



IKER  
GAZTE  
NAZIOARTEKO  
IKERKETA EUSKARAZ

## IV. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2021eko ekainaren 9, 10 eta 11a  
Gasteiz, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:  
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

### ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Gaur egungo ikerketa geologiko  
baten nondik norakoak:  
Kretazeoko hiperestentsioari  
loturiko hidrotermalismoaren  
zantzuak Euskokantauriar arroan**

*Martin Ladron de Guevara,  
Arantxa Bodego eta Eneko Iriarte*

53-58 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iv.05.06>

ANTOLATZAILEA:



LAGUNTZAILEAK:



# Gaur egungo ikerketa geologiko baten nondik norakoak: Kretazeoko hiperestentsioari loturiko hidrotermalismoaren zantzuak Euskokantauriar arroan

Ladron de Guevara, M.<sup>1</sup>, Bodego, A.<sup>1</sup> eta Iriarte, E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Geologia Saila. Zientzia eta Teknologia fakultatea (UPV/EHU)*, <sup>2</sup> *Laboratorio de Evolución Humana, Dpto. de Historia, Geografía y Comunicación. Universidad de Burgos*

## Laburpena

Denboraren poderioz ikerketa geologikoak asko aldatu dira. Metodologia berriek jakintza geologikoa nabarmen hobetu dute azken urteotan, duela milioika urte gertatutako prozesuak zehaztasun handiarekin ezagutzera iritsi arte. Kretazeoko Euskokantauriar arroko *rifting*ari buruz, ordea, badaude ziurgabetasun ugari. Arro horretako garai hartako hidrotermalismoa azterturik, azkenaldian bolo-bolo dabilen hiperestentsioa deritzon ereduaren bideragarritasuna aztertzen ari da. Kartografia geologikoan, azterketa petrologikoan eta beste hainbat teknikan oinarrituriko Kretazeoko hiperestentsioari buruzko gaurko ikerketa geologiko baten nondik norakoak aurkeztea du helburu lan honek.

Hitz gakoak: hiperestentsio, hidrotermalismo, Kretazeoa, *rifting*, Euskokantauriar arro.

## Abstract

*Over time, geological research has changed deeply. New methodologies have greatly improved geological knowledge in recent years to the point of knowing with great precision the processes that took place millions of years ago. However, there are many uncertainties about the Cretaceous rifting of the Basque-Cantabrian Basin. By analysing the hydrothermalism of this basin at that time, it is being studied the viability of a model that has recently become known as hyperextension. The aim of this work is to show the keys to a current geological study related to the Cretaceous hyperextension, based on geological cartography, petrological studies and other techniques.*

*Keywords: hyperextension, hydrothermalism, Cretaceous, rifting, Basque-Cantabrian Basin.*

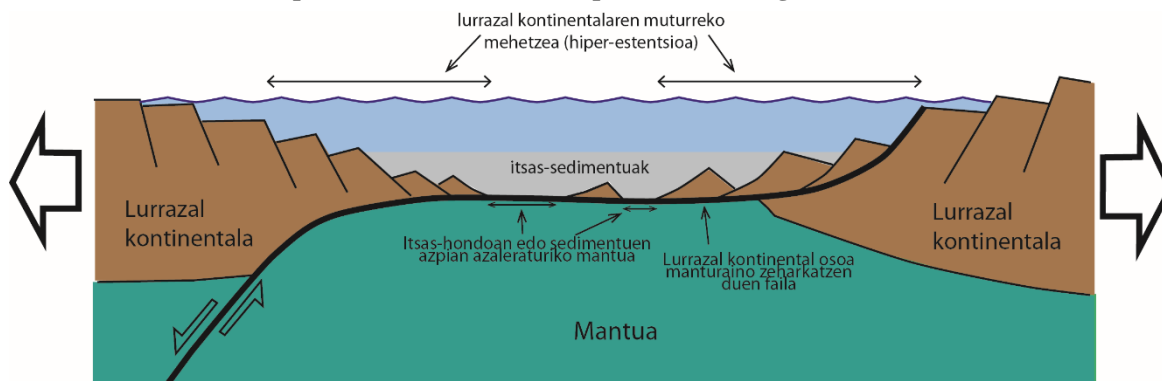
## 1. Sarrera eta motibazioa

Natur zientzien ikerketaren baitan hamaika iraultza izan dira historian zehar, modu progresiboan lorturiko datuei esker eraikitako eredu berritzaileen bitartez. Ezagutza geologikoaren baitan ere izan dira azpimarragarriak diren horrelako zenbait gertaera. Esaterako, XVIII. eta XIX. mendeetan James Hutton eta Charles Lyell geologo eskoziarrek uniformismo eta aktualismoaren printzipioak azaldu eta garatu zituzten, oraina ulertzea, iraganean zer gertatu zen jakiteko giltzarria dela ondorioztatuz. Bide beretik, 20. mendearen hasieran Alfred Wegener meteorologo eta geofisikari alemaniarrek kontinenteen jitoaren hipotesia garatu zuen, 50 urteberanduago definituko zen plaken-tektonikaren teoriaren aurrekaria. Hiperestentsioaren ideia (Doré eta Lundin, 2015; Lavier eta Manatschal, 2006; Manatschal, 2004), aipaturiko iraultzen eskalakoa izan gabe, komunitate zientifikora zer esan handia ekarri duen beste hipotesi iraultzaile bat da. Izan ere, luzaroan ikertu den *rifting* deritzon kontinenteen apurketa prozesua hobeto ulertzeko ikuspegi berria iradokitzen du. Hiperestentsioa azken hamarkadetan garatutako hipotesia da. Teknologiak aurrera egin ahala, datu geofisiko, geokimiko eta sedimentologiko berriak txertatzen joan dira azken urteetan garatutako ereduetan (Péron-Pinvidic eta Manatschal, 2019), kontzeptu eta prozesu berriak ezagutu eta ulertzeraino (Clerc et al., 2018; Péron-Pinvidic et al., 2013; Ranero eta Pérez-Gussinyé, 2010; Reston, 2005).

Hiperestentsioari loturiko prozesuen artean gailentzen dena mantuaren azaleratzea izan ohi da (1 irudia). Azaleratze horren bilakaera estentsio-failen jokaerak baldintzatzen du eta, horri loturik, aktibitate hidrotermala handia izan daiteke. Berriki egindako azterketek erakutsi dute hidrotermalismoak garrantzia duela estentsio prozesuetan (Aranburu et al., 2002; Bodego et al., 2018; Corre et al., 2018; Bahnan et al., 2020; Incerpi et al., 2017; Picazo et al., 2019; Pinto et al., 2015; Salardon et al., 2017). Aktibitate hidrotermalaren aztarnak arroketan antzematen dira. Fluido beroek arroken diagenesian eragindako aldaketak aztertuz eta arroka ostalarietako mineralizazioak behatuz, antzinako aktibitate hidrotermala nolakoa izan zen interpretatu daiteke, garaiko eboluzio

geologikoa ezagutzen. Diagenesia, sedimentuek arroka sedimentario bilakatzeraino izatendituzten prozesuen multzoa da. Prozesu hauek sedimentuen trinkotzea, birkristalizazioa, edota zementazioa izan daitezke, esaterako. Diagenesia lurrazalean ematen da, kilometro gutxi batzuen sakonera bitartean, presio eta tenperatura balio jakinen azpitik (250-300 MPa eta 150-200°C azpitik) eta metamorfismoaren aurretiko fasea dela esan daiteke.

### 1.irudia. Hiperestentsioaren eredu sinplifikatua (Bodego, 2019 lanetik hartua).



Hiperestentsioarekin lotutako egitura eta prozesuak Alpeak eta Pirinioak bezalako Mesozoiko garaiko alderantzuriko arroetan behatu dira, eta Euskokantauriar arroa (EKA) ez da salbuespen bat. EKAREN bilakaera sakonki loturik dago estentsio- eta transtentsio-esfortzuen menpean Mesozoikoan irekitzen hasi zen Ipar Ozeano Atlantiko eta Bizkaiko Golkoarekin (de Felipe et al., 2017; de Felipe et al., 2018; Ducoux et al., 2019; Tugend et al., 2014). Horregatik, EKAREN garai hartako estentsio/hiperestentsioari loturiko eboluzioak interes zientifiko handia du. Eta hori gutxi balitz, estentsioak eta loturiko hidrotermalismoak eragin handia izan zuten garaiko ingurune sedimentarioen bilakaeran eta sedimentazioan. Izan ere, failen aktibitateak sakongune eta goraguneak sortu zituen, eta fluido hidrotermalek, ingurunekeko uren kimika aldatuz, biotan zein diagenesian eragina izan zezaketen. Gauzak horrela, hiperestentsioaren ereduak leihor berri bat zabaldu dezake EKAREN eboluzioa ulertzeko moduan, urteetan komunitatean hedaturiko Kretazeoko riftari buruzko zenbait hipotesi alboratuz eta eboluzio horren baitan iraultza berritzaile bat emanez.

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Esan bezala, azken hamarkadetan mundu osoko hiperluzaturiko hainbat kontinente-ertz egonkor ikertu dira. Horren adibide dira, esaterako, Ozeano Atlantikoko Iberia-Ternua, Angola-Brasil eta Norvegia-Groenlandia ertz egonkor konjugatuak (Péron-Pinvidic et al., 2013; Péron-Pinvidic eta Manatschal, 2010; Unternehr et al., 2010), Australia-Antartika sistema, edota Txina hego-ekialdeko itsasokoa (Gillard et al., 2016; Nirrengarten et al., 2020). Batez ere teknika geofisikoen bitartez lorturiko lurpeko profil sismikoen interpretazioak baimendu du egitura tektonikoen identifikazioa. Egitura horiek interpretatzeak *rifting* eredu berriak plazaratzea ekarri du (Clerc et al., 2018; Manatschal, 2004). Horretaz gain, arroken azterketa petrologikoak eboluzio diagenetikoaren nolakotasuna ezagutzeko ere baimendu du. Zentzu horretan, arroek erakusten dituzten ehunduren analisek hiperestentsioari eta mantuaren azaleratzeari loturiko prozesu ezberdinen denbora-ordena esleitzea eta arro desberdinetako eboluzio tektono-termikoaren estimatzea ahalbidetu dute.

Lan honen helburu nagusia EKAREN Bortzirien mazizoko ipar-mendebaldeko eta hegoaldeko Kretazeo garaiko egitura geologikoen eta hidrotermalismoaren karakterizazioa nola egiten ari den azaltzea da. Jarraitzen ari den metodologia zein den azaltzea eta gaur egungo mota horretako ikerketa geologiko bat nola egiten den kontatzea. Metodologia horren xede nagusia arroetan fluido beroen jarduerak sorturiko anomaliak aurkitzea da. Ondoren horiek deskribatu eta prozesu geologikoak ulertuz, gertakarien denbora ordenamendu bat esleitzea. Horrela, garai hartako EKAREN estentsio-prozesuei buruzko datu gehiago lortuko dira, eta argitaraturiko lanekin konparatuz, Kretazeoko hiperestentsioaren hipotesia balioztatzeko beste leihor bat irekiko da.

### 3. Ikerketaren muina

Ikerketaren funtsari dagokionez, aipaturikoa bezalako ikerketa bat aurrera eramateko hainbat mugarri gainditu behar dira. Kretazeoko balizko hiperestentsioari loturiko hidrotermalismoa aztertzeke, garai hartako arroketan prozesu hidrotermalek utzitako aztarnak eta anomaliak aurkitzea eta interpretatzea da jomuga (2. irudia). Lan hori xehetasunez kokartografia geologiko batean eta harturiko laginen analisisian (azterketa petrologikoa, geokimikoa...) oinarritzen da nagusiki.

#### 3.1. Kartografia geologikoa

Hidrotermalismoari loturiko anomaliak bilatzeko, eremuko geologia ondo ezagutzea funtsezkoa da. Eskala ezberdineko datuak eta behaketak, korrelazionatzea beharrezkoa da. Horretarako, kartografia geologiko egoki bat nahitaezkoa da. Horrek ahalbidetuko baitu arroken eta egitura geologikoen antolaketa espazial zein denbora-ordenamendu egoki baten interpretazioa egitea. Mapa geologiko orokorrak dokumentu zientifiko publikoak izan ohi dira eta erakunde publikoek garatzen dituzte normalean. Horiek, eskala ezberdinetakoak izan daitezke, arruntenak 1:25.000 eta 1:50.000 eskalakoak direlarik. Hala eta guztiz ere, industrian zein ikerketan, kanpaina geologikoak egiten dira datu kartografiko gehiago lortzeko. Mapa horiek egiteko teknika ezberdinak daude. Esaterako, teknika geofisikoek edota zundaketek sakoneko geologia ezagutzeko balio dute eta gainazaleko datuekin bateratuz lurraldeko geologiaren irudi nahiko fidela eman dezakete. Ikerketa honetan, zundaketen eta kanpaina geofisikoen faltan, azaleko behaketetan oinarritutako mapa geologikoak ari dira eraikitzen. Behaketa horiek landan aztertutako azaleramenduetan harturiko datuetan eta laginetan oinarritzen dira, batik bat. Mapa geologikoetako datuek arroken litologia, adina, geruzapenaren orientazioa eta geruzen arteko erlazio geometrikoak, egiturak, eta abar adierazten dituzte, oinarri topografiko baten gainean. Horrela, eremuan azaleratzen diren eta azaleratzen ez diren arroken ordenamendu espaziala interpretatu daiteke hiru dimentsiotan. Eta hori adierazteko, zehar-ebaki geologiko deritzen ebaketak egiten dira norabide jakinetan, aipaturiko arroken eta egituren antolaketaren ideia on bat izateko. Horrekin guztiarekin, arroka unitateen lodierak, alboranzko aldaketak, failen eta tolesen geometriak estimatu daitezke, estentsioaren izaera nolakoa izan zen ezagutzeko. Mapa geologikoak interpretazio-gradu bat dute beti, datu asko ezin baitira lortu. Horregatik, datuak gehitu ahala, mapa geologiko fidelagoak egin daitezke.

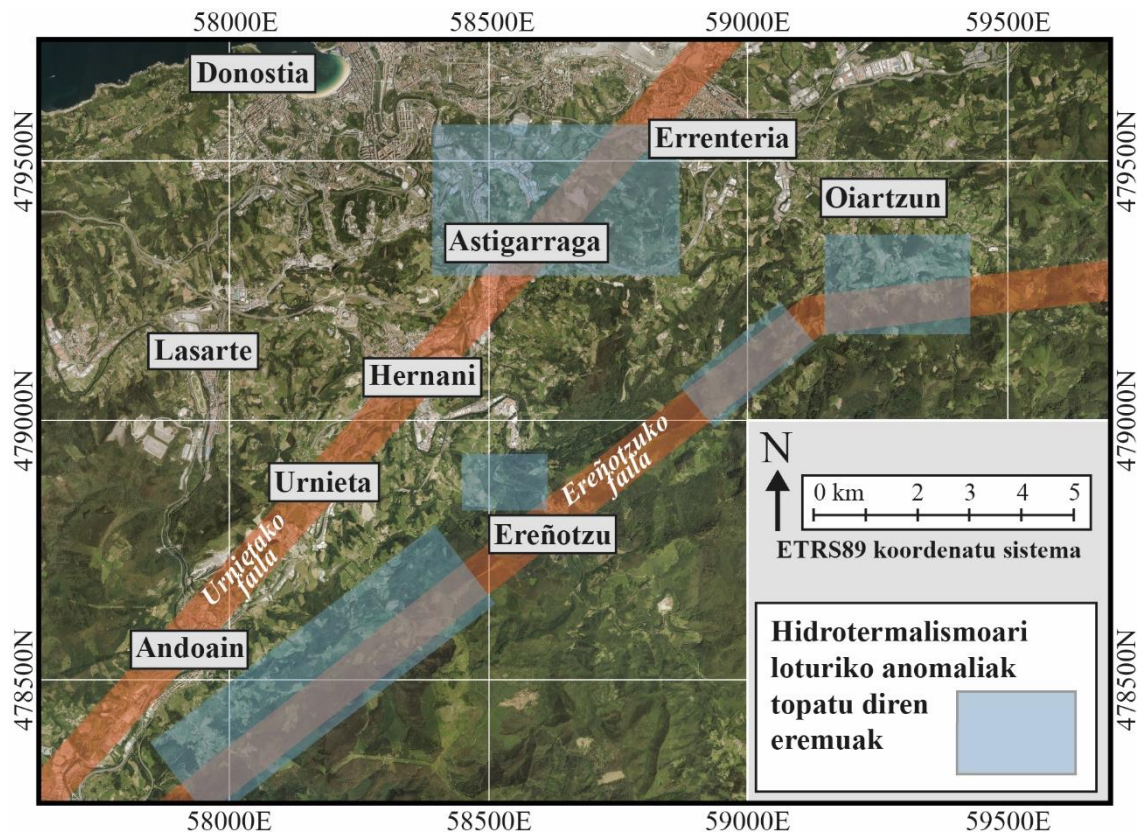
Ikerketa honi dagokionez, orain arte Bortzirien mendiguneko ipar-mendebaldeko eremuan bideratu da landa-lana, eta ondorioz, kartografia geologikoa eta laginketa. Eremu hau Ereñotzuko faila deritzon muga geologikoa baldintzatzen du batez ere, Urnietako failarekin batera (2. irudia). Ereñotzuko faila, gutxi gorabehera, estentsio aurreko arroak eta, estentsioaren garaikideak eta ondorengoak diren arroak banatzen dituen eta Villabonatik Oiartzun ekialdera arte luzatzen den muga tektonikoa da. Faila horri loturik, Kretazeoko hidrotermalismoari loturik egon daitezkeen zenbait anomalia aurkitu dira. Esaterako, Kretazeoko karbonatozko arrapaletan eta deltetan metaturiko sedimentu litifikatuetan hausturak, mineralizazioak eta burdinaren mobilizazioari loturiko gorritzeak aurkitu dira, besteak beste.

#### 3.2. Laginen analisisia

Laborategiko lanaren harira, laginak teknika ezberdinak erabiliz analizatzen dira. Hasteko, landan harturiko laginen prestaketa baten ostean, arroken xafla meheak mikroskopioan aztertzen dira. Horrela, azterketa petrologikoarekin, begi hutsekin ikusezinak diren ehundurak, mineralak, fosilak eta abar behatu daitezke. Informazio asko atera daiteke mikroskopioaren laguntzaz. Izan ere, xehetasun handiko arroken deskribapen on batek arroka horien sorreraren eta diagenesiaren berri eman dezake. Adibidez, sedimentu horiek metatu zireneko ingurune sedimentarioa zein zen interpretatu daiteke mineralen, fosilen, ehunduraren eta beste zenbait irizpidetan oinarriturik. Fosilen agerpenak eta fosil elkarteek (mikrofosilak nagusiki) arroken datazio erlatiboa egitea baimendu dezakete. Eta hori gutxi balitz, kartografia geologikoa osatzeko oso baliagarria da. Diagenesiari dagokionez, sedimentuek prozesu ezberdinetan izaten dituztenaldaketak argitu dezake. Adibidez, izaki bizidunek jatorrian zuten oskolen edota egituren mineralogia aldaketak antzeman daitezke, ingurune baldintza fisiko-kimikoen informazioa (tenperatura, pH-a eta presioa, besteak beste) eman dezakeelarik, sakonera erlatibo baten estimazioarekin batera. Azterketa petrologikoa osatzeko beste teknika osagarrien artean, mineralak desberdintzeko xaflen tindaketak egin daitezke,

edota ehundurak desberdintzeko, katodoluminiszentzia erabili. Honez gain, beste hainbat teknika analitiko erabili daitezke. Ikerketa honetan erabili diren eta erabiliko diren tekniken artean, mineralogia orokorra eta buztingen mineralogia ezagutzeko X izpien difrakzioa, elementu nagusien, traza-elementuen eta lur arraroen masa espektrometria, oxigeno eta karbono isotopoen neurketa, inklusio fluidoaren termometria eta paleomagnetismoa.

**2. irudia. Bortzirien mazizoko ipar-mendebaldeko ikerketa gunea.**



**4. Ondorioak**

Ondorioei dagokienez, bi zatitan banatu daitezke hauek. Hasteko, kartografia geologikoak eta azterketa petrologikoak erakutsi dute Kretazeoko estentsioaren ondoriozko hidrotermalismoari loturiko anomaliak egon daitezkeela Bortzirien mendiguneko ipar-mendebaldean. Kartografiak arroken eta egitura geologikoen antolaketa eta erlazio geometrikoak azaleratu ditu. Horrela, Ereñotzu eta Urnieta failek baldintzaturiko estentsioaren nolakotasunaren datu gehiago lortu dira eta estentsioa baldintzaturiko zuten faila horien jokaera ezagutzeko balio dezake etorkizunean. Laborategiko lanak eta, batez ere, azterketa petrologikoak (beste tekniken laguntzarekin), mineral berrien sorrera, burdinaren mobilizazioa, birkristalizazioaren ondoriozko kristalen tamainaren handitzea, haustura sistemak garatzea eta abar, deskribatzea ahalbidetu du. Prozesu horiek hidrotermalismoaren jardueraren ondoriozko emaitza diagenetikoak izan daitezke. Hala eta guztiz ere, oraindik ezin da prozesu hauek barneratzen dituen hiperestentsioari loturiko eredu bat sortu.

Bestalde, lan honek ikerketa geologikoen diziplina aniztasuna agerian uzten du. Osagarriak diren teknikak eta diziplinak uztartzea nahitaezkoa da horrelako ikerketak aurrera eramateko. Teknologiaren aurrerapenak datu berriak lortzeko gaitasuna eskaintzeaz gain, datu zaharrak berrinterpretatzeko ere balio dezake. Izan ere, urteetan kontinenteen apurketari buruz nagusi izan diren eredu gainera hautsak harrotu dira eta hiperestentsioaren ikuspuntu berri honek izango du zer esana.

## 5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Esan bezala, ikerketa hau bukatzeko oraindik asko falta da, ikerketaren oinarriak soilikbaitaude ezarrita. Plangintzari dagokionez, orain arte lorturiko eta etorkizunean lortuko diren datuen eta emaitzen arabera, Bortzirien mendiguneko iparraldeko eta hegoaldeko Kretazeoko estentsioari loturiko hiperestentsioan oinarrituriko hidrotermalismoaren eredu bat eraikitzea espero da, gero, EKArA hedatzeko. Horrela, hipotesi berri honek EKArA bilakaeran izan zezakeen eragina ikustea eta balioztatzea posible izango da. Horretarako, lanean zehar aipaturiko tekniketari eta beste hainbat jardueren bitartez, Bortziria mugatzen duten failen inguruko hidrotermalismoa xehetasun handiz landu beharko da.

## 6. Erreferentziak

- Aranburu, A., Fernández-Mendiola, P. A., López-Horgue, M. A. eta García-Mondéjar, J. (2002), Syntectonic hydrothermal calcite in a faulted carbonate platform margin (Albian of Jorrios, northern Spain), *Sedimentology*, 49, 875-890.
- Bahnan, A. E., Carpenter, C., Pironon, J., Ford, M., Ducoux, M., Barré, G., Mangenot, X. eta Gaucher, E. C. (2020), Impact of geodynamics on fluid circulation and diagenesis of carbonate reservoirs in a foreland basin: Example of the Upper Lacq reservoir (Aquitaine basin, SW France), *Marine and Petroleum Geology*, 111, 676-694.
- Bodego, A., Aranburu, A., Iriarte, A., López-Horgue, M. A. eta Damas-Mollá, L. (2018), Primeros datos de hidrotermalismo Cretácico en el margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica, *Geogaceta*, 64, 31-38.
- Bodego, A. 2019. «Bizkaiko Golkoa, Pirinioak eta plaka-tektonika». URL: <https://zientziakaiera.eus/2019/06/06/bizkaiko-golkoa-pirinioak-eta-plaka-tektonika/> (2019ko ekainaren 6a).
- Clerc, C., Ringenbach, J. C., Jolivet, L. eta Ballard, J. F. (2018), Rifted margins: Ductile deformation, boudinage, continentward-dipping normal faults and the role of the weak lower crust, *Gondwana Research*, 53, 20-40.
- Corre, B., Boulvais, P., Boiron, M. C., Lagabrielle, Y., Marasi, L. eta Clerc, C. (2018), Fluid circulations in response to mantle exhumation at the passive margin setting in the North Pyrenean Zone, France. *Mineralogy and Petrology*, 112(5), 647-670.
- Defelipe, I., Pedreira, D., Pulgar, J. A., Iriarte, E. eta Mendia, M. (2017), Mantle exhumation and metamorphism in the Basque-Cantabrian Basin (N Spain): Stable and clumped isotope analysis in carbonates and comparison with ophicalcites in the North Pyrenean Zone (Urdach and Lherz), *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18(2), 631-652.
- Defelipe, I., Pulgar, J. A. eta Pedreira, D. (2018), Crustal structure of the eastern Basque-Cantabrian zone – western Pyrenees: from the Cretaceous hyperextension to the Cenozoic inversion, *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 31(2), 69-82.
- Dorè, T. eta Lundin, E. (2015), Hyperextended continental margins—Knowns and unknowns, *Geology*, 43, 95-96.
- Ducoux, M., Jolivet, L., Callot, J. P., Aubourg, C., Masini, E., Lahfid, A., Homonnay, E., Caganard, F., Gumiaux, C. eta Baudin, T. (2019), The Nappe des Marbres Unit of the Basque - Cantabrian Basin: The Tectono-thermal Evolution of a Fossil Hyperextended Rift Basin, *Tectonics*, 38, 3881-3915.
- Gillard, M., Autin, J. eta Manatschal, G. (2016), Fault systems at hyper-extended crust: Structural style, evolution and relation to magma, *Marine and Petroleum Geology*, 76, 51-67.
- Incerpi, N., Martire, L., Manatschal, G. eta Bernasconi, S. M. (2017), Evidence of hydrothermal fluid flow in a hyperextended rifted margin: the case study of the Err nappe (SE Switzerland), *Swiss Journal of Geoscience*, 110(2), 439-456.
- Lavier, L. L. eta Manatschal, G. (2006), A mechanism to thin the continental lithosphere at magma-poor margins, *Nature*, 440, 324-328.
- Manatschal, G. (2004), New models for evolution of magma-poor rifted margins based on a review of data and concepts from West Iberia and the Alps, *Journal of Earth Science*, 93, 432- 466.
- Manatschal, G., Sutra, E. eta Péron-Pinvidic, G. (2010), The lesson from the Iberia-Newfoundland rifted margins: how applicable is it to other rifted margins?, *Central and North Atlantic Conjugate*



*Margins Conference*, 2, 27-37.

- Nirrengarten, M., Kusznir, N. J., Sapin, F., Despinois, F., Pubellier, M., Chang, S. P., Larsen, H.C. eta Ringenbach, J. C. (2020), Extension modes and breakup process of the southeast China-Northwest Palawan conjugate rifted margins, *Marine and Petroleum Geology*, 113, 104-123.
- Péron-Pinvidic, G., Manatschal, G. eta Osmundsen, P. T. (2013), Structural comparison of archetypal Atlantic rifted margins: A review of observations and concepts, *Marine and Petroleum Geology*, 43, 21-47.
- Péron-Pinvidic, G. eta Manatschal, G. (2019), Rifted Margins: State of the Art and Future Challenges, *Frontiers in Earth Science*, 7, 218.
- Picazo, S., Lafay, R., Faucheux, V. eta Vennemann, T. (2019), New constraints on carbonation associated with brecciation in hyperextended margins (example of Iberia and Newfoundland margins), *Terra Nova*, 31(4), 317-331.
- Pinto, V. H. G., Manatschal, G., Karpoff, A. M. eta 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.
- Ranero, C. R. eta Pérez-Gussinyé, M. (2010), Sequential faulting explains the asymmetry and extension discrepancy of conjugate margins, *Nature*, 468, 294-298.
- Reston, T. J. (2005), Polyphase faulting during the development of the west Galicia rifted margin, *Earth and Planetary Science Letters*, 237, 561-576.
- Salardon, R., Carpentier, C., Bellahsen, N., Pironon, J. eta France-Lanord, C. (2017), Interactions between tectonics and fluid circulations in an inverted hyperextended basin: Example of mesozoic carbonate rocks of the western North Pyrenean Zone (Chaînons Béarnais, France), *Marine and Petroleum Geology*, 80, 563-586.
- Tugend, T., Manatschal, G., Kusznir, N. J., Masini, E., Mohn, G. eta Thinon, I. (2014), Formation and deformation of hyperextended rift systems: Insights from rift domain mapping in the Bay of Biscay-Pyrenees. *Tectonics*, 33, 1239-1276.
- Unternehm, P., Péron-Pinvidic, G., Manatschal, G. eta Sutra, E. (2010), Hyper-extended crust in the South Atlantic: in search of a model, *Petroleum Geoscience*, 16, 207-215.

## 7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau doktorego tesi baten parte da, bertan garatzen ari diren hipotesi, kontzeptu eta helburuak aurkezten direlarik. Horretaz gain, lan honek UPV/EHU-ko ikertzaileak prestatzeko PIF 19/149 bekaren babesa jaso du, 2020.0113 UPV/EHU-TOTAL ikerketa kontratuaren eta Eusko Jaurlaritzako IT1029-16 ikertalde kontsolidatuaren laguntza ere izan duelarik.