(1–2), 47–61. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(95\)00059-3](https://doi.org/10.1016/0031-0182(95)00059-3)
- Rubio, B., & López-Pérez, A. E. (2024). Exploring the genesis of glaucony and verdine facies for paleoenvironmental interpretation: A review. *Sedimentary Geology*, 461, 106579. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2024.106579>
- Steuber, T., Löser, H., Mutterlose, J., & Parente, M. (2023). Biogeodynamics of Cretaceous marine carbonate production. *Earth-Science Reviews*, 238, 104341. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104341>
- Tribovillard, N. (2024). Revisiting shallow glauconite factories: Intertwined fates of glauconite and iron. *Comptes Rendus. Géoscience*, 356(G1), 139–155. <https://doi.org/10.5802/crgeos.274>
- Tugend, J., Manatschal, G., Kuszniir, N. J., Masini, E., Mohn, G., & Thinnon, I. (2014). Formation and deformation of hyperextended rift systems: Insights from rift domain mapping in the Bay of Biscay-Pyrenees. *Tectonics*, 33(7), 1239–1276. <https://doi.org/10.1002/2014TC003529>
- Yao, L., Kershaw, S., Shen, S., & Wang, X. (2023). A new reef classification model with insights into Phanerozoic evolution of reef ecosystems. *Sedimentology*, 70(6), 1886–1914. <https://doi.org/10.1111/sed.13099>

7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau doktorego tesi baten zati da, bertan proiektu horretan lantzen ari diren ikerketa lerro, kontzeptu eta helburuak aurkezten direlarik. Lan hau burutzeko Eusko Jaurlaritzako doktoreak ez diren ikertzaileak prestatzeko 2024_1_0098 laguntzaren babesa eta Euskal Herriko Unibertsitateko HGI (IT1678-22) talde kontsolidatuaren laguntza jaso da.