



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

GIZARTE ZIENTZIAK ETA ZUZENBIDEA

**Akuifero-Modeloaren Garapena
Irakasleen Formakuntzan:
Maketen Errebisioa eta
Manipulazioa**

*Nahia Seijas Garzón eta
Aritz Uskola Ibarluzea*

235-242 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.02.29>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:



Akuifero-Modeloaren Garapena Irakasleen Formakuntzan: Maketen Errebisioa eta Manipulazioa

Nahia Seijas, Araitz Uskola

Matematika, Zientzia Esperimental eta Gizarte Zientzien Didaktika. Bilboko Hezkuntza Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU).

nahiaseijas@gmail.com, araitz.uskola@ehu.eus

Laburpena

Herritarrek akuiferoei buruzko ezjakintasuna erakusten dute, eta horrek baliabide honen kudeaketari buruz erabaki informatuak hartzea eragozten du. Zientzia hezkuntzak badu zer egiterik, hala nola, akuiferoei buruzko modelizazio praktikak garatuz eta maketekin lan eginez. Maketak asko erabili izan dira geologiaren irakaskuntzan, baina ikasleek oso gutxitan eraikitzen, ebaluatzen edo manipulatzeko dituzte errealitatearekin alderatuz. Ikerketa honetan etorkizuneko maisu eta maistrek eraikitzen dituzten akuifero modeloak aztertu dira, eta prozesu horretan maketen errebisioak eta manipulazioak izan duen eragina. Sekuentzia bi urtez garatu da eta emaitzek erakutsi dutenez, akuifero-modeloa garatzeko maketak errealitatearekin errebisatzea eta hauek manipulatzeko oso erabilgarria izan da.

Hitz gakoak: geologiaren irakaskuntza, modeloak eta modelizazioa, lurpeko urak

Abstract

Citizens show misunderstandings about groundwater that hinder making informed decisions about its management. Science education should address this, including modelling practices about the aquifer model, along with the use of physical models. Physical models have been extensively used in geology teaching, but students rarely construct, evaluate or manipulate them. This study addressed how the revision and manipulation of physical models contributed to the construction of the aquifer model by Preservice Elementary Teachers. This sequence was developed over two courses and results show that it is indeed the manipulation and revision of physical models that provides opportunities for revising the aquifer model and improving it.

Keywords: earth science education, models and modelling, groundwater

1. Sarrera eta motibazioa

Erabilgarri dugun ur geza gehiena lur azpian dago (*Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC], 2022); horregatik, lurpeko uren agortze-arazoak edo itsasoko uren intrusioa lehen mailako ingurugiro kezkak dira gaur egun (IPCC, 2022). Uholdeak eta lurpeko uren kutsadura ere badira akuiferoekin erlazionatutako fenomeno kezkagarriak, gure inguruan ohikoak direnak. Mehatxu horiek ulertzeko, lurpeko urak ezagutu behar dira; eta, hala ere, lurpeko urak uraren zikloaren osagairik ezezagunenetako bat dira oraindik ere (Pan eta Liu, 2018). Zenbait ikerketek adierazi duten bezala (Ben-Zvi Assaraf eta Orion, 2005), akuiferoenganako ezjakintasuna zenbat eta handiagoa izan, orduan eta eskasagoak dira gizarteak antzematen dituen inpaktuak.

Akuiferoen egitura eta dinamika ulertzeak abstrakzio maila altua eskatzen du, eta lurpeko urak sistema gisa ulertu beharra. Zailtasun horiek gainditzeko, hidrogeologoek modeloekin lan egiten dute, lurpeko uren portaera azaltzen eta iragartzen laguntzen dietenak. Izan ere, modelizazioa zientzialariek fenomeno naturalak ulertzeko garatzen duten praktiketako bat da (*National Research Council* [NRC], 2012). Hori dela eta, zientzia-hezkuntzako adituek ikasgelan modelizazioa bezalako praktika zientifikoak barneratzearen alde egiten dute (Jiménez-Aleixandre eta Crujeiras, 2017; NRC, 2012).

Ikerketa honetan lurpeko uren dinamiken ikas-irakaskuntzarako Urduñako bailaran (Bizkaia) testuinguratutako modelizazio sekuentzia bat diseinatu da, landa irteera bat barneratzen duena. Modelizazio sekuentzia hau Lehen Hezkuntzako Graduako ikasleekin garatu da, lehenengo lau-hilabeteen, bi urtez (2018/19; 2019/20), eta prozesuan ikasleek eraikitzen dituzten akuifero-

modeloak aztertu dira. Zehazki, maketen eraikitzea eta errebisioa nola garatu duten aztertu da, eta geologiaren irakaskuntzan kontuan hartzeko inplikazio didaktikoak lortu dira.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

2.1 Akuifero-modeloa

Modeloak halaxe definitu dira: errealitatearen irudikapen partzialak dira eta zientzia fenomenoak azaltzea eta haiei buruzko aurreikuspenak egitea dute helburu (Gilbert et al., 2000). Zientzia modeloak eraikitze, erabiltze, ebaluatze eta errebisatzeko prozesuari modelizazio esaten zaio (Schwarz et al., 2009). Zientzia-hezkuntzan, praktika zientifiko hori ikasleen baldintza eta hezkuntza-premietara egokitzen da. Horretarako, eredu zientifikoaren eta modelizazio-prozesuaren transposizio didaktikoa egin behar da. Geologiaren irakaskuntzan, MCG (*Modelo de Cambio Geológico*; Aldaketa Geologikoaren Modeloa) eredu proposatu izan da (Bach eta Marquez, 2017), pentsamendu sistemikoan oinarrituta dagoena. Hmelo-Silver et al. (2017) modeloak adierazteko antzeko adierazpen bat proposatu zuten: CMP (*Components-Mechanisms-Phenomena*; Konponenteak-Mekanismoak-Fenomenoak). Akuifero-modeloaren kasuan, Konponenteak (C) Fenomenoan inplikaturik dauden azpi-sistemako elementu guztiak dira (geosfera, hidrosfera, atmosfera, biosfera). Mekanismoak (M), esan bezala, Konponenteen arteko prozesu eta elkarrekintzei egiten diete erreferentzia (meteorizazioa, ur-fluxuak, uraren egoeraren aldaketak). Honen ondorioz agertzen diren Fenomenoak (P), akuiferoaren eta ibaiaren sorrerak eta uraren mailak eta osaera kimikoak izan ditzaketen aldaketak dira.

Ikerketek erakutsi dutenez, ikasleek zailtasun handiak dituzte modelo honen dimentsio guztietan (Arhurs eta Elwonger, 2018). Oro har, ikusi da maiz ahazten dutela lurpeko ura uraren zikloa errepresentatzen dutenean (Ben-zvi-Assaraf eta Orion, 2005). Lurpeko ura identifikatuz gero, gehienek ur isolatua eta estatikoa marrazten dute edota kobazuloetatik edo "lurpeko ibai eta lakuetatik" isurtzen dela adierazten dute, gainazaleko uren antzera. Gainera, gehienetan gainazaleko eta lurpeko uren arteko loturarik ez dituzte adierazten; hortaz, ur-masa horiek ez dituzte sistema baten parte gisa ulertzen (Pan eta Liu, 2018).

2.2 Modelo fisikoak modelizazioaren bitartekari gisa

Modeloaren adierazpena modelizazio-prozesuaren faseetako bat da (Schwarz et al., 2009). Modelo fisikoaren erabileraren bidezko hausnarketa analogikoa garrantzitsua da geologian (Miller eta Kastens, 2018; Torres eta Vasconcelos, 2016), eta bereziki hidrogeologian (Dickerson et al., 2007), behatzeko zailak diren prozesuez arduratzen den diziplina baita. 3D-ko irudikapenei esker ikasleek gaiari buruz modu espazialean arrazoitu dezakete (Dickerson et al., 2007). Hortaz gain, sistemen osagaien arteko erlazioak ezartzen laguntzen dute eta errealitatean ikustezinak diren mekanismoak ikusgarri egiten laguntzen dute, hala nola arroren permeabilitatea.

Hala eta guztiz ere, irakasleek modelo fisikoak sekuentzia didaktikoetan txertatzen dituztenean, fenomenoari buruzko azalpenak indartzeko besterik ez dituzte erabiltzen, eta ez modelizazioko tresna edo bitartekari gisa (Torres eta Vasconcelos, 2016).

2.3 Helburuak

Ikerketa honek, modelizazio sekuentzia didaktiko batean Lehen Hezkuntzako graduako ikasleek eraikitzen duten akuifero-modeloa aztertzen du, eta prozesu horretan modeloaren errebisioak nola laguntzen dien analizatzen du. Honakoak dira ikerketa galderak:

1. Nola garatu zuten akuiferoaren modeloa ikerketan parte hartu zuten ikasleek bi urteetan?
2. Bigarren urtean ikasleen maketaren errebisioa eta manipulazioa errazteko sekuentzia didaktikoa moldatu zen. Nolako eragina izan zuten moldaketa hauek ikasleen akuifero-modeloaren garapenean?

3. Ikerketaren muina

3.1 Metodologia

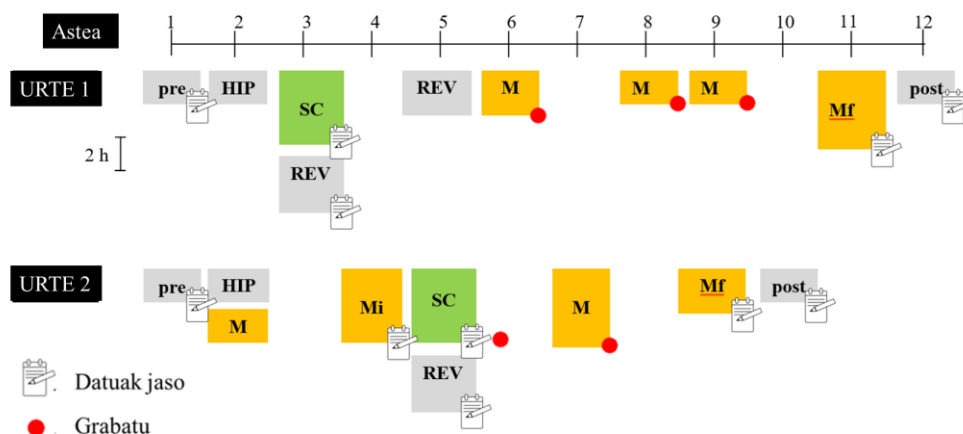
Ikerketa datu kualitatiboen interpretazio-analisan oinarritu zen (Erickson, 1989), ikasle parte-hartzaileen arteko elkarrizketen eta haiek egindako lanen (maketak, irudiak...) analisan. Sekuentzia 2018/19 (1. urtea) eta 2019/20 (2. urtea) ikasturteen lehen lauhilekoan egin zen. Parte-hartzaileak 41 eta 39 ikasle izan ziren, hurrenez hurren, 22 urteko batez besteko adinarekin eta Lehen Hezkuntzako 4. mailako “Zientzien Irakaskuntzako Egungo Joerak” irakasgaiari lantzen zutela. Ikasleek 3-5 pertsonako taldeetan egin zuten lan (9 talde 1. urtean eta 8 talde 2. urtean) eta 16 ordu eman zituzten klasean eta 4 ordu landa-irteeran.

Diseinatutako sekuentzia didaktikoa Urduñako bailaran testuinguratu zen, eta honek landa irteera bat eta maketen eraikitzea barneratu zuen. Bisitatutako bailara diapiro bat da estrukturaliki; bertan, Goi-Triasikoko *Keuper fazies*-ak azaleratzen dira azpiko geruzetan, eta hauen gainetik Goi-Kretazeoko kareharri eta tupak. Azken estratu hauek Garobel mendilerroko erliebea sortzen dute eta akuifero karstiko bat barneratzen dute, Nerbioi ibaira isurtzen dituenak bere urak. Nerbioi ibaia hemen jaiotzen dela onartzen da eta bailara oso sakona sortu da bere meteorizazio eta higaduraren ondorioz (Zamorano et al., 1978).

Testuinguru hau diapiroaren formakuntza eta akuifero-modeloa garatzeko erabili zen, baina ikerketa hau azken honen modelizazioan zentratuko da soilik. Ikerketa osoa argitaratutako tesian eskuragarri dago (Seijas, 2022). Modelizazioa bideratzeko galdera bat planteatu zen: *Nola da posible Nerbioi ibaiak ura izatea, euririk egiten ez duenean ere?* Ikasleek galdera honi erantzun ahal izateko akuifero-modeloa eraiki behar zuten, eta horretarako hainbat datu eskuragarri izan zituzten, landa-irteeran zein klasean.

1. Irudian sekuentziako jardueren denbora-banaketa ikusten da. Laukien altuerak jardueraren iraupena adierazten du. 1. urtean, 2. astea hipotesiak formulatzeari eskaini zitzaion, inguruko argazkiak ikusten ziren bitartean. Landa irteera 3. astean garatu zen. Ondorengo saioan, ikasleek landan bildutako datuak antolatu zituzten eta inguruko mapa topografiko batean irudikatu zituzten. Ondoren, 5 taldek akuifero-modeloari buruzko maketak eraiki zituzten. 1. Urteko emaitzen analisiaren ostean ondorioztatu zenez, ikasleek aukera gutxi izan zituzten modelo fisikoen errebisioak egiteko, eta ez zituzten maketak erabili modeloari buruzko predikzioak egiteko, ez eta haien modelo mentalak berrikusteko ere. Horregatik 2. urtean hainbat aldaketa txertatu ziren sekuentzian: Alde batetik, taldeak maketa bat eraikitzen hasi ziren sekuentziaren hasieran, landara joan baino lehen. Horrela, landa irteeran hasierako maketa hau ebaluatzeko eta errebisatzeko eskatu zitzaion. Gainera, irakasleak talde bakoitzari eskatu zion bere maketa etengabe ebaluatzeko eta errebisatzeko hurrengo saioetan. Bestalde, 2. urtean talde guztiek (8) akuiferoen modeloa eraiki zuten.

1. irudia: Sekuentzia didaktikoaren laburpena (Urte 1-2: 2018/19; 2019/20). Pre/post: testak. HIP: Hipotesiak. SC: Landa-irteera, REV: Errebisioa. DP: diapiro-modeloaren garapena. AQ: akuifero-modeloaren garapena; M: maketak eraiki eta errebisatu (Mi-f: hasierakoak eta amaierakoak).



Lehenengo ikerketa galderari erantzuteko, sekuentzien hasieran (pre-testean) eta amaieran (post-test) ikasleek banaka egindako galdera baten erantzunak aztertu dira. Galdera honetan ikasleei mendi bat eta ibai bat irudikatzen zituen marrazki bat eman zitzaien, eta bertan lurpeko uren presentzia azaltzeko eta irudikatzeko eskatu zitzaien. Ikasleek irudikatu zituzten modeloen analisirako tresna bat garatu zen (1. taula), CMP eskeman eta Bach eta Marquezen (2017) MCG modeloetan oinarrituta. Modeloaren dimentsio bakoitzerako mailen frekuentziak lortzeaz gain, pre-test eta post-testetako erantzun-multzoak edo *klusterrak* aztertu ziren, SPSS Statistics 26 softwarraren bidez. Taldekatze hauek erantzun-tipologiak adieraz ditzakete.

1.Taula: CMP dimentsioeen mailen (0-3) definizioa, akuifero-modeloa.

	0	1	2	3
Konponenteak I (CI), lurpeko materialak (arroakak, estratuak, kobazuloak, porositatea...)	0 elementu	Elementu 1	2-3 elementu	4-5 elementu
Konponente II (CII), lurpeko uraren kokalekua	Urik ez	Ura lurpean	Ura kobazuloetan	Ura arroken porositatean
Mekanismoak II (MII), ur-fluxuak	Lurpeko urak eta gainazal-ekoak konektatu gabe	Konekatu dira baina noranzkorik ez	Konektatu dira eta noranzkoa dute (akuifero-ibaia)	Konekzio guztiak (infiltrazioa, akuifero-ibaia, ibaia-akuiferoa)
Fenomenoa (P)	Maila freatikoarekin koherentziarik ez	Koherentzia maila freatikoarekin	Koherentzia maila freatikoarekin eta azpiko geruza iragazkaitzarekin.	2.mailaz gain, sisteman gerta daitezkeen al-daketak barneratzen ditu

Ikerketaren bigarren galderari dagokionez, hainbat saiotan taldeetako kideen arteko eztabaidak grabatu eta transkribatu ziren (Ikusi 1.Irudia), eta elkarrizketa hauetan ikasleek maketak errebisatzen, ebaluatzen, edota hauek manipulatuaz predikzioak egiten zituzten pasarteak identifikatu ziren.

3.2 Emaitzak I: Ikasleek adierazitako akuifero-modeloak, sekuentziaren hasieran eta amaieran

Ikasleek akuifero-modeloa banaka irudikatu zuten, sekuentziaren hasieran eta amaieran (pre-testa eta post-testa). 2. eta 3. taulek aztertu diren 4 CMP dimentsioetako (CI, CII, MII eta P) mailetan dauden ikasleen portzentaia adierazten dute.

2.Taula: CMP dimentsio-maila bakoitzeko ikasle-portzentaia, 1. urteko pre eta post-testean

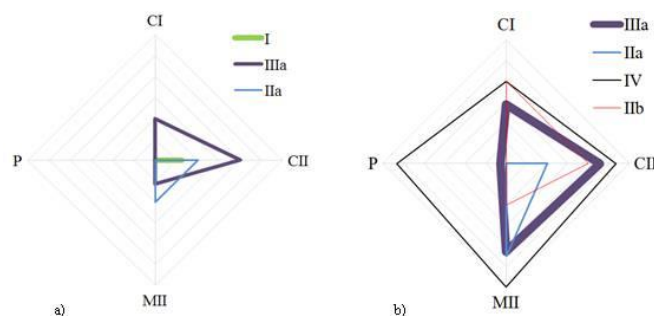
	CI		CII		MII		P	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
3				27,3		31,8		9,1
2		50	35	54,5		63,6		4,5
1	35	31,8	50	18,2	45			9,1
0	65	18,2	15		55	4,5	100	77,3

3.Taula: CMP dimentsio-maila bakoitzeko ikasle-portzentaia, 2. urteko pre eta post-testean

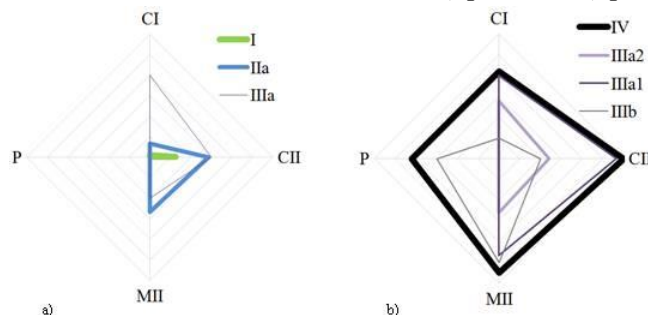
	CI		CII		MII		P	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
3		5.1		61.5		48.7		7.7
2	6.1	71.8	18.2	7.7	12.1	35.9		43.6
1	15.2	15.4	60.6	30.8	30.3	10.3		7.7
0	78.8	7.7	21.2		57.6	5.1	100	41

Bestalde, 2. eta 3. irudiek 1. eta 2. urteetan, hurrenez hurren, lortutako erantzun-tipologia multzoak erakusten dituzte. CMPren dimentsio bakoitzaren batez bestekoak erakusten dira. Lerroaren lodiera kluster bakoitzeko ikasle-kopuruarekiko proportzionala da.

2.Irudia: 1. urtean lortutako klusterrak a) pre-test, b) post-test



3.Irudia: 2. urtean lortutako klusterrak a) pre-test, b) post-test



3.3 Emaitzak II: Maketen ebaluazioa eta errebisioa

2.urteko taldekako elkarrizketetan, landa-irteerako behaketetan oinarrituta haien hasierako maketa ebaluatu zutenean, talde guztiek azpimarratu zuten hasierako maketan aukeratutako materialaren (lurra, harea, poliestirenoa...) eta material errearen (kareharria) arteko aldea. Ebaluazio honek materialen aukeraketa justifikatzera eraman zituen, bere propietateetan oinarrituta: adibidez, lurra edo harea filtrazioa ahalbidezen duelako aukeratu zutela adieraziz. Errealitatea haien hasierako maketarekin alderatzeak beren akats kontzeptualez ohartzen lagundu zien, hala nola arrokak iragazkaitzak zirela pentsatzea. Gainera, elkarrizketetan ikusi denez, ikasleak maketa eta mundu errealeko fenomenoaren arteko loturak ezartzen saiatu ziren.

Esan bezala, landa-irteera eta gero, hasierako maketa moldatu edo maketa berri bat egin aurretik, 2. urteko taleek marrazki batean landako materialak eta egiturak irudikatu zituzten, eta bertan gainazaleko eta lurpeko urak txertatu zituzten. Horrela, talde guztiei eskatu zitzairen marrazki horiek kontuan hartzeko, haien azken maketarako abiapuntu gisa. Hala ere, maketen eta irudien arteko inkoherentziak agertzen hasi ziren. Irakasle eta ikasleen arteko eztabaidak gertatu ziren talde guztietan, ibai-ohea adierazteko maketan erabili zuten materialari buruzkoak, hain zuzen. Izan ere, talde guztiek, ibai-ibilgua material iragazkaitzekin adierazi zuten (aluminiozko papera, plastikoa...), eta hori, noski, ez zetorren bat taldeen marrazkiekin ez eta errealitatearekin ere. Irakasleak emandako feedback-ari esker, taldeek material hori aldatu zuten maketetan, eta azkenean denek sartu zuten ura maketetan eta iragarpenak egiteko manipulatatu zituzten (4.Irudia).

4.Irudia: M taldearen maketa finala. Ezkerrean: eraikuntza prozesuan, ikasleek plastiko baten bidez ibai-ohlea adierazi nahi dute. Eskuman: maketa amaitua, plastikoa kendu eta ura sartzean.



Irakasleak galderen bidez bideratu zituen ikasleak maketa manipulatu eta berarekin predikzioak egiteko. Feedback horren ondorioz, ikasleek akuifero bat zer den eta akuifero bat eta ibai bat nola osa daitezkeen ulertu zuten, eta aurretik egindako akatsez jabetu ziren. Gainera, N taldean ikusten denez (4. taulan), ikasle batzuek irakasleak erabilitako estrategia bera erabili zuten azkenean, maketaren bidez erantzun zitezkeen galderak eginez ikaskideei.

4. Taula: N taldearen transkripzioaren zatia (2. urtea)

IRAKASLE	[goiko zatia seinalatuz] Hau. Ze pasatuko da hemen?
NEGU	Sikatuko da
NAHIARA	Maila freatikoa jeitsiko da
IRAKASLE	Maila freatikoa non dago?
NIKO	Ahora mismo ahí arriba
NÉSTOR	Bai
IRAKASLE	Ez
NEGU	Ez, abajo, abajo del todo
NIKO	Ah no, ¡es verdad!
IRAKASLE	Buztita, baina badoaz titit
NÉSTOR	Hemen dago [ibaia seinalatuz]
IRAKASLE	Hemen [ibaia seinalatuz]. Hemen dago, ibaiaren...
NÉSTOR	Orduan, hemen daukagun kobazuloa [goiki zatian] nola dago?
IRAKASLE	Nola dago?
NIKO	siku

4.Ondorioak eta etorkizunerako norabideak

Adierazi den bezala, ikasleen hasierako akuifero-modeloak maila oso eskasak lortu zituen bi urteetan modeloaren dimentsio guztietan (CI, CII, MII eta P). Bi urte horietan, erantzunen tipologia nagusia I. Mota izan zen; CII n soilik 1. mailara iritsi ziren erantzunak izan ziren, hau da, lurpean ura zegoela adierazten zuten, besterik ez, non edo nola dagoen adierazi gabe eta ibaiarekin inola ere lotu gabe. Hasierako modelo horiek kezkagarriak dira, erakusten baitute unibertsitate-maila horretako ikasleek, etorkizuneko maisu-maistrek, akuifero bat zer den ez dakitela, geosferako elementuak ahazten dituztela, eta ez dakitela lurpeko urek ibaiak elikatzen dituztela; literaturan askotan adierazi den bezala (Arthurs eta Elwonger, 2018; Dickerson eta Dawkins, 2004)

Aurretik esan bezala, lurpeko ura planetako ur geza eskuragarriaren erreserborio handiena da, eta uholdeak, kutsadura eta akuiferoen gehiegizko ustiapena bezalako mehatxuak, errealak, lokalak eta globalak dira (IPCC, 2022). Gizarteak lurpeko uren dinamikari buruzko gutxieneko ezagutza behar du arazo hauek ulertzeko eta baliabide honen gaineko erabaki informatuak hartu ahal izateko. Ikerketa honetan aurkeztutako sekuentzia didaktikoak, landa-irteera zein maketen eraikitzea barneratzen dituen, akuiferoen izaerari eta dinamikari buruzko ezagutza hobetzen lagun dezakeela erakutsi du, bereziki 2. urtean.

Bi urteetan, ikasleek zailtasun gehiago izan zituzten Mekanismo (MII) eta Fenomenoan (P) Konponenteen (C) dimentsioetan baino, hau da, lurpeko uren eta gainazaleko uren interakzioekin eta maila freatikoarekin zailtasunak izan zituzten. 1. urtearen amaieran, ikasleek oraindik gabezia handiak zituzten P-ri dagokienez: 1. urteko ikasleen % 14k soilik lortu zuen maila altua CMP modeloaren dimentsio guztietan (IV. motako erantzuna).. Aldiz, 2. Urtean emaitza hobeak izan ziren modeloaren alderdi guztietan. Izan ere, ikasle kopuru handiago batek maila altuak lortu zituen CMPren dimentsio guztietan 2. urteko sekuentziaren amaieran (% 49).

Gure ustez, modeloen errebisioari garrantzia ematea (Gilbert eta Justi, 2016; Schwarz et al., 2009). funtsezkoa izan zen 2. urtean emaitza hobeak lortzeko. Modelo fisikoak errealitatearekin alderatzea eta etengabeko konparaketak egitean oinarritu zen errebisioa, bai eta maketen manipulazioan, fenomenoak simulatzeko eta iragarpenak egiteko. Horretarako, landa-irteeraren helburua aldatu zen, hasierako jarduera izatetik errebisio jarduera bat izatera, eta irakasleak aktiboki lagundu zituen ikasleak beren maketak manipulatzeko, ebaluatzen eta errebisatzen.

1. urteko landa-irteeraren helburuetako bat errealitatea behatzea eta datuak lortzea izan zen, hipotesiak formulatzeko eta maketa eraikitze (Seijas, 2022). Hala ere, 2. urtean, landa-irteeraren amaieran ikasleen arteko elkarrizketetan ikusi zen bezala, lortutako datuak jada eraikitako hasierako maketa ebaluatze erabili ziren. Horrela, talde guztiek erabilitako materiala errealitatean topatu zutenarekin kontrastatu zuten, eta beren hautapena justifikatu zuten, aurkeztu nahi zuten propietatearen arabera, kasu honetan, materialaren permeabilitatearen arabera. Gainera, beren aurredeietaz ohartu ziren, hala nola arroak iragazkaitzak direla pentsatzeaz. Hala, landako elkarrizketetan ikusten denez, ikasleek maketa fenomenoaren adierazpentzat jo zuten, eta haien modeloa eraikitze tresna erabilgarria izan zitekeela, kritikoki aztertuz maketako elementuak adierazten zutena, modelo fisikoa eta errealitatea etengabe alderatuz.

Ikerketa honen emaitzek Kastens-en eta Riveten (2010) ondorioa sostengatzen dute: ikertzaile hauek diotenez, ikasleek modu kritikoan aztertzen dituztenean ikasgelako modelo eta Lurreko sistemaren arteko korrespondentziak eta ez-korrespondentziak, orduan sortzen dira fenomeno bat sakonki ulertzeko aukera hoberenak. Gure aldetik zera gaineratuko genuke: maketak Lurreko sistemarekin alderatzeko, landa-irteera hezkuntza-baliabide oso baliotsua dela, emaitzetan ikus daitekeen bezala, eta hainbat ikerketek adierazi duten bezala (Mogken eta Goodwin, 2012).

Akuifero-modeloa eraikitze bigarren une garrantzitsua, landa-irteeraren ondoren izan zen, maketaren manipulazio eta errebisioa egin zutenean. 1. urtean irakasleak ikasleak horretara animatu zituen bitartean, 2. urtean irakaslea talde-talde hurbildu zen, maketa errebisatzen lagunduz, errealitatearekin alderatzeko eskatuz, ikasleak fenomenoak simulatzera behartuz maketan ura sartuz eta galderak eginez gertatzen ari zena behatzeko edo gerta zitekeena iragartzeko. Irakaslearen feedbacka irakaskuntzarako funtsezkoa da. Jarduera irekien kasuan, Hardy et al. (2006) adierazi dutenez, ohikoa da ikasleak jardueran bertan zentratzea eta kontzeptu garrantzitsuei buruzko gogoetarik ez egitea. Hori dela eta, baliteke ikasleak aurreikusitako ondorio zientifikoetara ez iristea edo ezagutza osatugabeak eskuratzea edo/eta akats kontzeptualak izatea (Kirschner et al. 2006). Hau izan daiteke 1. urtean gertatu zena: taldeek maketa eraikitze jardueran zentratu ziren eta ez zuten irudikatzen zuen fenomenoaz hausnartu. Hala ere, 2. urtean, irakasleak maketaren funtzioaz jabetzen lagundu zien ikasleei, bai modeloaren adierazpen gisa, bai iragarpenak egiteko tresna gisa (Gilbert et al., 2000).

Emaitzek erakusten dute ikasleak gai izan zirela maketa tridimentsionalen potentziala aprobetxatzeko, beren hasierako ideien eta fenomenoaren arteko bitartekari gisa, eta eredu maila desberdinen artean. Horretarako, maketak egin eta errealitatearekin konparatuz hauek errebisatu izana garrantzitsua izan zen, eta honek berretsi egiten du horrelako jarduerak geologiaren irakaskuntzan txertatzeko beharra (Torres eta Vasconcelos, 2016).

5. Erreferentziak

- Arthurs, L. A. eta Elwonger, J. M. (2018). Mental Models Of Groundwater Residence: A Deeper Understanding Of Students' Preconceptions As A Resource For Teaching And Learning About Groundwater And Aquifers. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education*, 5 (1), 53-66.
- Bach, J. eta Márquez, C. (2017). El estudio de los fenómenos geológicos desde una perspectiva sistémica. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 25 (3), 302-309.
- Ben-Zvi Assaraf, O. eta Orion, N. (2005a). A study of junior high students' perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53 (4), 366-373.
- Hmelo-Silver, C. E., Jordan, R., Eberbach, C. eta Sinha, S. (2017). Systems learning with a conceptual representation: A quasi-experimental study. *Instructional Science*, 45, 53-72.
- Gilbert, J. K, Boulter, C. J., eta Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En J.K. Gilbert y C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-17). Kluwer Academic Publisher.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology* 98, 307-326.
- International Panel on Climate Change [IPCC] (2022): *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press. In Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Jiménez-Aleixandre, M. P. eta Crujeiras B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. Science Education. En K.S. Taber, B. Akpan (Eds), *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education* (pp. 69-80). SensePublishers.
- Kastens, K. A. y Rivet, A. (2010). Using analogical mapping to assess the affordances of scale models used in Earth and environmental science education. In C. Hölscher (Ed.), *Spatial Cognition VII, NNAI 6222* (pp. 112-124). Springer-Verlag.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., eta Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist* 41 (2), 75-86.
- Miller, A. R. eta Kastens, K. A. (2018). Investigating the impacts of targeted professional development around models and modeling on teachers' instructional practice and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 55 (5), 641-663.
- Mogk, D. W. eta Goodwin, C. (2012). Learning in the field: Synthesis of research on thinking and learning in the geosciences. *Special Paper of the Geological Society of America*, 486, 131-163.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pan, Y. eta Liu, S. (2018). Students' understanding of a groundwater system and attitudes towards groundwater use and conservation. *International Journal of Science Education*, 40 (5), 564-578.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., eta Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accesible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632-654.
- Seijas, N. (2022). *Modelización de fenómenos geológicos en la formación del profesorado. Papel de la salida de campo, del uso de datos del entorno y del trabajo con maquetas*. Doktorego-tesia. Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU-UPV). <https://addi.ehu.es/handle/10810/59516>
- Torres, J. eta Vasconcelos, C. (2016). Models in Geoscience Classes: How Can Teachers Use Them? In C. Vasconcelos (Ed.), *Geoscience Education* (pp. 25-42). Springer.
- Zamorano, P.O., Ramírez del Pozo, J. eta Tomás, M. J. A. (1978). Mapa geológico de la hoja nº 111 (Orduña). En IGME (Ed.), Mapa geológico de España E: 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/jpgs/d1_G50/Editado_MAGNA50_111.jpg