Ikerketa-proiektuaren amaierako txostena:

Konkrezioak Deba eta Mutrikuko Flysch Beltza Taldean: tipologia, eraketa-mekanismoak eta kontrolak



LUIS MIGUEL AGIRREZABALA

Geologia Saila

Euskal Herriko Unibertsitatea

2023-10-30

AMAIERAKO TXOSTENA

Proiektuaren izenburua: Konkrezioak Deba eta Mutrikuko Flysch Beltza Taldean: tipologia, eraketa-mekanismoak eta kontrolak

Ikertzaile nagusia: Luis M. Agirrezabala. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Iraupena: 2022-2023

1. EGINDAKO LANAK:

Geoparkeko eremuan azaleratzen den Flysch Beltza Taldean eginiko behaketetan konkrezio oso ugari eta dibertsoak aurkitu dira, bai konposizio, morfologia, tamaina, zein barne-egituratan. Konkrezioen dibertsitateak adierazten du konkrezioen eraketan parte hartutako prozesuak oso dibertsoak izan direla ere. Beraz, konkrezio-mota bakoitza nola, zein baldintzatan eta zein kontrolpetan eratu den argitzeko helburuarekin proiektuko lehenengo erdian nagusiki konkrezioen gaineko azterketa bibliografikoa egin da eta Geoparkeko konkrezioen tipologia ezarri eta ezaugarriak bildu dira. Ondoren, bildutako datuen tratamendua egin da zenbait oinarrizko interpretazioak atera direlarik, hala nola konkrezioen eraketa-mekanismoen, kontrol geologikoen eta baldintzen inguruan. Proiektu honetan lortutako datuetan oinarrituta hainbat interpretazio egin eta ondorioak atera dira. Hala ere, oraindik zenbait analisi egiteko bidean daude proiektuko 2. urteari dagokion dirua garaiz iritsi ez delako. Aurrera eramandako lanak modu xehatuan ondorengoak izan dira:

1.1. Konkrezioei buruzko azterketa bibliografikoa:

Konkrezioei buruzko literatura erlatiboki ez da oso zabala. Argitaratutako lanak lortzeko eta kontsultatzeko bilaketa bibliografikoa egin da zenbait datu-baseetan, bereziki Web of Science (WoS), ScienceDirect eta SpringerLink baseetan.

1.2. Konkrezioen tipologia eta beren ezaugarriak:

Geoparke osoan zeharreko behaketa egin da bertako konkrezioak katalogatzeko eta tipologia bat ezartzeko. Geoparkeko eremuko konkrezio-mota bakoitzaren ezaugarriak bildu dira eta sailkapen bat egin da konposizio mineralogikoan oinarrituta. Hartara siderita, kaltzita, barita eta piritazko tipologia nagusiak bereizi dira. Tipologia bakoitzeko konkrezioak ezaugarritzeko ondoren zehazten diren landako zein laborategiko lanak egin dira:

1.2.1. Landa-lanak:

- Zutabe estratigrafikoen altxaketa: Konkreziodun segida-tarteetan xehetasun handiko zutabe estratigrafikoak altxatu dira, konkrezioen eta beren geruza ostalariak ordenatu eta deskribatuz. Azpimarra jarri da konkrezio eta arroka ostalarien arteko erlazioetan. Aukeratutako hainbat lagin jaso dira.
- Kartografia geologikoa: Konkreziodun tarte interesgarrienetakoen bereizmen handiko kartografia geologikoa (1:500 baino eskala handiagokoak) egin da. Kasu batzuetan drone bat erabili da airetiko argazkiak lortu eta kartografia egiteko.
- Analisi estrukturala: Zenbait tarteetan konkrezioen eta beren ostalarien neurketa eta analisi estrukturalak egin dira.
- Konkrezioen morfologia eta dimentsioak: Konkrezio-mota bakoitzaren morfologiak zehaztu eta dimentsioak neurtu dira.

1.2.2. Laborategiko lanak:

- Analisi petrologikoak: 65 konkrezio-lagin baino gehiago moztu eta aztertu dira beren ezaugarri petrologiko makroskopiko eta mikroskopikoak ezaugarritzeko. Horretarako laginen xafla meheak egin dira eta mikroskopio petrografikoan aztertu dira. Horrek baimendu du konkrezioen barne-egitura, ehundura eta konposizio mineralogiko nagusiak zehaztea. Horretaz gain, fase mineralen estratigrafia edo paragenesia ezarri da ere.
- Mikrolaginketa: Mikroskopioan ezberdindutako zementuak lagindu egin dira mikrozulagailu baten bitartez, beren X Izpien Difrakzioa (XID), X Izpien Fluoreszentzia (XIF) eta analisi geokimiko egitearren.
- X Izpien Difrakziozko (XID) analisiak lagin totalean: Aukeratutako 5 laginen analisia egin da XID bidez (Euskal Herriko Unibertsitatea EHU, SGIKER laborategiak), beren konposizio mineralogiko erdi-kuantitatiboa lortu delarik.
- X Izpien Difrakziozko (XID) analisiak buztin mineraletan: Lutitazko lagin bateko analisia egin da (Euskal Herriko Unibertsitatea EHU, SGIKER laborategiak), bere buztin mineralen konposizio mineralogikoa zehazte aldera.
- X Izpien Fluoreszentziazko (XIF) analisiak: 5 laginen analisiak egin dira eta beste 13 laginen analisiak egiten ari dira (Euskal Herriko Unibertsitatea EHU, SGIKER laborategiak), beren elementu kimikoen konposizioa jakitearren.
- Isotopo egonkorren analisiak: Hainbat analisi geokimiko egin dira konkrezioen zementuetan zein arroka ostalarietan. Analisi batzuk EHUko laborategietan (SGIKER) egin dira baina gehienak beste laborategietan (Universidade da Coruña, Universidad de Burgos, Universidad de Salamanca). Egindako analisiak ondokoak izan dira:
  - Karbonoaren eta oxigenoaren isotopoak kaltzita eta dolomitetan: 35 laginen analisiak egin dira $\delta^{13}C$ eta $\delta^{18}O$ balioak lortuz.

- Karbonoaren eta oxigenoaren isotopoak sideritetan: 5 laginen analisiak egin dira $\delta^{13}C$ eta $\delta^{18}O$ balioak lortzeko asmoz.
- Karbono organikoaren isotopoak materia organikoan: 5 lagin analizatu dira.
- Sufrearen isotopoak piritetan: 7 lagin analizatu dira eta beren $\delta^{34}S$ balioak lortu dira.
- Sufrearen isotopoak baritetan: 2 barita-lagin analizatu dira eta beren $\delta^{34}S$ balioak lortu dira.

- Kaltzimetriak: 4 lagin analizatu dira eta beren kaltzitaren portzentaiak lortu dira.
- Karbono Organiko Guztiaren (K.O.G.) edukia: Arroka ostalariaren eta bitumenen 18 lagin analizatu dira, bakoitzaren materia organikoaren edukia (K.O.G. %pisua) lortu delarik.

1.3. Konkrezioen eraketa-mekanismoen eta kontrolen interpretazioa:

Aurreko fasean bildutako datuen analisietan oinarrituta konkrezio-mota bakoitza zein baldintzetan eratu, zein fluidotatik eratorri eta zein mekanismo fisiko, kimiko edota biologikoen bidez hauspeatu den interpretazioa egin da. Baita, konkrezio-mota bakoitzaren eraketak zein kontrol geologikoen eraginpean gertatu diren ere, hala nola kontrol sedimentologikoak, tektonikoak eta magmatikoak. Analisi geokimikoen datu guztiak oraindik bildu ez direnez (laborategietara bidalitako laginen zenbait analisien emaitzak oraindik ez dira jaso), eginiko interpretazioak behin-behinekoak dira. Eginiko lehenengo interpretazioak aurreragoko 3. atalean (Interpretazio eta Ondorioak) azaldu dira.

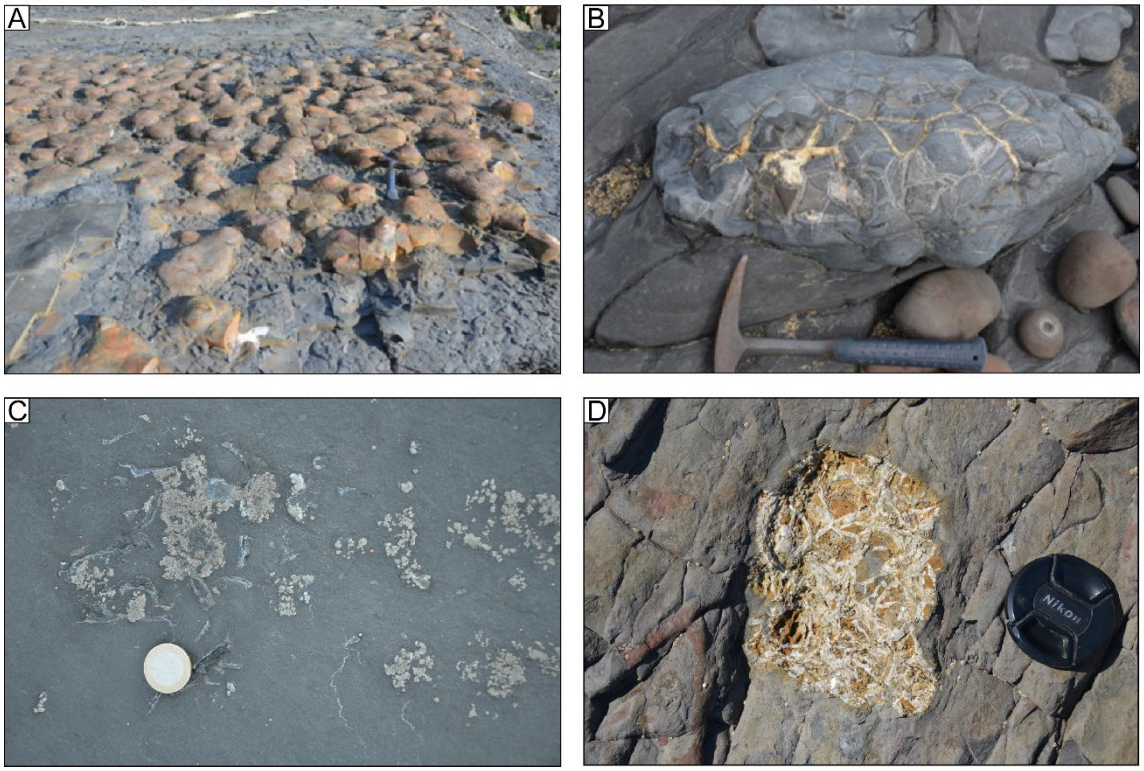
2. TOPATUTAKO ZAILTASUNAK

Proiektuaren garapenean proiektu-eskaeran aurreikusitako plangintza eta kronograma beren osotasunean aurrera eramateko bi eragozpen nagusi izan dira: zenbait laborategien analisien emaitzen atzerapena, batetik, eta proiektuaren bigarren urteko diru-sarrera egin ez izana, bestetik. Analisien atzerapenaren inguruan, analisi geokimikoak egiteko asmoz aspaldian laborategietara bidalitako zenbait laginen analisien emaitzak atzeratu egin ziren. Atzerapen hauek zenbait laborategietan izan dituzten ekipamenduen matxurengatik izan da, pandemiaren ondorioz gertatutako material faltagatik, edota laborategiek duten lan-kargatik. Bigarren urteko diru-sarrerari dagokionez, hau urtearen hasieran egin ez izanak zenbait analisi osagarri oraindik egin gabe izatea eta plangintza eta kronograma guztiz ez betetzea ekarri du. Honen ondorioz, datu geokimiko guztiak esku artean ez izateak atzeratu egiten du interpretazio zehatz eta behin betikoak lortzea. Interpretazio hauek lortuko dira falta diren analisien emaitzak irisi ahala.

3. INTERPRETAZIO ETA ONDORIOAK

Gaur egun arte lortu diren datuak analizatuz zenbait interpretazio egin eta ondorio atera daitezke. Nagusiak ondoren zehazten dira:

- Konkrezioen tipologia: Geoparkeko Flysch Beltzean lau konkrezio-mota daude beren konposizio mineralogiko nagusiaren arabera (1. Ir.): sideritazkoa, kaltzitazkoa, piritazkoa eta baritazkoa (ugaritasunaren arabera ordenatuak). Mota bakoitzaren barnean morfologia (elipsoidala, esferikoa, taulakara, hodikara, e.a.), tamaina (zenbait milimetrotik metro inguruko artekoa) eta barne-egitura (homogeneoa, zentrokidea eta zainduna edo septariformea) oso ezberdineko konkrezioak daude.
- Konkrezio diagenetiko goiztiarrak: Konkrezio guztiak egitura diagenetiko goiztiarrak dira, hots, sedimentupeko sakonera txikian (zenbait zentimetro eta metro batzuen artean) eratu zirenak. Bertako sedimentuen poroetan zeuden konposizio ezberdineko fluidoetatik eta mikrobioen parte-hartzearekin eratorritako hauspeakinak dira.



1. Irudia. Deba eta Mutrikuko Flysch Beltzeko konkrezioak. A) Sideritazko konkrezioak maila batean kontzentratuta. B) Kaltzitazko konkrezioa, zain septariformeak dituena, lutitaren baitan. C) Pirita franboidalezko konkrezioak lutitaren baitan. D) Baritazko konkrezioa lutitaren baitan.

- Sideritazko konkrezioak: Hauen konposizio kimikoko nagusia $FeCO_3$ da. Konkrezio hauek materia organiko kantitate handiko tarteei lotuta ageri dira, eta beren eraketa aldibereko materia organikoaren oxidazio eta burdinaren erredukzioaren ondorioz gertatu zela iradokitzen dute datuek.

Hala ere, analisi batzuen emaitzen faltan, ezin da oraindik jakin sulfatoaren erredukzio-zonan, metanogenesiaren zonan edo bietan eratu ziren. Konkrezio batzuk zain septariformeak dituzte barnean, hau da, konkrezioen barnea mineral-zainez zeharkatuta daude. Zain hauek sortzen dira konkrezioak, behin eratuta, ura galtzen duelako eta, ondorioz, barnea zartatu egiten delako, eta azkenik zartaduretan mineralak hauspeatzen direlako. Zain horiek antolamendu eta orientazio ezberdinak dituzte eta hiru dimentsioko sare bat osatzen dute konkrezio barnean; zainak konkrezioaren kanpo alderantz mehetu eta desagertzen dira. Septarietan zainak kaltzita, dolomita, bitumen edota baritazkoak izan ohi dira.

- Kaltzitazko konkrezioak: Konkrezio hauen konposizio kimikoa $CaCO_3$ da eta kaltzitazko mikritaz osatuta daude nagusiki. Kaltzitazko fase nagusiaren $\delta^{13}C$ balio negatiboak eta piritarekin duen harreman estua ikusirik, interpretatzen dira mikrobioek eragindako hidrokarburoen (metano eta petrolio) oxidazio anaerobioaren ondorioz eratu direla. Hidrokarburoen oxidazio anaerobikoa lurpeko sulfato-metano trantsizio zonan (SMTZ) gertatu ohi da. Bertan, baldintza anoxikoak izanda, hidrokarburo gorakorrek eta itsasoko sulfato beherakorrak topo egiten dute eta mikrobioek hidrokarburoak oxidatzen dituzte sulfatoaren erredukzioaren bitartez. Prozesu hau (1) erreakzio kimikoaren bidez gertatzen da:

$$CH_4 + SO_4^{-2} \rightarrow CO_3^{-2} + S^{-2} \qquad (1)$$

  Prozesu honen ondorioz sedimentuko ura alkalinotu egiten da $CaCO_3$ konposizioko kaltzitaren hauspeaketa (konkrezioa) eraginez. Konkrezio asko septariak dira, hau da, konkrezioen barnea mineral-zainez zeharkatuta daudenak. Zainak kaltzita, dolomita, bitumen edota baritaz beteak dira. Zainetako mineralek eta beren ezaugarri geokimikoek ($\delta^{18}O$) adierazten dute konkrezioak eratu eta gero (sakonera handiagoan) hauek zartatu zirela eta ur hidrotermalek (>60-80ºC) hauspeaturiko kaltzita eta dolomita mineralek bete zituztela zartadura hutsak. Ondoren, guztiz bete gabeko zenbait zartaduretan petrolioa pilatu edota barita minerala hauspeatu zen.

- Piritazko konkrezioak: Konkrezio mota honek zenbait milimetro eta zentimetro bat arteko diametroa ohi du eta tipikoki egitura franboidala (azalore baten itxurakoa) duen piritazko kristal-multzo irregularra da. Askotan konkrezio-mota hau egur fosilekin eta kaltzitazko konkrezioekin batera ageri da. Multzo franboidalak osatzeak, egur fosilekin eta kaltzitazko konkrezioekin batera agertzeak eta beren $\delta^{34}S$ balioak itsasoko urarena baino baxuagoak izateak iradokitzen dute itsasoko uraren sulfatoaren erredukzio mikrobianoaren ondorioz eratu direla nagusiki (1) erreakzio kimikoaren bidez.

- Baritazko konkrezioak: Konkrezio-mota hau urriena da. Bere $\delta^{34}S$ balioak itsasoko urarena baino baxuagoak izanik mikrobioek eragindako erreakzio kimiko baten ondorioz eratu dela iradokitzen du. Horrela, itsasoko uraren sulfato beherakorra eta sedimentupetik gorantz disoluzioan bideratutako barioaren artean mikrobioek eragindako erreakzio kimikoa gertatuko zen $BaSO_4$ (barita) sortuz.
- Kontrolak konkrezioen eraketan: Konkrezio-mota bakoitzaren banaketa estratigrafikoak eta espazialak eta ezaugarri mineralogiko zein geokimikoek iradokitzen dute beren eraketa zenbait prozesu mikrobiano, sedimentario, tektoniko edota magmatikoei lotuta dagoela. Hala, sideritazko konkrezioen kasuan prozesu mikrobiano eta sedimentarioak izango ziren kontrol nagusiak. Kaltzitazko eta piritazko konkrezioen eraketan parte hartutako kontrol nagusiak prozesu mikrobiano, tektoniko eta magmatikoak izango ziren. Azkenik, baritazko konkrezioen kasuan kontrol mikrobianoa nagusia izango zela interpretatzen da.

4. ETORKIZUN LABURREAN EGITEKOAK

Proiektua amaituta eta falta diren analisien emaitzen esperoan, datorren urtera begira ondorengo ekintzak egitea aurreikusten da:

- Datu guztiak bilduta, konkrezioen tipologia osoa ezartzea, mota bakoitzaren ezaugarri morfologiko, ehundurazko, petrologiko, eta geokimikoak zehaztuta.
- Eraketa-eredu bat ezartzea konkrezio mota bakoitzarentzako zeinetan eraketa-mekanismoak eta baldintza fisiko, kimiko eta biologikoak zehaztuko diren.
- Zehaztea zein kontrol geologikoen menpe eratu den konkrezio mota bakoitza eta nola eta zergatik aldatu diren kontrol horiek denboran zehar.
- Lortutako emaitza zientifikoak argitaratzea, hala nazioarteko biltzar geologikoetan nola indexatutako nazioarteko aldizkari geologikoetan.
- Dibulgaziorako materiala sortzea (hitzaldia, txangoa, e.a.).
- Geoparkerako aholkularitza-lanak egitea.

LUIS MIGUEL AGIRREZABALA MUNDIÑANO - 15970536A

Firmado digitalmente por LUIS MIGUEL AGIRREZABALA MUNDIÑANO - 15970536A
Fecha: 2023.10.30 11:40:48 +01'00'