



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

III. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2019ko maiatzaren 27, 28 eta 29
Baiona, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Ur gazte frakzioa ibai-arro
mediterraneo batean: gainazaleko
urak datatzeko metodologia berri
baten aplikazioa (Vallcebre
Ikerketa Arroak, Pirineoen HE-a)**

*María Valiente, Francesc Gallart,
Pilar Llorens eta Jérôme Latron*

74-80 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iii.05.10>



Ur gazte frakzioa ibai-arro mediterraneo batean: gainazaleko urak datatzeko metodologia berri baten aplikazioa (Vallcebre Ikerketa Arroak, Pirinioen HE-a).

Valiente, Maria¹; Gallart, Francesc²; Llorens, Pilar² eta Latron, Jérôme²

¹Geodinamika Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU

²Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC), Bartzelona

maria.valiente@ehu.eus

Laburpena

Ur gazte frakzioa (F_{ug}) jarioan doan edo biltegiturata dagoen ur masa baten 2-3 hilabete baino gazteagoa den ur proportzioa da. Informazio hau baliagarria da ibai-arro bateko gainazaleko isurketen sortze-prozesuak ulertzeko. Can Vila arro mediterraneoan (Pirinioen HE-a) lurzoruko, lurrazpiko eta erreka urretan kalkulatu da F_{ug} , prezipitazioaren eta aipatutako konpartimentu hidrologiko bakoitzaren oxigeno-18 isotopoaren urtaroko zikloak alderatuz. F_{ug} handiena lurzoruko urretan topatu da. Errekako eta lurrazpiko urretan ordea, ur gazte frakzioa erreka ur-emariaren eta lurrazpiko ur-mailaren arabera da, ia zerora murrizten delarik ur-emari eta ur-maila baxuetan. Ikerlan honek, arro mediterraneo batean lehen aldiz aztertutako F_{ug} balioak aurkezten ditu.

Hitz gakoak: arro-hidrologia, Vallcebre Ikerketa Arroak, isotopo egonkorak, ur gazte frakzioa.

Abstract

The young water fraction (F_{yw}) is defined as the proportion of water in a stored or flowing mass that is younger than 2-3 months. It is a useful metric for better understanding the runoff generation processes in a catchment. F_{yw} was calculated in soil, ground and stream waters at the Mediterranean catchments of Can Vila (SE Pyrenees) from the comparison of seasonal cycles of oxygen-18 isotope between precipitation and each hydrological compartment. The results show that soil waters exhibit rather large F_{yw} , while young water fractions in stream and ground waters were strongly related to discharges and water table variations, decreasing to practically zero for both low discharges and water levels. No F_{yw} values of Mediterranean catchments were available before this study.

Keywords: catchment hydrology, Vallcebre Research Catchments, stable isotopes, young water fraction.

1. Sarrera eta gaiaren gaurko egoera

Arro hidrologia, euri-urek erreka edo ibairaino iristeko egiten duten ibilbidea (gainazaleko isurketen sortze prozesuak) eta urak arro batean ematen duen denbora ikertzea helburu duen ikerketa-arloa da (McGuire eta McDonnell, 2008). Ezagutza hori ur-kudeaketa jasangarri eta eraginkor baten oinarria da, gaur egun berebiziko garrantzia duena. Izan ere, ura, ingurumen-eta gizarte-ongizatea bermatzen duen ezinbesteko baliabide mugatua da.

Craig-en (1961) lan aitzindariak geroztik, naturalki gertatzen diren uraren isotopo egonkorak, oxigeno (^{18}O) eta hidrogeno (^2H edo D [Deuterio]), arroen funtzionamendua ulertzeko tresnen artean, tresna eraginkorrenetarikoak bilakatu dira.

Arro hidrologian ^{18}O eta ^2H isotopoak aplikatzeko oinarria, prezipitazioaren konposizio isotopikoaren urtaroko bariazioa da. Euri-uraren konposizio isotopikoa baldintzatzen duten faktoreak, besteak beste, prezipitazio kopurua, tenperatura, latitudea eta altuera dira.

Zehazki, lan honetan uraren isotopo egonkorren urtaroko bariazioak arro bateko uraren igarotze-denboren ikerketan erabili dira. Igarotze-denbora, urak arro batean prezipitazio moduan sartzen denetik erreka iristeko behar duen denbora da. Arro baten deskribapena egiteko ezinbesteko neurketa da, hain zuzen ere, uraren biltegitratze, ibilbide eta iturburuei buruzko informazioa ematen baitigu (McGuire eta McDonnell, 2008).

Eskuarki, igarotze-denborak batez besteko igarotze-denbora bezala kalkulatuak izan dira (MTT, ingelesezko *mean transit time*-etik), hau da, ur molekula batek prezipitaziotik erreka igarotzeko behar duen batez besteko denbora. Hala ere, berriki argitaratutako artikulu batek

(Kirchner, 2016) isotopo egonkorren bariazioaz baliatzen ziren MTT kalkuluak oker daudela frogatu du. Izan ere, MTT kalkulatzeko metodoek arreak homogeenak direla suposatzen dute, baina errealitatean, arreak guztiak heterogeenak dira; honek, erroreak sortzen ditu isotopo egonkorren bariazioaz baliatzen diren MTT kalkuluetan. Aldi berean, autoreak uraren adina zehaztasunez kalkulatzeko neurketa-metodo berria garatzen du: ur gazte frakzioa (F_{ug}). Ur gazte frakzioa, gainazaleko isurketan edo biltegitratuta dagoen ur masa batean 2-3 hilabete baino gazteagoa den ur proportzioa da.

F_{ug} -az baliatuz, arreak bateko urak erreka edo ibairaino egiten dituen ibilbide azkarrak zenbatetsi daitezke, eta hori, garrantzi handikoa da gainazaleko isurketen sortze-prozesuak eta kutsatzaile eta mantenu-gaien garraioa ulertzeko. Dagoeneko, Jasechko et al.-ek (2016) metodologia berria erabili dute, munduan zeharreko ehunka arreak F_{ug} -a kalkulatzeko eta mundu-mailako ibaien uretako heren bat 2-3 hilabete baino gazteagoa dela ondorioztatu dute.

Ikerketa honen lan-eremua Vallcebre Ikerketa Arro Mediterraneoetako bat da, Can Vila arroa hain zuzen. Ikerketa-eremua IDAEA-CSIC-eko Gainazaleko Hidrologia eta Higadura taldeak kudeatzen du 1988 urtetik.

2. Ikerketaren helburuak

Can Vila arroan ur gazte frakzioaren metodologia berriaren aplikazioa da ikerketaren helburu nagusia. Horretarako, bete beharreko bigarren mailako helburuak ondorengoak dira:

- Prezipitazio-uraren (sarrerako seinalea) eta Can Vila arroaren lurzoruko, lurrazpiko eta erreka-uren (irteerako seinalea) urtaroko bariazio isotopikoen azterketa.
- Ur gazte frakzioaren kalkulua (F_{ug}) lurzoruko, lurrazpiko eta erreka-uretan. Bestalde, erreka-uretan, haztatu gabeko (ur-emariak kontuan hartu gabe) eta ur-emari balioak erabiliz haztatuko F_{ug} balioen kalkulua.
- Lurrazpiko ur-mailaren eta erreka-ur-emariaren araberrako F_{ug} balioen aldaketak balioztatzea.

Guk dakigunez hau da lehenengo aldia arreak Mediterraneo batean F_{ug} balioak kalkulatu direla. Arro Mediterraneoetan ematen den ur eskasia dela eta, eta gaur eguneko Aldaketa Globala gogoan, arreak horietan gainazaleko isurketen sortze-prozesuen ikerketak funtsezkoak dira ur-baliabideen kudeaketa egoki baterako.

3. Ikerketa-eremuaren deskribapena

Ikerketa Can Vila arroan gauzatu izan da. Can Vila, Vallcebre Ikerketa Arroaren arroetariko bat da. Vallcebre Ikerketa Arroak Llobregat ibaiaren goiburuan kokatuta daude, Pirinioen hegoaldean (42°12' N, 1°49' E). Can Vila arroak 0,56 km²-ko azalera du eta 1458 eta 1115 m.i.g. bitarteko altuera (1. irudia). Litologiaz inpermeable hartzen den lutitazko substratu baten gainean dago kokatuta arroa. Lutiten gainean garatutako lurzorua buztin-lohitsuak dira, konduktibitate hidrauliko txikiak (konduktibitate hidraulikoa eremu harritsuak ura pasatzen uzteko duten erraztasuna neurtzen duen parametroa da). Lurzoruetan, sakonera txikiak akuifero libreak topatzen dira. Basoak, arroaren % 34 estaltzen du eta larreak % 63, zonalde txiki batzuetan substratu harritsuak agertzen delarik (1. irudia). Inguruko klima Mediterraneo hezea da, udan ur eskasi nabarmena duena. Urteko batez besteko tenperatura 7.3°C-koa da (1987–2006) eta batez besteko prezipitazioa 891 ± 201 mm-koa (Llorens et al., 2018).

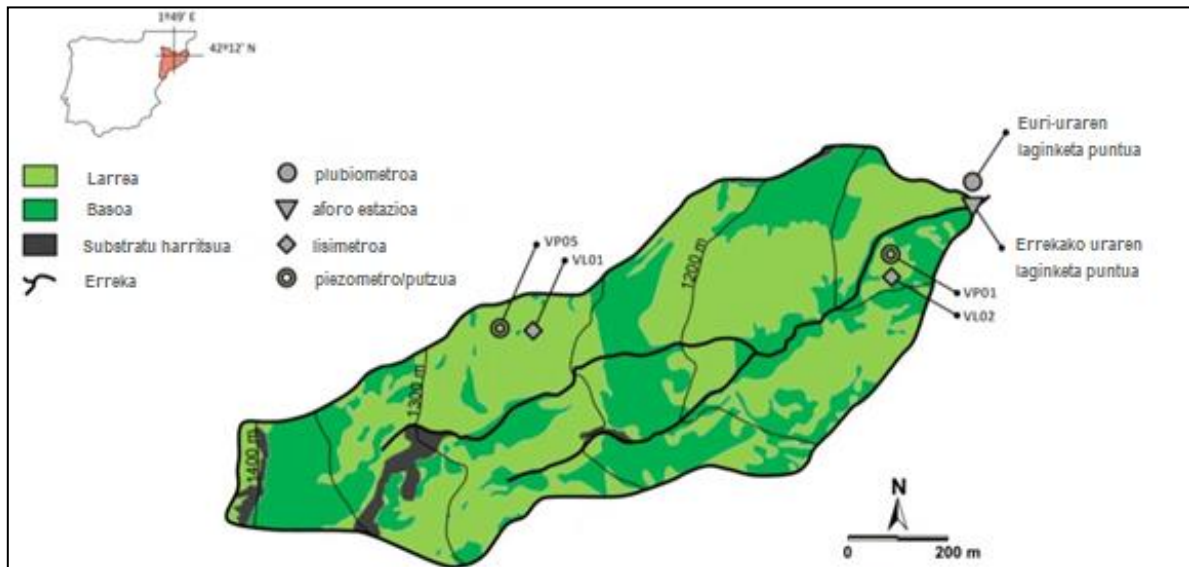
4. Ikerketaren muina

4.1. Datuen bilketa

Isotopo egonkorren analisiak egiteko laginak, lurrazpiko uretan, 4 m-ko putzu eta 2 m-ko piezometro batetik (VP01 eta VP05 puntuetan, hurrenez hurren), lurzoruko uretan, xurgatze-lisimetroekin (VL01 eta VL02 puntuetan), euri-uretan eta erreka-uretan (Can Vila azpi-arroaren irteeran) hartuak izan ziren (1. irudia). Euri-ura automatikoki lagindu zen 5 mm-ko 2011ko maiatzetik 2017ko azarora. Lurzoru eta lurrazpiko urak astero lagindu ziren 2011ko

maiatzetik 2013ko uztaileira. Errekako ur-laginketa ur-emariaren arabera izan zen; agorraldietan, astean behin lagindu zen, eta ur-gorraldietan ordea, 2-20 lagin hartu ziren goraldi bakoitzeko (goraldiaren tamainaren arabera).

1. irudia. Can Vila arroaren mapa, laginketa-puntuen kokapena erakusten duena. Roig-Planasdemunt-en lanetik (2016) moldatua.



Uraren isotopo egonkorak ($\delta^{18}\text{O}$ eta δD), Lleidako unibertsitatean analizatu ziren, Pizarro L2120-i Cavity Ring-Down espektrometria analizatzailea erabiliz. Konposizio isotopikoa δ notazioaz adierazi da (‰).

Prezipitazioaren, lurzoruko, lurrazpiko eta erreka ur-laginen neurketa isotopikoak urte bateko denbora eskalan agregatu dira, hau da, urteko egun eskalan (DOY eskala: *day of year*).

4.2. Oinarri teorikoa: uraren isotopo egonkorak eta ur gazte frakzioaren kalkulua

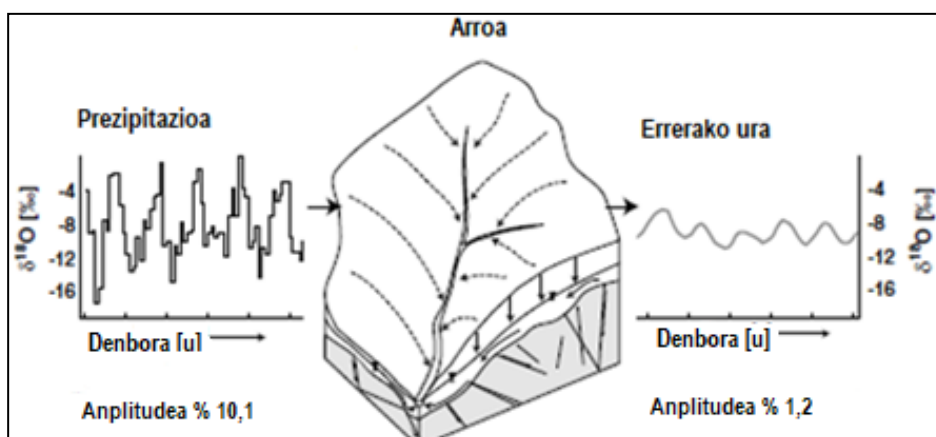
Isotopo egonkorak erradioaktiboak ez diren elementu kimiko jakin baten aldaerak dira, protoi kopuru bera eta neutroi kopuru ezberdina dutenak, masa atomiko ezberdina beraz. Oxigenoak hiru isotopo egonkor ditu (^{16}O , ^{17}O eta ^{18}O) eta hidrogenoak bi (^1H eta ^2H [edo D]). Ondorioz, ur-molekularen (H_2O) bederatzi konfigurazio isotopiko daude. Uretako oxigenoaren konposizio isotopikoa, isotopo astunaren eta arinaren arteko proportzioa bezala adierazten da ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), konposizio ezaguna duen lagin estandar batekin alderatuz (Vienna Standard Mean Ocean Water [VSMOW]). Konposizio isotopikoa δ notazioaz adierazten da:

$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = \frac{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{lagina}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{VSMOW}})} - 1 \times 1000 \quad (1)$$

Uraren isotopo egonkorren konposizioa, nahasketa- eta zatiketa-prozesuen bitartez baino ez da aldatzen. Zatiketa-prozesuak, uraren molekula arinenak astunak baino errazago lurruntzen direlako ematen dira. Horrela, ur-lurruna uraren molekula arinenetan aberasten da, $\delta^{18}\text{O}$ balio negatiboagoak aurkeztuz. Alderantziz, gainerako ur likidoa isotopo astunetan aberasten da, $\delta^{18}\text{O}$ balio positiboagoak izanik. Zatiketa isotopikoaren prozesua tenperaturaren menpekoa da (McGuire eta McDonnell, 2008).

Ur gazte frakzioa kalkulatzeko erabiltzen diren metodoak prezipitazioaren isotopo egonkorren konposizioan ematen den urtaroko bariazioetan oinarritzen dira. Isotopo horiek, prezipitazioarekin batera arroan sartzen dira, eta hainbat gainazaleko eta lurrazpiko ibilbidetatik garraiatuak izaten dira drainatze-sarerraino (errekaraino). Garraio-prozesuan zehar, isotopoak berandutu (adbezkioa dela eta) eta hedatu (dispertsioa dela eta) egiten dira. Garraio diferentzial horren ondorioz, isotopo egonkorren irteerako seinalea leundu egiten da (anplitudea murriztu) sarrerako seinalearekin alderatuz (2. irudia). Isotopo egonkorren urtaroko zikloen leuntzea ur gazte frakzioa ondorioztatzeko erabiltzen da; sarrerako seinaleak leuntze handiagoa duen heinean, ondorioztatutako F_{ug} handiagoa da (McGuire eta McDonnell, 2006).

2. irudia. $\delta^{18}\text{O}$ isotopoaren urtaroko zikloak prezipitazioan eta errekarako uretan. Errekako uretan urtaroko ziklo isotopikoak leunduak azaltzen dira. McGuire eta McDonnell-en lanetik (2006) moldatua.



Uhin sinusoidalaren metodoa, ur gazte frakzioa kalkulatzeko metodorik sinpleena da. Metodoa, neurtutako sarrerako (prezipitazioaren) eta irteerako (lurzoruko, lurrazpiko eta errekarako uretako) seinaleen isotopoen urtaroko zikloei uhin sinusoidal, edo sinusoide, bat egokitzean datza.

Prezipitazioaren eta lurzoruko, lurrazpiko eta errekarako uraren urtaroko ziklo isotopikoak uhin sinusoidalaren ekuazioaren bitartez adieraziak izan daitezke:

$$\delta (\text{‰}) = \beta_0 + A[\cos(ct - \varphi)] \quad (2)$$

non, β_0 (‰) $\delta^{18}\text{O}$ -ren batez besteko balioa, A (‰) ^{18}O seinalearen anplitudea, φ (rad) urtaroko zikloaren fasea, c (rad d^{-1}) maiztasun angeluarraren konstantea ($2\pi/365$) eta t (egun) denbora diren.

(2) ekuazioa estatistikoki kalkulatu izan daiteke sinu eta kosinu terminoak erabiliz:

$$\delta = \beta_0 + \beta_{\cos} \cos(ct) + \beta_{\sin} \sin(ct) \quad (3)$$

β_0 , β_{\cos} eta β_{\sin} koefizienteak erregresio lineal anitza erabiliz zehaztu daitezke. Azkenik, A , φ eta β_0 parametroen balioak, baita beraien ziurgabetasunak ere, horrela kalkulatu daitezke:

$$A = \sqrt{\beta_{\cos}^2 + \beta_{\sin}^2} \quad (4)$$

$$\tan \varphi = |\beta_{\sin} / \beta_{\cos}| \quad (5)$$

Kalkulu estatistikoak SPSS pakete estatistikoa erabiliz gauzatu dira.

Hortaz, 2-3 hilabete baino gazteagoa den ur frakzioa honela kalkulatu daiteke:

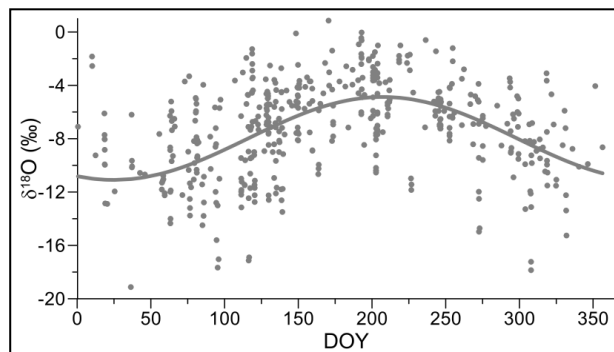
$$F_{yw} = A_i / A_s \quad (6)$$

non, A_s sarrerako seinalearen anplitudea eta A_i irteerako seinalearen anplitudea diren. Ziurgabetasunak errore hedapen Gaussiarra erabiliz kalkulatu dira, eta errore estandar bezala adierazi dira (SE).

4.3. Uhin sinusoidalak eta ur gazte frakzioa Can Vila arroan

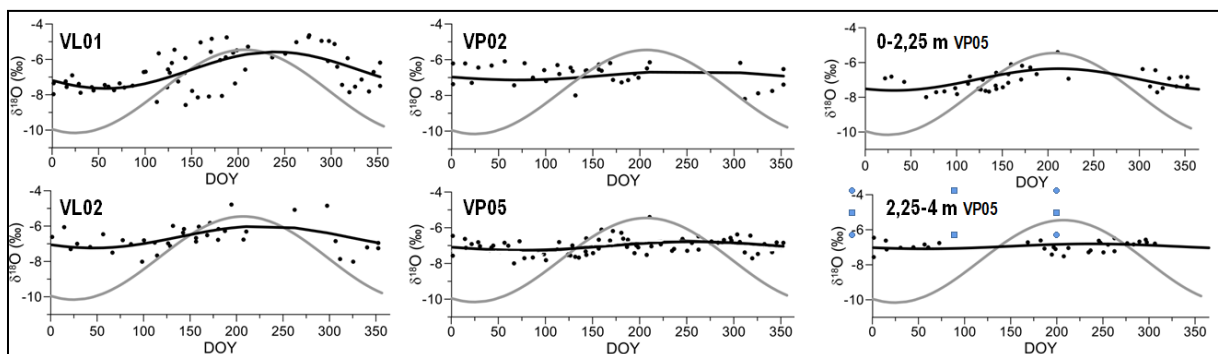
Lehenik eta behin, prezipitazio-uraren $\delta^{18}\text{O}$ datu isotopikoen multzoari egokitu zitzaion sinusoidea, eta parametroen kalkulua burutu zen. 3. irudian ikusten den moduan, Can Vila arroko euri-uraren konposizio isotopikoak urtaroko aldaketa bortitzak aurkezten ditu, $\delta^{18}\text{O}$ balio altuenak udako hilabeteetan eta balio minimoak neguan atzematen direlarik. Bariazio horiek, tenperaturak kontrolatzen ditu. Udan, tenperatura altuagoa izanik, prezipitazio-uraren lurrunketa handia da eta prezipitazioaren konposizio isotopikoa, isotopo astunetan aberasten da. Neguan berriz, tenperatura baxuagoak direnez, prezipitazio-ura ez da lurruntzen, $\delta^{18}\text{O}$ balio baxuagoak aurkeztuz.

3. irudia. Prezipitazio-uraren $\delta^{18}\text{O}$ urtaroko bariazioak eta egokitutako sinusoidea. Urtearen erdialdean (udako hilabetetan) $\delta^{18}\text{O}$ balio altuenak antzematen dira, eta neguko hilabetetan, balio minimoak.



Ondoren, lurzoruko, lurrazpiko eta Can Vila erreka uraren uhin sinusoidalaren egokitzea eta honen parametroen kalkulua burutu zen. Sinusoideak, prezipitazio-uraren datu isotopikoei egokitutako sinusoidearekin alderatuak izan ziren. Gero, irteerako eta sarrerako seinaleen anplitudeen arteko zatiketaz, ur gazte frakzioen balioak kalkulatu ziren. Ur gazte frakzioen balioak 1. taulan ageri dira.

4. irudia. $\delta^{18}\text{O}$ isotopoaren urtaroko zikloak eta sinusoidearen egokitzapena lurzoruko (VL01 eta VL02) eta lurrazpiko (VP02 eta VP05; VP05 puntuan 0-2,25 eta 2,25-4 m-ko sakonera tartean) uretan. Prezipitazioaren sinusoidea kolore grisez ageri da. Lurzoruko seinale isotopikoa leunduta dago sarrerako seinalearekin alderatuz. Seinale isotopikoaren leuntzea are eta nabarmenagoa da lurrazpiko uretan.



Lurzoruko uren (VL01 eta VL02) eta lurrazpiko uren (VP01 eta VP05) datu isotopikoen uhin sinusoidalak 4. irudian aurkezten dira. Sarrerako seinalearen (prezipitazioaren) uhin sinusoidalarekin alderatuz (gris koloreko uhina), irteerako seinaleak leunduta daude, hau da, anplitude txikiagoa daukate.

Lurzoruko uretan lortutako ur gazte frakzioak, % 43 (VL01 puntuan) eta % 26 (VL02 puntuan) izan ziren. Laurdena eta erdia bitarteko ur gazte frakzioa izanik, Can Vila arroko lurzoruko uren igarotze-denbora laburra dela adierazi daiteke.

1. taula. Prezipitazioaren, lurzoruko uren (VL01 eta VL02), lurrazpiko uren (VP02 eta VP05; VP05 puntuan 0-2,25 eta 2,25-4 m-ko sakonera tartean) eta ur-emari balioak erabiliz haztatutako eta haztatu gabeko erreka uraren konposizio isotopikoaren uhin sinusoidalaren anplitude-balioak eta ur gazte frakzioak. Ziurgabetasunak errore estandar moduan (SE) ageri dira.

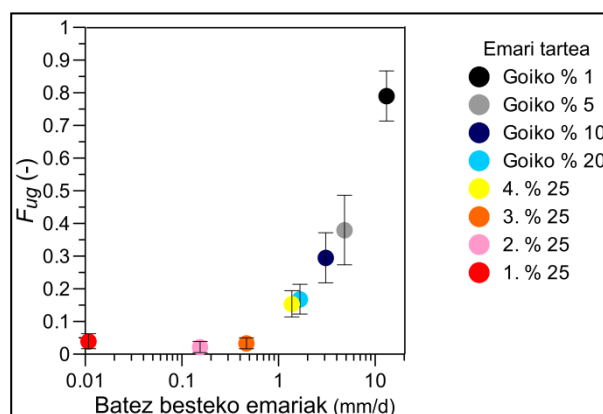
	Prezip.	VL01	VL02	VP01	VP05	0-2,25m VP05	2,25-4m VP05	Haztatu gabeko erreka ura	Emariaz haztatuta. erreka ura
A (‰)	2,354	1,0354	0,619	0,174	0,235	0,626	0,053	0,187	0,697
SE: A	0,375	0,177	0,176	0,176	0,076	0,145	0,068	0,018	0,066
F_{ug} (-)		0,439	0,264	0,074	0,099	0,265	0,023	0,079	0,296
SE: F_{ug}		0,145	0,117	0,087	0,048	0,128	0,011	0,020	0,075

Lurrazpiko urei dagokionez, urtaroko ziklo isotopikoei egokitutako uhin sinusoidalak lerro horizontal bat irudikatzen dute VP02 eta VP05 puntuetan, F_{ug} balio txikiekin bat datorrena (% 7 eta 6, hurrenez hurren). Bestalde, VP05 puntuan, datu isotopikoen multzoa bi azpi-multzoetan banatu zen, -2,25 m-ko ur-mailatik gora eta behera hartutako laginen datu isotopikoak banatuz. Ur zutabearen azpi-multzo bakoitzean F_{ug} balioa kalkulatu zen. Horrela, ur gazte frakzioa ur-mailaren menpekota dela ikusi zen. Hau da, ur-maila altuetan (0 m-tik -2,25 m-ra), eta hortaz, garai hezeetan, F_{ug} -a % 26,5 izan da, lurzoruko uraren parekoa. Garai lehorretan ordea, ur-maila -2,25 m-tik behera dagoen garaietan, F_{ug} 10 aldiz txikiagoa izan da (% 2,3). Horrek, garai lehorretan lurpeko ura denbora asko gordeta dagoela adierazten du, garai hezeetan ordea, lurrazpiko urak berriro egiten dira eta igarotze-denborak txikiagoak dira.

Azkenik, Can Vila erreka emarien eta konposizio isotopikoaren datuak haztatu gabeko eta ur-emariak erabiliz haztatutako ur gazte frakzioak kalkulatzeko erabili ziren (F_{ug} eta F_{ug}^* , hurrenez hurren). Emariengatik haztatutako ur gazte frakzioa % 29,6 izan da, haztatu gabeko ur gazte frakzioa baino 4 aldiz handiagoa (F_{ug} : % 7,9). Izan ere, erreka emari handiek txikiak baino ur gazte frakzio gehiago dute, emari handiko garaiak berriki eroritako euri-jasa handien ondoren baitatoz. Hau dela eta, ganorazko laginketa estrategiak, emari handiko garaiak lagintzera bideratuak izan behar dira, Can Vilan egin den bezala.

Emariengatik haztatutako ur gazte frakzioa, haztatu gabekoa baino handiagoa izanik, F_{ug} eta erreka emarien arteko erlazio positiboa ezarri daiteke. Erlazio hori, erreka uraren datu isotopiko multzoa, emari tarte desberdinetan bereiziz, eta tarte bakoitzaren sinusoidaren anplitudea eta F_{ug} balioak kalkulatu irudikatu daiteke. Horrela, erreka uraren datu isotopiko seriea 1., 2., 3. eta 4. kuartiletan eta goi-emarien % 20, % 10, % 5 eta % 1 emari tarteetan bereizi zen. Tarte bakoitzean, uhin sinusoidala egokitu eta F_{ug} balioa kalkulatu zen. 5. irudian emari tarte desberdinetan kalkulatuak F_{ug} balioak irudikatzen dira.

5. irudia. Can Vila erreka ur-emari tarte bakoitzaren ur gazte frakzioa (eskala logaritmikoa). Ziurgabetasunak, errore estandar moduan (SE) adierazten dira. Ur gazte frakzioa ur-emariekin handitzen da.



5. irudian bistaratzen denez, ur gazte frakzioa nabarmenki aldatzen da emari handietatik txikietara. Ur-emari txikietako tarteetan (agorraldietan) ur gazte frakzioa baxua den bitartean ($F_{ug} > 0,05$), goreneko ur-emarietan ur gazte frakzioa % 80 izatera iritsi daiteke. Irudiak, erreka ur gazte frakzioak ur-emariaren menpekotasun nabarmena duela irudikatzen du. Halaber, erreka emaria, arroaren hezetasunaren adierazgarritzat jo daiteke. Horrela, ur-emari handiko baldintzetan, prezipitazio edota hezetasun handiko garaietan ematen direnak, errekatik igarotzen den ur-emariaren kopuru handi bat, gainazaleko isurketa prozesu azkarren bidez eratorria dela frogatzen da. Uraren ibilbide azkar horiek, ibaiaren ibilguan zuzenean isuritako euri-ura, lurrazaletik ibai-ibilguraino isuritako ura eta lurzoruko maila permeabletatik ibairaino iristen den ura dira. Ibilbide horiei esker, igarotze-denbora laburreko, eta beraz, F_{ug} handiko urak drainatzen dira. Horrek, Can Vila arroko akuiferoaren izaeraren berri ematen du ere. Izan ere, Can Vilako akuiferoa, konduktibitate hidrauliko txikia duten material butzintsuetan kokatzen da, non bolumen handiko euri-jasak ematean, euri-ura zailtasun handiz infiltratu eta

biltegitratzen den. Prezipitazio-ura akuiferoaren ur-maila sakonenetan pixkanaka infiltratzen denean ordea, denbora luzez mantentzen da bertan, ondorioz, agorraldietako (1., 2. eta 3. kuartilak) ur gazte frakzioak zero inguruko balioa izanik.

5. Ondorioak eta etorkizunerako planteatzen den norabidea

Ikerlanak, Can Vila arro mediterraneoan lortutako lehenengo ur gazte frakzio balioak aurkezten ditu. Can Vila arroan, lurzoruko urek aurkeztu zituzten F_{ug} baliorik altuenak. Lurrazpiko eta erreka ur gazte frakzio balioak ur-mailarekin eta erreka ur-emariarekin zuzenean erlazionatuta zeudela frogatu zen ere. Lurrazpiko uretan, ur-maila altuko garaietan (hezetasun handikoak) F_{ug} -a 10 aldiz handiagoa izan zen ur-maila baxuko garaietan (garai lehorretan) baino. Era berean, erreka uretan emarietatik haztatutako F_{ug} balioak, balio haztatu gabeak baino 4 aldiz txikiagoak izan ziren. Hain zuzen ere, ur-emari handiak bolumen handiko euriteen ondorioz ematen dira, ur berri asko dutenak. Ur gazte frakzioa erreka ur-emari tarte desberdinetan kalkulatu, F_{ug} ur-emariarekin batera handitzen dela egiaztatu zen. Horrek, ur-emari handiko garaietan gainazaleko isurketa prozesu azkarrak nagusitzen direla adierazten du. Ordea, agorraldietan ur gazte frakzioa oso txikia izan zen. Hau dela eta, Can Vila akuiferoaren biltegitratze ahalmen txikia ondorioztatu zen ere.

Ikerlana, Vallcebre Ikerketa Arroetan ur gazte frakzioaren metodologiaren aplikazioaren lehenengo urratsa izan da. Ur gazte frakzioaren espazio-denbora aldaketak neurtzea da ikerketaren ondorengo helburua. Etorkizuneko ikerketek ez dituzte Vallcebre Ikerketa Arroetako ur gazte frakzioaren banaketari buruzko ezaguerak hobetuko bakarrik, baizik eta arro mediterraneoetakoak ere. Izan ere, eremu mediterraneoak Europako ingurune zaurgarrienen artean kokatzen dira, gaur egun azkartzen ari den Aldaketa Globalaren eraginaren ondorioz.

6. Erreferentziak

- Craig, H. (1961): Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133(3465): 1702-1703
- Jasechko, S., Kirchner, J. W., Welker, J. M., eta McDonnell, J. J. (2016): Substantial proportion of global streamflow less than three months old. *Nature Geoscience*, 9: 126-129.
- Kirchner, J. W. (2016): Aggregation in environmental systems-Part 1: Seasonal tracer cycles quantify young water fractions, but not mean transit times, in spatially heterogeneous catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20: 279- 297.
- Latron, J. eta Gallart, F. (2007): Seasonal dynamics of runoff-contributing areas in a small mediterranean research catchment (Vallcebre, Eastern Pyrenees). *Journal of Hydrology*, 335(2): 194-206.
- Llorens, P., Gallart, C., Cayuela, C., Roig-Planasdemunt, M., Casellas, E., Molina, A., Moreno de las Heras, M., Bertran, G., Sánchez-Costa, E. eta Latron, J. (2018): What have we learnt about Mediterranean catchment hydrology? 30 years observing hydrological processes in the Vallcebre research catchments. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(2): 475-501.
- McGuire, K.J. eta McDonnell, J.J. (2006): A review and evaluation of catchment transit time modeling. *Journal of Hydrology*, 330(3-4): 543-563.
- McGuire, K.J. eta McDonnell, J.J. (2008): Stable isotope tracers in watershed hydrology, non: Michener, R., Lajtha, K. (arg.). *Stable isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Publishing, Oxford, 334-374 or.
- Roig-Planasdemunt, M., Llorens, P. eta Latron, J. (2016): Seasonal and strom dynamics of Dissolved Organic Carbon in a Mediterranean mountain catchment (Vallcebre, Eastern Pyrenees). *Hydrological Science Journal*, 62(1): 50-63.

7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahi dizkiet IDAEA-CSIC-eko Francesc Gallart, Pilar Llorens eta Jérôme Latron-i lan hau aurrera ateratzen lagundu izanagatik. Eskerrak eman nahi dizkiet ere, IDAEA-CSIC-eko Gainazaleko Hidrologia eta Higadura taldeko gainontzeko ikerlariei, ikasketa prozesua errazteagatik. Ikerketa hau, TransHyMed (CGL2016-75957-R AEI/FEDER, UE) eta MASCCDYNAMITE (PCIN-2017-061/AEI) proiektuak finantzatua izan da.