



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

**Zamorako zeramiken beiratu  
egiteko zeramikariek erabilitako  
galenaren jatorrizko meatzearen  
identifikazioa, berun isotopoen  
analisiaren bidez**

*Uxue Sanchez-Garmendia,  
Kjell Billström, Melanie Kielman,  
Jeremy Bellucci, Ellen Kooijman,  
Gorka Arana eta  
Javier Garcia Iñáñez*

45-52 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iv.05.05>



## Zamorako zeramiken beiratuak egiteko zeramikariek erabilitako galenaren jatorrizko meatzearen identifikazioa, berun isotopoen analisiaren bidez

Sanchez-Garmendia, U.<sup>1</sup>, Billström, K.<sup>2</sup>, Kielman, M.<sup>2</sup>, Bellucci, J.<sup>2</sup>, Kooijman, E.<sup>2</sup>, Arana, G.<sup>3</sup>, García Iñáñez, J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>GPAC, Ondare Eraikiari Buruzko Ikerketa Taldea, Kimika Analitikoa Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

<sup>2</sup>Naturhistoriska Riksmuseet, Geozientziak Saila, Box 500007, Estokolmo, SE-10405, Suedia.

<sup>3</sup>IBeA, Ikerkuntza eta Berrikuntza Analitikoa, Kimika Analitikoa Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

<sup>4</sup>GPAC, Ondare Eraikiari Buruzko Ikerketa Taldea, Geografia, Historiaurrea eta Arkeologia Saila, Micaela Portilla Ikerketa Ikerketa, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

[uxue.sanchez@ehu.eus](mailto:uxue.sanchez@ehu.eus)

### Laburpena

Lan honetan Zamorako XV-XX. mendeetako zeramika beiratzatuak aztertu dira, garai haietako merkataritzari, zeramiken eta lehengaien banaketa-fluxuari eta eskualde barneko zein eskualdeen arteko merkataritza-sareei buruz sakon ikertzeko. Honetarako, beiratuak egiteko erabilitako berunaren jatorri geologikoa aztertu da beiratuaren berunaren konposizio kimikoa neurtuz eta berunaren arazo-<sup>137</sup>isotopikoak kalkulatu. Horrela ondorioztatzen da Zamora probintziako beiratu zeharrargiak egiteko beruna Linares-La Carolina edota Alcudia inguruetan ustiatu zela.

Hitz gakoak: arkeometria; zeramika; beiratuak; beruna; isotopoak; LA-ICP-MS

### Abstract

*In this work, glazed Zamoran pottery of the 15<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> centuries has been studied to deepen into the knowledge of trade, of the distribution of ceramics and raw materials, and of the intra- and interregional trade networks. For this purpose, the geological origin of the lead used for glazing was studied by measuring the chemical composition of the lead present in the glazes and calculating the isotopic ratios of lead. Thus, it is concluded that the lead of the translucent glazes from Zamora province was exploited in the Linares-La Carolina and/or Alcudia areas.*

*Keywords: archaeometry; pottery; glaze; lead; isotopes; LA-ICP-MS*

## 1. Sarrera eta motibazioa

Orokorrean, proiektu honetan, Iberiar Penintsulako Erdi Aroko, Aro Modernoko eta Aro Garaikideko zeramika aztertzen da, orduko merkataritzari, artefaktuen banaketa-fluxuari eta eskualde barneko zein eskualdeen arteko merkataritza-sareei buruz sakon ikertzeko asmoz. Material arkeologiko guztiek bi alderdi osagarri erakusten dituzten kontzeptuan oinarritzen da ikerketa: materiala eta kulturala (Buxeda i Garrigós, 2008; Fowler et al., 2019; Glascock, 2016; Roux, 2019). Alde batetik, alderdi materialak zeramikaren berezko ezaugarriak erakusten ditu, konposizio kimiko jakina duten material geologiko gisa. Bestalde, zeramikaren dimentsio kulturala aldaketa sozial, ekonomiko eta politikoen adierazle kronologiko eta kultural gisa izan dezakeen eragina da. Ildo horretan, zeramikak lotura estua du ekoiztu eta kontsumitu zen testuinguruarekin (Fowler et al., 2019), izan ere, zeramikek lehengaien eraldaketa bat jasaten dute artefaktu bilakatzeko. Arkeologian, tradizionaliki, zeramiken dimentsio kulturalari buruzko

ikerketa, haien propietate morfologikoen, pastaren kolorearen eta dekorazio ezaugarrien arabeko sailkapenetan oinarritu izan da. Honi bere balioa aitortuz eta gutxietsi gabe, kasu batzuetan ezaugarri horien azterketa soilik ez da nahikoa, batez ere, zati txikiak kontserbatzen dituzten zeramikei dagokionez, askotan dekoraziorik edo tipologia argirik gabe. Beraz, sarritan, arkeologian sortzen den galdera ugari erantzunik gabe gelditzen da informazio faltaren eraginez. Gure ikerketan, zeramikariek zer lehengai mota erabili zituzten, tresnaren erabileraren arabera (mahai-tresneria, garraioa...) lehengai mota hainbat erabili ote zituzten, zeramiken jatorria zein zen, zeramika horien banaketa-fluxurik ba ote zegoen, etab. argitzen saiatzen gara. Galdera hauek zeramikariek erabilitako teknologiar, materialaren jatorriari eta merkataritza-sareei buruzkoak dira oro har, hau da, materialen alderdi kulturalarekin lotura duten galderak dira eta ezin dira behaketaz jasotzen den informazioarekin soilik erantzun. Zeramikek daramaten informazio kultural hori haien dimentsio materialari esker ezagutu dezakegu (Buxeda i Garrigós and Madrid i Fernández, 2017; Buxeda i Garrigós et al., 1995; Neustupny, 1971). Horregatik, zeramika arkeologikoaren azterketaren metodologia zeharkako eta diziplina anitzeko planteamendu batean kokatzen da, ikuspuntu arkeologiko, arkeometriko, kimiko zein geologikotik ikertzaileen arteko elkarrizketa sustatuz.

Zeramikaren tipologiari dagokionez, zeramika bi kategoria orokorretan sailkatzen da: simpleak eta konplexuak. Zeramika simpleek ez dute estaldurarik erakusten, berriz, zeramika konplexuek apaindurak, beiratuak edota engobeak eduki ditzakete. Antzinatek erabiltzen da beruna zeramikaren beiratuak egiteko osagai nagusi gisa. Berunak urgariaren funtzioa betetzen du beiratuan (Rice, 2015), hau da, beiratuaren osagaien urte tenperatura jaisten du, eta normalean galenatik (PbS) eskuratzen da, baina litargiriotik (PbO), berun gorritik (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), zerusitatik (PbCO<sub>3</sub>) edota berun zuritik (2PbCO<sub>3</sub>·Pb(OH)<sub>2</sub>) ere lor daiteke (Tite et al., 1998; Wolf et al., 2003). Berunezko ohiko beiratu berunezko konposatuen eta silizearen hauts-nahasteaz egina dago. Nahaste hau zeramikan aplikatuz gero, beiratu zeharrargia lortuko litzateke. Nahaste honi beste partikula batzuk ere gehi dakizkioke, beste mota bateko beiratuak lortzeko; esate baterako, kasiterita (SnO<sub>2</sub>) gehitzea oso ohikoa da eztainu-berunezko beiratu zuri opakodun lortzeko. Tradizionalki, beiratu mota ugari badago ere, Iberiar penintsulan, silizea, beruna eta metal oxidoak nahasiz lortutakoak dira ohikoenak (Calparsoro, 2019) (1. irudia).

### 1. irudia. Beiratzatu gabeko eta beiratu zeharrargidun eta zuri opakodun zeramikak.



Iberiar Penintsulan, Zamora da zeramikaren ekoizpenean ibilbide luzea duen probintzietako bat. Zamora hirian, Olivares lantegia da ekoizpen-zentro garrantzitsuenetako bat, Zamora hiriko kanpoaldean, Duero ibaiaren ertzean, kokatzen dena eta Aro Modernotik XX. mende hasierara arte indarrean egon dena (Piñel, 1993; Sanz et al., 2005). Zamorako zeramikak lotura estua mantentzen du Gaztelako Erdi Aroko zeramikaren tradizioarekin, batez ere formari dagokionez, maiz erakusten baititu forma irekiak, hala nola platerak eta ontziak, baita itxiak ere, sukaldeko lapikoak bezalakoak (Larrén, 1991; Sanchez-Garmendia et al., 2020; Villanueva Zubizarreta, 2011). Historian zehar hiri eta probintzia honetako artisauek kaltziodun zeramikak (CaO kontzentrazioa > % 5), kaltzio eduki baxuko zeramikak (CaO kontzentrazioa < % 5) eta

zeramika mikatsuak egin dituzte (Sanchez-Garmendia et al., 2020). Banaketa hau zeramikari emango zitzaion funtzionaren arabera da. Ontzi horien artean beiratu gabekoak eta beiratzatutakoak aurki daitezke, azken hauek zuri opakoak edota zeharrargiak izanik (Limpo y Llofriu et al., 1989; Rice, 2015; Sanchez-Garmendia et al., 2020). Kaltziodun zeramikei, kolore beixekoak izan ohi direnez, beiratu zuri opakoa gehitu ohi zaie. Bestalde, kaltzio eduki baxuko zeramikak gorriak izan ohi dira eta hauei, beiratzatekotan, beiratu zeharrargia aplikatzen zaie. Zeramika mikatsua, aldiz, sukaldaritzan erabili ohi da, eskaintzen dituzten propietate termikoei esker. Arrazoi hauengatik, Zamorako zeramika historian zehar eta gaur egun esportatu izan da (Iñáñez et al., 2018; Solaun, 2005).

## 2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lan honetan aztertutako zeramika multzoa hainbat formako Zamorako beiratzatutako 24 zeramikek osatzen dute, hala nola pitxarrak, ontziak eta platerak, batzuk aipatzearen (1. taula). 24 artikulua hauek Zamora probintziako hiru udalerritan ekoitzi ziren; horietatik 20 Zamora hiriko Olivares ekoizpen-zentroan (Iñáñez et al., 2018; Sanchez-Garmendia et al., 2018, 2020), eta lau Toron (Larrén, 1991). Olivaresen ekoiztutako 20 zeramika Zamorako hainbat gune arkeologikotan berreskuratu ziren: 9 (XIX-XX. mendeetakoak) Olivares lantegian bertan (Iñáñez et al., 2018), 3 (1 XVI. mendekoa eta 2 XVII-XVIII. mendeetakoak) gaur egun hiriko Museo Etnografikoa dagoen lekuan (1583. urtean kartzela izan zena) (Sanchez-Garmendia et al., 2020) eta beste 4 (XV-XVI. mendeetakoak) orain liburutegia dagoen lekuan (lehen *Concepción* eliza izan zena). Gainerako lauak, Benavente hirian berreskuratutakoak, XVII-XVIII. Mendeetakoak dira. Bestalde, Toron ekoiztutako 4 zeramikatatik 1 *Cuesta del Negrillo II* izeneko lantegian berreskuratu zen eta XVI. mendekoa da, eta kronologia ez ezaguneko beste hirurak, aldiz, *Cuesta del Matadero*.

### 1. taula. Zeramika bakoitzaren ezaugarriak (forma, ekoitzi zen lantegia, berreskuratua izan zen leku arkeologikoa, kronologia eta beiratu mota). (e/e= ez ezaguna)

Zeramika	Forma	Lantegia	Leku arkeologikoa	Kronologia	Beiratu mota
BNV001	Katilua	Olivares	Casa del Tinte, Benavente	XVII-XVIII	Zuri opakoa
BNV002	Platera	Olivares	Casa del Tinte, Benavente	XVII-XVIII	Zuri opakoa
BNV003	Katilua	Olivares	Casa del Tinte, Benavente	XVII-XVIII	Zuri opakoa
BNV004	Pixontzia	Olivares	Casa del Tinte, Benavente	XVII-XVIII	Zuri opakoa
TOR002	e/e	Toro	Cuesta del Negrillo 11, Toro	XVII	Zeharrargia
TOR010	Pitxarra	Toro	Cuesta del Matadero, Toro	e/e	Zeharrargia
TOR011	Estalkia	Toro	Cuesta del Matadero, Toro	e/e	Zeharrargia
TOR012	Kikara	Toro	Cuesta del Matadero, Toro	e/e	Zeharrargia
ZMR002	Platera	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zuri opakoa
ZMR005	Platera	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zuri opakoa
ZMR008	Katilua	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zuri opakoa
ZMR012	Ontzi handia	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zeharrargia
ZMR024	Lapikoa	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zeharrargia
ZMR025	Lapikoa	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zeharrargia
ZMR029	Ontzi txikia	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zeharrargia
ZMR032	e/e	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zeharrargia
ZMR035	Kirtena	Olivares	Olivares, Zamora	XIX-XX	Zeharrargia
ZMR045	Katilua	Olivares	Concepción, Zamora	XV-XVI	Zuri opakoa
ZMR046	Katilua	Olivares	Concepción, Zamora	XV-XVI	Zuri opakoa
ZMR047	Katilua	Olivares	Concepción, Zamora	XV-XVI	Zuri opakoa
ZMR048	Platera	Olivares	Concepción, Zamora	XV-XVI	Zuri opakoa

ZMR052	Katilua	Olivares	Museo Etnografikoa, Zamora	XVI	Zuri opakoa
ZMR053	Katilua	Olivares	Museo Etnografikoa, Zamora	XVII-XVIII	Zuri opakoa
ZMR055	Platera	Olivares	Museo Etnografikoa, Zamora	XVII-XVIII	Zuri opakoa

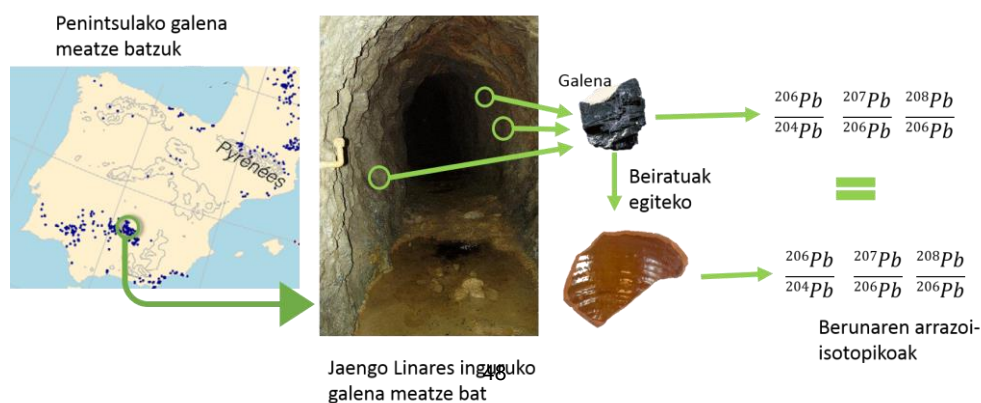
Lan honen helburua Zamorako zeramikariek beiratuak egiteko erabiltzen zuten galenaren iturria zein den jakitea da, alde batetik, eltzegileek ontziak egiteko erabiltzen zuten teknika eta teknologia sakonago ezagutzeko (adib. ontzi motaren arabera leku desberdinetako galena erabiltzen ote zuten, leku desberdinetako galena nahasten ote zuten) eta, bestetik, Zamorak izan zituen merkataritza-sareei buruz ezagutza gehiago eskuratzeko.

Ikerketa ugari egin da metalezko aztarna arkeologikoen jatorriaren arloan, lehengaien jatorri geologikoa ezagutzeko asmoz (Montero-Ruiz, 2018). Ikerketa horien artean, eta batez ere lan honetarako, interes handiko arloetako bat berunezko beiratuak aztertzea da, berunaren balizko jatorria argitzeko helburua duena, ondoren, balizko merkataritza-bideak iradokitzeko (Sabine, 2007; Speakman et al., 2002). Beiratuaren jatorriari buruzko arkeometriako egoerari dagokionez, badaude, adibidez, Wolf eta kolaboratzaileek (2003) eta Marzok eta kolaboratzaileek (2007) argitaratutako lanak. Lehenengo ikerketan, egileek Fustateko (Egipto) eztainu-berunez beiratzatutako 48 zeramika islamiar aztertu zituzten TIMS (*Thermal Ionization Mass Spectrometry*) bidez. TIMSek zehaztasun maila altuko analisiak egitea ahalbidetzen du baina lagin prestaketa motela eta neketsua da. Bestalde, azken lanean, egileek Aragoiko XI-XVI. mendeetako beiratzatutako 12 zeramika aztertu zituzten ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) erabiliz. Gainera, beiratuak egiteko erabilitako berunaren jatorria LA-ICP-MSren bitartez ikertu da Iñáñezek eta kolaboratzaileek (2010, 2016) egindako lanetan. Lehen lanean, Romita zeramikaren beiratueta Pb-ren arrazoi-isotopikoak Erdi- eta Hego-Ameriketako eta Europako datuekin alderatu ziren, berun mineralen jatorri geologikoa argitzeko. Horrela ondorioztatu zen Romitaren berunaren jatorria Mexikon zegoela (Iñáñez et al., 2010). Bigarren lanean, Panamako eztainu-berunezko zeramika beiratzatuak egiteko erabilitako berunaren jatorria ikertu zen, zeramika batzuen berunaren jatorria Andean egonik eta beste batzuen Espainian (Iñáñez et al., 2016).

### 3. Ikerketaren muina

Beiratuak egiteko eltzegileek erabiltzen zuten berunaren jatorri geologikoa “berunezko mineral arrunt” gisa ezagutzen diren galena (PbS), zerusita (PbCO<sub>3</sub>) edo anglesita (PbSO<sub>4</sub>) bezalako mineralen berunaren arrazoi-isotopikoak neurtuz ezagutu daiteke. Hau posible da berunezko mineral arrunt horien arrazoi-isotopikoek konstante izaten jarraitzen dutelako denboran zehar (Hunt, 2003). Berunak isotopo ez erradiogeniko bat (<sup>204</sup>Pb) eta hiru isotopo erradiogeniko (<sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb eta <sup>208</sup>Pb) ditu, uranioaren eta torioaren azken desintegrazio produktuak direnak; <sup>206</sup>Pb <sup>238</sup>U-tik desintegratu da, <sup>207</sup>Pb <sup>235</sup>U-tik eta <sup>208</sup>Pb <sup>232</sup>Th-tik. Berunezko mineral arruntek U/Pb arrazoi-isotopiko txikia dutenez, Pb-ren konposizio isotopikoa gutxi aldatzen da edo ez da aldatzen denborarekin. Horrek berunezko mineralaren iturriaren adina neurtzeko aukera ematen du (Dickin, 2018). Beraz, beiratuak egiteko erabilitako galenaren arrazoi-isotopikoa bere iturriaren berdina izango litzateke (2. irudia). Horregatik, zenbait iturritako galenaren berunaren arrazoi-isotopikoen datu-basea eta gure zeramiken beiratuaren berunaren arrazoi-isotopikoak konparatuz, berun mineralaren iturri geologikoa eta, kasurik onenean, meategi zehatza jakitea posiblea litzake.

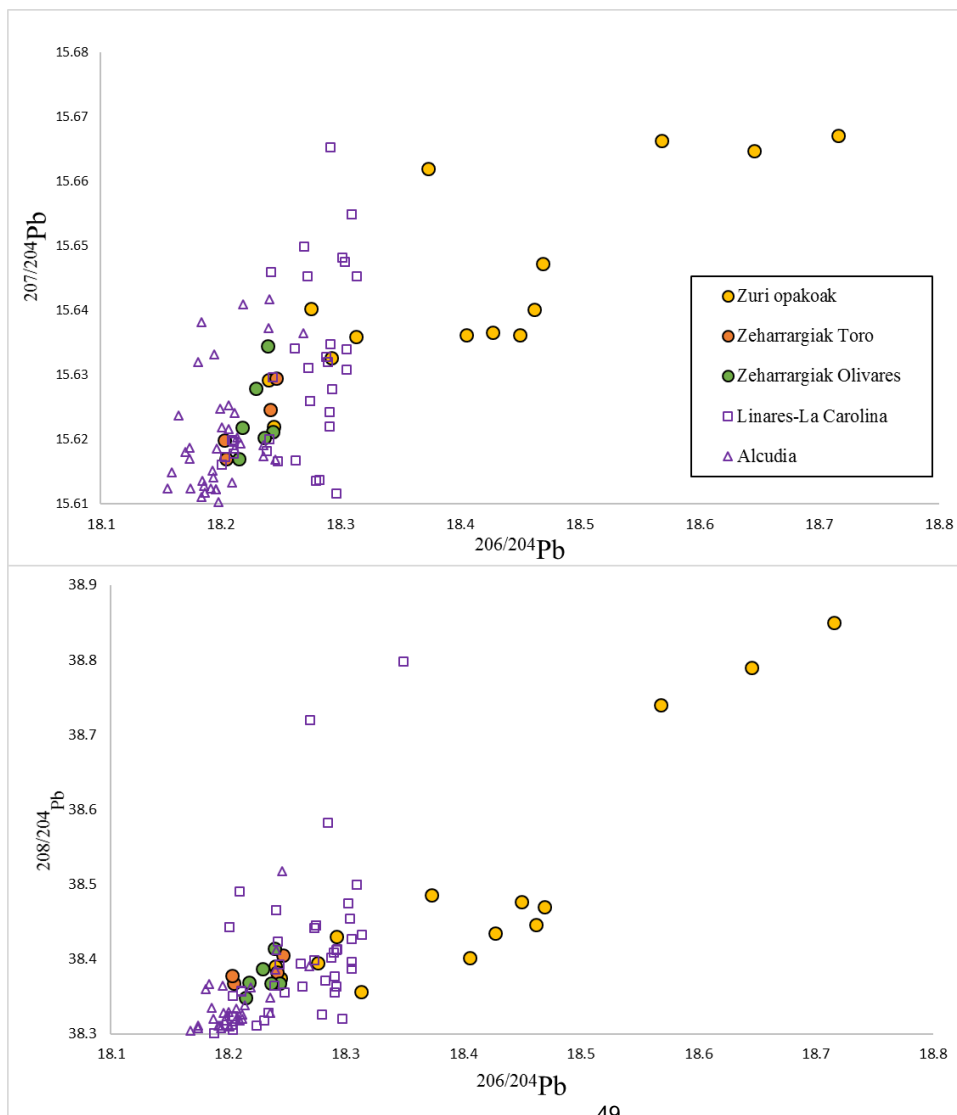
#### 2. irudia. Ikerketaren muina azaltzen duen eskema.



Hala ere, zenbait kontsiderazio hartu beharko lirateke kontuan. Horietako bat da meategi edo eremu geologiko ezberdinek, adin berekoak direnean, berunaren konposizio isotopiko bera erakutsi dezaketela; ondorioz, baliteke material arkeologikoen eta eremu geologikoen edo meategien arteko bat etortzea behin betikoa ez izatea (Hunt, 2003; Santos Zalduegui et al., 2004). Bestalde, lehengaien nahasketa beti kontuan hartu beharreko aukera da. Kasu horretan, material arkeologikoaren konposizio isotopikoa lehengaien konposizio isotopikoen arteko tartean aurkeztuko litzateke (Hunt, 2003). Arazo horiek gutxitzeko, beharrezkoa da meategiei eta zona geologikoei buruzko informazio zabala edukitzea, meategiak ustiatu ziren garaiari buruzko informazioa edukitzeaz gain (Santos Zalduegui et al., 2004; Stos-Gale et al., 1995). Gainera, garrantzitsua da Iberiar penintsulan edo beste kontinente batzuetan egon ziren inportazio-espertazio merkataritza-bideak ezagutzea.

Gure helburura iristeko, lehenengo, beiratuaren artean desberdintasunik ba ote dagoen aztertu da, kronologia, forma edota lantegiei dagokienez. Hori beiratuaren berunaren arrazoi-isotopikoen arteko konparaketaren bidez egin da. Gero, gure laginen eta datu-baseko galenen berunaren arrazoi-isotopikoen arteko konparaketa egin da. Arrazoi hauek laginaren konposizio kimikoa neurtzen duen (MC)-LA-ICP-MS ((*Multi Collector*)-*Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) tresnaren bidez neurtu dira. Lagin bakoitzeko hiru neurketa egin dira eta emaitzak homogeenok izan dira. Tresna hau erabiltzeko arrazoiak lagina alde aurretik prestatu behar eza eta analisisien azkartasuna eta zehaztasuna dira (Iñáñez et al., 2016). Zeramika bakoitzaren beiratuaren berunaren arrazoi-isotopikoak grafikoki 3. irudian ikus daitezke.

**3. irudia. Zeramiken beiratuaren emaitzak aurkeztzen dituzten grafikoak. Goiko grafikoak  $^{207/204}\text{Pb}$  VS  $^{206/204}\text{Pb}$  emaitzak azaltzen ditu eta behekoak  $^{208/204}\text{Pb}$  VS  $^{206/204}\text{Pb}$ .**



Irudian argi ikusten da orokorrean zeramikek beiratueta duten beruna ez dela jatorri berdinekoa, puntuak grafikoan zehar banatuta agertzen direlako eta gehienek ez dutelako leku berean bat egiten. Hala ere, bi joera antzeman daitezke: batetik, beiratu zuri opakoen laginak oso dispersatuta ageri dira grafikoan, eta horrek lagin haien artean desberdintasun handiak daudela iradokitzen du. Bestetik, Zamorako Olivares lantegian eta Toron egindako zeramiken beiratu zeharrargiak bata bestearengandik oso gertu daude eta horrek berunek jatorri bera eduki dezaketela iradokitzen du. Gainera, datu-baseko galenen berunen datuetatik Linares-La Carolina inguruko eta Alcudiako (Jaen) galenei dagozkienak dira gure beiratu zeharrargien laginekin bat datozen bakarrak. Datu hauekin ere bat egiten dute Olivaresen ekoiztutako 5 zeramika zuri opakok, zehazki Olivaresen berreskuratutako hiruk (ZMR002, ZMR005, ZMR008), Museo Etnografikoan berreskuratutako batek (ZMR053) eta, azkenik, Benaventen berreskuratutako beste batek (BNV003). Tornosek (2003) bere lanean azaltzen du, Espainia XVIII-XIX. mendeetan, kobre, pirita eta berun ekoizle nagusia bihurtu zela munduan. Garai horretako Espainiako mineral horien meategi garrantzitsuenen artean aurkitzen ziren Linares-La Carolinako meategiak (1880-1970) (Tornos, 2003). Datu horrek gure XIX-XX. mendeetako laginek Linares-La Carolinako galenekin bat egitea azaldu dezake. Hala ere, XVII-XVIII. mendeetako 3 laginek (BNV003, ZMR053 eta TOR002) datu horiekin bat egiten dutenez, XVII. mendeko zeramikak ere Linares-La Carolinako berunarekin beiratzatu izana posible dela iradokitzen dute. Hipotesi hau Sánchezek (1989) sostengatzen du, XVI. mendearen lehen erdialdean jada Linares-La Carolinako meategietako beruna ustiatzen zela dokumentatzen baitu. Leku horretan galena ekoizten zuten nagusiki, eta bere ekoizpena XVI. mende amaiera arte baliabide urriak zituzten meatzarien esku egon omen zen eta eltzegintzara bideratzen zen.

#### **4. Ondorioak eta etorkizunerako planteatzen den norabidea**

Jasotako informazio eta datu guztiekin ondoriozta daiteke leku berdinetik ekarritako galena erabiltzen zutela eltzegileek Zamorako zeramiken beiratu zeharrargiak egiteko. Gainera, Linares-La Carolinako eta Alcudiako meategietako galenaren datuekin bat egiteak eta gehienak XIX-XX. mendekoak izateak iradoki dezake garai hartan inguru horietan Espainia eta beste lurraldeak hornitzeko adina galena ekoizten zela, bibliografian ikusi den bezala (Sánchez, 1989; Tornos, 2003). Ordea, zeramika zuri opakoen egiteko, baliteke leku ezberdinetako galena nahastu izana, XV-XVIII. mendeetan ekoizpena txikiagoa baitzen. Beiratu zuri opakoen dispersioak iradoki dezake nahasteak ez zirela homogeenak.

Bestalde, lortutako emaitzek eta bibliografiako datuek adierazten dute XVII-XIX. mendeetako Toro eta Olivares lantegietako beiratu zeharrargi eta zuri opako batzuentzat oso probablea dela Linaresen edota Linares-La Carolina eta Alcudia eremuetan kokatutako meatzeetan ustiatutako galena erabili izana. Hala ere, aipatu bezala, beharrezkoa da meategiei eta zona geologiko ezberdinei buruzko informazio zabala edukitzea beiratu berunaren jatorria egoki aztertzeke. Gainera, beiratu zuri opakoen dispersioa sakonago ikertu behar da. Beraz, ondorioak zehazten joateko, Zamoran XV-XIX. mendeetan aktibo zeuden berun minak aztertzea da lan honen hurrengo pausua, datu-basean ez baitugu Zamorako meategietako galenen daturik. Horretarako, Zamorako 5 meategi desberdinetako galenak analizatuko ditugu (MC)-ICP-MS bidez eta, gero, datu hauek gure laginekin konparatuko ditugu bat egiten duten edo ez ikusteko, eta horren arabera, ondorio egokiak ateratzeko.

## 5. Erreferentziak

- Buxeda i Garrigós, J. (2008): Revisiting the compositional data. Some fundamental questions and new prospects, in *Archaeometry and Archaeology. Proceedings of CODAWORK08 The 3rd Compositional Data Analysis Workshop*, University of Girona, Girona, Spain, 1–18.
- Buxeda i Garrigós, J., Cau, M., Gurt, J. M., and Tuset, F. (1995): Análisis tradicional y análisis arqueométrico en el estudio de las cerámicas comunes de época romana. *Monografíes Empuritanes*, 8, 39–60,.
- Buxeda i Garrigós, J. and Madrid i Fernández, M. (2017): Designing Rigorous Research: Integrating Science and Archaeology, in A. Hunt (arg.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramics, chapter Part II. R*, Oxford University Press, Oxford, 19–47.
- Calparsoro, E. (2019): *Transdisciplinary methodologies on Medieval and Post-Medieval pottery analysis: an archaeometric approach to Basque and Riojan Productions*. Doctoral Thesis
- Dickin, A.P. (2018): *Radiogenic Isotope Geology*, Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316163009>.
- Fowler, K. D., Middleton, E., Fayek, M. (2019): The human element: discerning the effects of potter's behavior on the chemical composition of ceramics, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 1, 171–198.
- Gluscock, M. D. (2016): *Compositional Analysis in Archaeology*. Oxford Handbooks Online, Oxford, 1–25.
- Hunt, M. (2003): *Prehistoric Mining and Metallurgy in South West Iberian Peninsula*. BAR International Series 1188, Oxford.
- Iñáñez J.G., Bellucci, J.J., Rodríguez-Alegría, E., Ash, R., McDonough, W.F., Speakman, R.J. (2010): Romita pottery revisited: a reassessment of the provenance of ceramics from Colonial Mexico by LA-MC-ICP-MS, *J. Archaeol. Sci*, 37, 2698–2704.
- Iñáñez J.G., Bellucci, J.J., Martín, J.G., Ash, R., McDonough, W.F., Speakman, R.J. (2016): Pb Isotopic Composition of Panamanian Colonial Majolica by LA-ICP-MS, in L. Dussubieux, M. Golitko, B. Gratuze, (arg.), *Recent Advances in Laser Ablation ICP-MS for Archaeology*, Chicago.
- Iñáñez, J.G., Sanchez-Garmendia, U., Calparsoro, E., Arana, G. (2018): Zamora and the pottery from Olivares workshops: long-tradition pottery manufacturing in the heart of Spain. In *42nd International Symposium on Archaeometry ISA 2018*, Ruvalcaba, José Luís, Mexico, 166.
- Larrén Izquierdo, H. (1991): Fondos cerámicos marcados procedentes de Zamora, *Boletín de Arqueología Medieval*, 5, 167–179.
- Limpo y Llofriu, A., García-Reyes, C.J., Vicente, S. (1989): Alfarería popular de Toro, *Anuario del Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo*, 6, 15-91.
- Marzo, P., Laborda, F., Pérez-Arantegui, J. (2007): A Simple Method for the Determination of Lead Isotope Ratios in Ancient Glazed Ceramics Using Inductively Coupled Plasma-Quadrupole Mass Spectrometry, *Atomic Spectroscopy*, 28, 6.
- Montero-Ruiz, I. (2018): La procedencia del metal: consolidación de los estudios con isótopos de plomo en la Península Ibérica, *Revista d'Arqueologia de Ponent*. 28, 313-330. DOI: 10.21001/rap.2018.28.17
- Neustupny, E. (1971): Whiter Archaeology?, *Antiquity*, 45, 34–39.
- Piñel, C. (1993): Cerámica producida en el Alfar de Olivares. Edad Moderna. Iglesia de Santo Tomé, in: *Civitas*, MC Aniversario de la Ciudad de Zamora, Catálogo de la exposición, Zamora, 212–213.
- Rice, P. M. (2015): *Pottery analysis: a sourcebook*, University of Chicago Press, Chicago.
- Roux, V. (2019): *Introduction to Ceramic Technology*. In *Ceramics and Society*, Springer, Berlin, 1–14.
- Sabine, J. (2007): *Inorganic Mass Spectrometry, Principles and Applications*, England.



- Sánchez, J., (1989): *De Minería, metalúrgica y comercio de metales. La minería no férrica en el Reino de Castilla 1450-1610*, Salamanca.
- Sanchez-Garmendia, U., Calparsoro, E., Arana, G., Iñáñez, J.G. (2018): Beneath sacred land: glazed pottery from the old church of La Concepción in Zamora, in: *GlazeArt2018* Lisbon, Lisbon, 361–379.
- Sanchez-Garmendia, U., Calparsoro, E., Morillas, H., Arana, G., Iñáñez, J.G. (2020): Pottery from the Ethnographic Museum archaeological site of Zamora: an archaeometric approach, *Journal of Archaeological Science Reports*, 33, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102514>
- Sanz, F.J., Misiego, J.C., Marcos, G.J., Martín, M.A., Fernández, E., García, M.I. (2005): La actividad artesanal en el barrio de Olivares de Zamora. Los Hallazgos en el solar de la Plaza de San Claudio, 6 c/v a la Calle Mediodía, 2. *Anuario 2005 del Instituto de Estudios Zamoranos "Florián de Ocampo"*, 22, 229–240.
- Santos Zalduegui, J.F., García de Madinabeitia, S., Gil Ibarguchi, J.I. (2004): A lead isotope database: the Los Pedroches–Alcudia area (Spain); implications for archaeometallurgical connections across southwestern and southeastern Iberia, *Archaeometry*, 46, 4, 625-634.
- Solaun, J.L. (2005): *Erdi Aroko zeramika Euskal Herrian (VIII.-XIII. Mendek): ekoizpenaren sistematizazioa, bilakaera eta banaketa*, Eusko Jaurlaritzaren argitalpen zerbitzu nagusia.
- Speakman, R., Neff, H., Glascock, M., Higgins, B. (2002): Characterization of Archaeological Materials by Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, in: K.A Jakes (arg.). *Archaeological Chemistry, Materials, Methods and Meaning*, Washington. DOI: 10.1021/bk-2002-0831.ch005.
- Stos-Gale, Z., Gale, N.H., Houghton, J., Speakman, R. (1995): Lead isotope data from the Isotrache Laboratory, Oxford: ARCHAEOOMETRY data base 1, ores from the Western Mediterranean, *Archaeometry*, 37, 2, 407-415.
- Tite, M.S., Freestone, I., Mason, R., Molera, J., Vendrell-Saz, M., Wood, N. (1998): Lead glazes in antiquity—methods of production and reasons for use, *Archaeometry*, 40, 241–260. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1998.tb00836.x>.
- Tornos, F. (2003): *Base metal deposits in Spain: mineralization in a diversity of environments*. Irish Association for Economic Geology.
- Villanueva Zubizarreta, O. (2011): *La Ollería y alcallería en la cuenca del Duero a lo largo de la Edad Media y Moderna*, Manual de Cerámica Medieval y Moderna, Museo Arqueológico Regional, Madrid.
- Wolf, S., Stos, S., Mason, R., Tite, M.S. (2003): Lead isotope analyses of Islamic pottery glazes from Fustat, Egypt, *Archaeometry*, 45, 3, 405–420. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.00118>.

## 6. Eskerrak eta oharrak

Ikerketa hau Espainiako Ekonomia, Industria eta Lehiakortasun Ministerioak (MINECO/AEI/ERDF, UE) finantzaturako CERANOR-2 (HAR2017-84219-P) proiektuaren baitan kokatzen da. USGk eskerrak eman dizkio Euskal Herriko Unibertsitateari (UPV/EHU) Ikertzaileak Prestatzeko Kontratazio Deialdiako (2017) PIF2017/153 laguntza jaso izanagatik. Bestalde, JGIk Espainiako Ekonomia, Industria eta Lehiakortasun Ministerioari eskerrak ematen dizkio Ramon y Cajal kontratuagatik (RYC-2014-16835). Egileek Estokolmoko Naturhistoriska Riksmuseet-eko Geologia Departamentuari eskerrak eman nahi dizkie, ikerketa honen zati handi bat bertako instalakuntzetan burutzeko aukera eman izanagatik eta baita EHUri ere, Estokolmoko Naturhistoriska Riksmuseet-en 3 hilabeteko egonaldia egiteko MOV19/55 diru-laguntza eman izanagatik.