



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

IV. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

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

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

GIZA ZIENTZIAK ETA ARTEA

**Ikerketa berregingarria analisi
arkeometrikoan, kode irekia eta R**

*Estefania Calparsoro,
Uxue Sanchez-Garmendia eta
Javier G. Iñáñez*

127-133 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iv.01.16>



Ikerketa berregingarria analisi arkeometrikoan, kode irekia eta R

Calparsoro, E.¹, Sanchez-Garmendia, U.² eta Javier Iñáñez¹

¹ Ondare Eraikiari buruzko Ikerketa Taldea (GPAC). Micaela Portilla ikerketa-gunea, Justo Vélez de Elorriaga z.g. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU

² Kimika Analitikoko saila. Zientzia eta Teknologia Fakultatea. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU

estefania.calparsoro@ehu.eus

Laburpena

Zeramiken analisisia zientzia-arkeologikoko gai landuenetako bat da, izan ere, beste material batzuekin alderatuz, zeramikek iraganeko gizarteak ezagutzeko aukera handiena ematen dute. Nahiz eta ikerketa-prozesuan datuak eta haien tratamendu estatistikoak erabakigarriak izan, maiz, prozesuaren emaitzak soilik argitaratzen dira. Lan honetan, zeramiken analisi arkeometrikorako guztiz berregingarria den estrategia bat aurkezten da, R programazio-lengoaian oinarriturikoa. Estatistika zurrunka (adib. aldagai anitzeko analisisia) uztartzen ditu datuen-bistaratze tresnekin, horrela datu kimikoak eta arkeologikoak era integratu batean aztertze aukera emanez. Metodoaren errendimendua frogatzeko, zeramika erromakiko-britaniar ezagunak erabili dira, (Tubben datu-sorta ireki batetik abiatuz). Ondorioz, R metodo ireki bat aurkezten da, GitHuben argitaratu dena eta antzeko analisi arkeometrikoak egiteko aukera ematen duena.

Hitz gakoak: Arkeometria, zeramika, berregingarritasuna, R

Abstract

Pottery analysis is one of the most popular topics in Archaeological Science since, in comparison to other materials, ceramics provide the best possibilities to know better past societies. Although in the research process the data and its statistical treatments are decisive, often only the results of the process are published. This paper presents a completely reproducible strategy for the archaeometric analysis of pottery, based on the programming language R. Robust statistics (e.g. multivariate analysis) are combined with data visualization tools, enabling the integrated analysis of chemical and archaeological data. Known Romano-British pottery productions (from an open dataset of Tubb) have been used to test the performance of the method. Consequently, an open R method is presented, published in GitHub, which allows to perform similar archaeometric analyses.

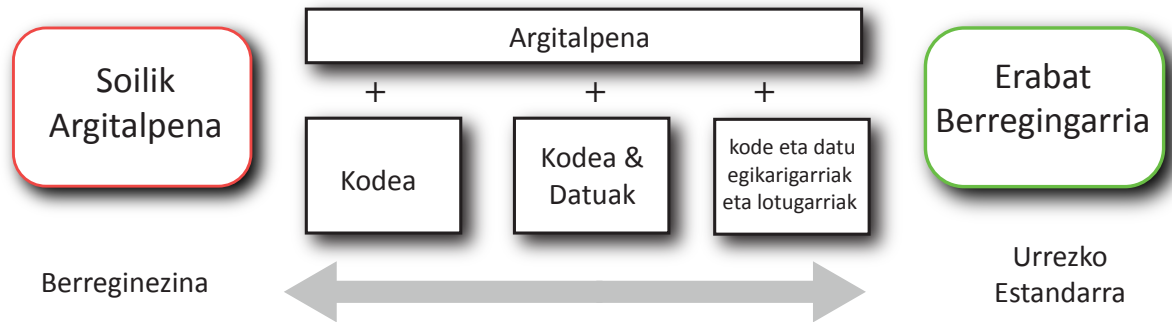
Keywords: Archaeometry, pottery, reproducibility, R

1. Sarrera eta motibazioa

Zientziaren hirugarren iraultzaren baitan (Kristiansen, 2014), kode irekiak eta ikerketa-berregingarritasunak funtsezko zeregina dute arkeologiaren egungo paradigma aldatzeko. Izan ere, digitalizazioak ezagutza zientifikoaren kudeaketa zeharo eraldatu du, lehendabiziko aldiz, ikerketen atzeko prozedurak partekatzea ahalbidetuz (adib., analisi estatistiko bat egiteko erabilitako errutina). Horrek ekarpen nabarmena egin dio ikerketa zientifikoari, haren fidagarritasuna eta eraginkortasuna hobetuz; era horretan, ikerkuntzako prozedurak kontsultatu, ebaluatu eta berrinterpretatu baitaitezke (Stodden eta S., 2014; Goodman *et al.*, 2016; Munafò *et al.*, 2017). Egungo egoerari, gero eta arlo gehiagotara zabaltzen ari da konputazio-zientzietatik eratortzen den berregingarritasun-espektroa (ikus 1. irudia). Hala ere, nahiz eta erabateko berregingarritasuna aukerarik egokiena izan, sarritan datuak edota prozesu metodologikoak ez dira partekatzen.

Gaur egun eskura dugun softwarea erabiliz, gure ikerketen emaitzak sarbide irekiaren bidez partekatzeko aukera dago (*open access*). Bestalde, metodo irekien bidez (*open method*), datuak manipulatzeko eta bistaratzeko erabiltzen diren errutinak ere partekatu daitezke. Hori gutxi balitz, zuzenean datuak gordinik ere argitaratu daitezke, datu irekiak edo *open data* deritzegu haiei (Marwick, 2017; Marwick *et al.*, 2017). Tresna guzti horiek ikerketa

1. Irudia: Ikerketa konputazionalaren berregingarritasun-espektroa. Beste lan batetik moldatuta (Peng, 2011).



berregingarri eta gardena sortzeko aukera ematen dute, kolaboraziozko filosofia sustatuz. Gainera, prozedura bat zehatz-mehatz errepikatua izan dadin xehetasun nahikoa ematean denean, metodoaren erabateko berregingarritasuna bermatzen da, honi *metodo irekia* deitzen diogu. Hemen aurkezten den lana metodo ireki bat da, zeramikaren analisi arkeometrikorako diseinatu dena. Erabilitako hurbilketa teoriko eta metodologikoak beste egile batzuek proposatutakoak dira (Baxter, 2015; Buxeda i Garrigos eta M., 2017).

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Zeramikak erregistro-arkeologikoko zeharkako informazio gehien ematen duten objektuak dira, haien nonahikotasuna, ugaritasuna eta iraunkortasunari esker (Rice, 2015; Escribano, 2014). Haien analisi arkeometrikorako hurbilketarik nagusiena konposizio-multzoa sortzean datza, zeinak, baldintza egokietan, haien jatorria zehazteko aukera ematen duen (Weigand *et al.*, 1977; Buxeda i Garrigos eta M., 2017). Buztin-oreen konposizio analisiak egiten dira eta konposizio datuak lortzen dira. Ondoren, estatistika estrategia desberdinak aplikatzen zaizkie datu horiei, hortik abiatuz, iraganari buruzko hipotesiak proposatzeko helburuarekin.

Lan honetan metodo ireki bat aurkezten da ebaluazio horiek burutzeko, ikerketa berregingarriko egokitzat jotzen diren elementuak uztartuz (Sandve *et al.*, 2013; Stodden eta S., 2014; Munafò *et al.*, 2017). Gero eta argitalpen gehiago dira horrelako praktika berregingarriak bultzatzen dituztenak. Esaterako, aldizkari ugari estatistiketarako erabili den R kodea bidaltzeko aukera ematen dute (adib., *Journal of Statistical Software*). Testuinguru horretan, *Knitr* edo *Sweave* tresnak oso baliagarriak dira, izan ere, \LaTeX dokumentuetan R kodea ulergai egiten dute. Hori dela eta, kodearen exekuzio-emaizak zuzenean bistaritzen dira amaierako argitalpenean eta horrek gardentasun handia ematen dio prozesuari. Praktikak guztiz berregingarriak izan daitezzen, datuen eskuragarritasunak ere funtsezko zeregina du. Zeramiken konposizio-analisen, gainera, datu berriak lehenagotik lortutako beste datuekin konparatzen dira behin eta berriro. Horrenbestez, erabiltzeko prest dauden datuen eskuragarritasuna nahitaezkoa bihurtzen da (Boulanger, 2017).

Lan honetan aurkezten diren errutinak beste egile batzuen proposamenak izan dituzte abiapuntutzat. Horrela, atal nabarmen batean oinarritzat hartu da Buxeda i Garrigósek idatzitakoa. Kasu honetan, egileak ez du soilik zeramika arkeologikoen analisirako kodea garatu, baizik eta ekarpen teoriko nabarmenak egin dizkio konposizio-datuaren estatistika-analisiari (Buxeda i Garrigos, 2008; Buxeda i Garrigos eta V., 2003; Martín-Fernández *et al.*, 2015). Hala nola, beste egile batzuen software zatiak ere erabili dira, betiere, dagozkien erreferentziekin. Seguruenik, konposizio-datuaren analisirako R lengoaiaren idatzitako pakete garrantzitsuenetako bat “Compositions” izenekoa da (Boogaart *et al.*, 2010). Pakete honetan sartzen diren funtzioak konposizio-datuaren berriazko beharretara egokituta daude, zenbait hurbilketa estatistiko barne. Horietako batzuk hemen aurkezten den lanean erabiltzen dira (adib., aurrerago azaltzen diren datuen `alr` eta `clr` eraldaketak).

Software pribatiboarekin alderatuz, software askeak rol garrantzitsua jokatzen du kode-garapen kolaboratiboaren esparruan. R programazio-lengoaia horren erakusle on bat da. Arkeologiari dagokionez, 2017an *R is for Archaeology* saioa ospatu zuten *Society of American Archaeology* arlo horretan R programazio-lengoaiak duen potentziala azpimarratuz (Ris, 2017). Horren ondorioz, Arkeologian aplikazioa duten R software-paketeen zerrenda zabala garatu zen. Bestalde, horrelako jardurekin erlazioatutako ekimenek, esaterako Open Science Interest

Group (OSIG) delakoek, komunitate baten beharrari erantzuten diote, arkeologoei parte hartzen eta praktika zientifiko irekien onurak lortzen laguntzeko (Marwick *et al.*, 2017).

Gaur egun, gero eta lan gehiagotan partekatzen da erabilitako kodea (Carlson, 2012; Alberti, 2013; Baxter, 2015). Azpimarragarria da, esate baterako, Baxterrek argitaratutako *Notes on Quantitative Archaeology using R*. Lan honek izugarri erraztu du R-ren erabilera arlo arkeologiko batzuetan eta hemen aurkezten den lanaren inpirazioa ere izan da. Bertan, R kodearen xehetasun nahikoa ematen da metodoak berregin ahal izateko. Bestalde, berriki argitaratu den argitalpen batek hainbat protokolo estatistiko aurkeztu ditu, Kataluniako ardo erromatarren anforen ekoizpenen datu kimikoak eta petrografikoak integratuz (Angourakis *et al.*, 2018). Alde batetik, lan horretan, R *script*-ak material gehigarri bezala aurkezten dira; bestetik, bi pakete garatzen dira, R-n zuzenean instalatzeko.

3. Ikerketaren muina

Lan honetan zeramika arkeologikoaren konposizio-analisia egiteko metodo ireki bat aurkezten da. Haren iturri-kodea biltegi batean biltzen da. Biltegi hori online argitaratzen da GitHub plataformaren bidez (Calparsoro, 2019b). Metodoa maila hasiberriko erabiltzaileentzeari zuzendurik legoke, zeinak bestelako ezagutzarik gabe prozesuak berregiteko gai izan beharko lirateke. Baina, era berean, adituek ere erabili dezakete, errutinak aldatzeko aukera baitago. Horrenbestez, ikerketaren beharretara hobeto egokitzeko aukera ematen da.

Garatutako errutinak Rmarkdown (rmd) artxibotik exekutatzeko diseinatu dira, RStudio programaren barruan. Horrela, datuak eta lortutako emaitzak (grafikoak, taulak...) proiektu batean batera gorde daitezke. Ondorioz, etorkizun batean, haietarako sarbidea bermatuz. Hain zuzen, puntu hori da, askotan, ikerketa-proiektu bat berregitea galarazten duen eragozpen nagusia. Proposatutako lan-fluxua gauzatzeko, GitHub-eko biltegia osorik deskargatu edo klonatu daiteke. Lan-fluxuari jarraitzeko behar diren fitxategi guztiak biltegian daude, baita proiektu honetarako berariaz idatzi diren eginkizunak ere (ikus 2. irudia). Erraz instalatzen da lehenengo kodigo-puskan “install.R” fitxategia exekutatuz (azalpen gehiago ematen dira rmd fitxategian).

Lan honetarako, Tubb eta bere lankideen datu-sorta ireki bat erabili da (Tubb *et al.*, 1980), “archdata” paketearen bidez lortu daitekeena (Carlson eta G., 2016). Proposatutako lan fluxua honako hiru ataletan egituratzen da, bakoitzak karpeta bana izanik.

1. MIAKETA: Datu-multzoaren hasierako azterketa, bistaratzeak eta ikuspegi estatistiko orokorra (rmd fitxategia barne)
2. KONPOSIZIO-MULTZOAK: Konposizio-multzoak ezartzea (rmd fitxategia barne)
3. TXOSTENA: Emaitzak argitaratzeko prestaketa (tex fitxategia barne)

Lan-fluxuari jarraitzeko R kodea rmd artxibo bateko pusketetan sartzen da (ingelesez “chunk”), markdown lengoaiari dagozkion azalpenekin batera, hau da, lengoaiari arina, testu soileko formatuko sintaxia duena. Fitxategi horiek jarraibide guztiak dituzte datuak inkorporatzeko eta tratamendu-estatistikoak aplikatzeko (aldagai anitzen analisia etab.). Rmd bakoitzarentzat, HTML artxibo bat sortzen da (ikus 2. irudia), aurrerago, programa ireki gabe ere prozesua kontsultatzeko erabili daitekeena.

Rmd-ak erabiliz, erabiltzaileak abiapuntu erraz bat aurkituko du konposizio-datuen azterketarako. Kodigoa moldatu daiteke, nahi den punturaino sakonduz, bakoitzaren esperientzia-mailaren arabera. Era horretan, komunitate zientifikoan horrelako tresnen erabilera sustatzen da. Proposatutako lan fluxua, hiru ataletan egituratzen da, eta bakoitzari dagozkien urratsak, ondorengo lerroetan azaltzen dira:

2. Irudia: Lan fluxuaren oinarriko elementuak

R Markdown (.Rmd) R kodigoarekin

HTML artxiboa



R proiektua (.Rproj)



1. Repositoria deskargatu

```

**Source**
David E. Carlson and Jeong Ueoh (2015), archdata: Sample Datasets from Archaeological Research, R package version 1.1.1, https://CRAN.R-project.org/package=archdata

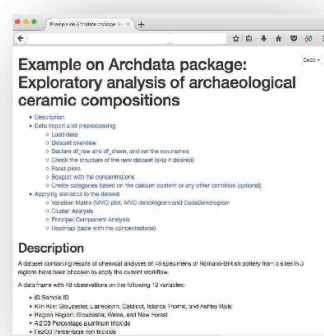
**References**
Baxter, M. J. 2003. Statistics in Archaeology. Arnold.
Hobb, A., R. J. Parker, and G. Rickless. 1988. The Analysis of Romano-British Pottery by Atomic Absorption Spectrophotometry. Archaeometry 22: 155-71.

## Install and load packages and functions
## {warnings=FALSE, codes=FALSE, include=FALSE}
source("rmarkdown.html")

## Load RSPottery from Archdata package (example data). Alternatively, import csv
library(RSPottery)
print(RSPottery)

## Data frame with 40 observations on the following 12 variables:
##   ID Kin      Region      Al2O3  Fe2O3  MgO    CaO   Na2O  K2O   TiO2
##   <fct> <fct> <fct>      <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
##   <---> <---> <--->      <---> <---> <---> <---> <---> <---> <--->
CA1  Gloucester Gloucester  18.8  0.32  2.00  0.79  0.40  0.20  1.01
CA2  Gloucester Gloucester  18.9  0.31  1.65  0.84  0.40  0.05  0.99
CA3  Gloucester Gloucester  18.2  0.64  1.82  0.77  0.40  0.07  0.98
GA8  Gloucester Gloucester  12.4  0.48  1.21  1.01  0.40  0.16  0.03
GA9  Gloucester Gloucester  18.9  0.29  1.56  0.75  0.40  0.05  1.00
GA1  Gloucester Gloucester  17.8  0.24  1.51  0.52  0.43  0.12  0.93
    
```

2. RStudio an R kodigoa exekutatu



3. Sortu HTML dokumentu interaktiboak eta argitaratzeko-prest dauden LATEX dokumentuak.

3.1. Miaketa

Lehenik eta behin, datuen miaketa bat burutzen da honako pausu nagusi hauek jarraituz:

1. Datuak inportatzea eta aurreprozesatzea (datuak kargatzea, datu-sortaren deskribapen orokorra bistartzea, datu multzoak definitzea, etab.)
2. Tratamendu estatistikoa aplikatzea (konposizio-aldakortasunaren matrizea, osagai nagusien analisisa, kluster analisisa, etab.)

Bi prozedura-mota biltzen ditu lehenengo atal honek: csv artxibo mota batetik datuak inportatzea eta aurreprozesatzea, eta multzoari estatistikak aplikatzea. Lehenengo funtzio-taldean helburua datuak arakatzeko da eta datu kategorikoak (adib., kronologiak edo tipologiak) bistartzea, besteen artean. Bigarrenean, datuen aldaerak bilatzea konposizio-multzoa identifikatzeko eta zeramika bakoitzean gehien aldatzen diren elementuak identifikatzeko. Horretarako, osagai nagusien analisisa, klusterren analisi hierarkikoa (ikus 3. irudia), bero-mapak eta bestelako grafikoak barne sartzen dira.

Aipatu beharra dago, konposizio-aldakortasunaren matrizea kalkulatzeko arkeometriari aplikatzen diren errutinek bat datorren kodea barne dagoela (Buxeda i Garrigos eta V., 2003). Hala nola, diagrama ternarioak ere bistartzen dira, jatorrizko datuetatik abiatuz (Heinmann, 1989; Baxter, 2015).

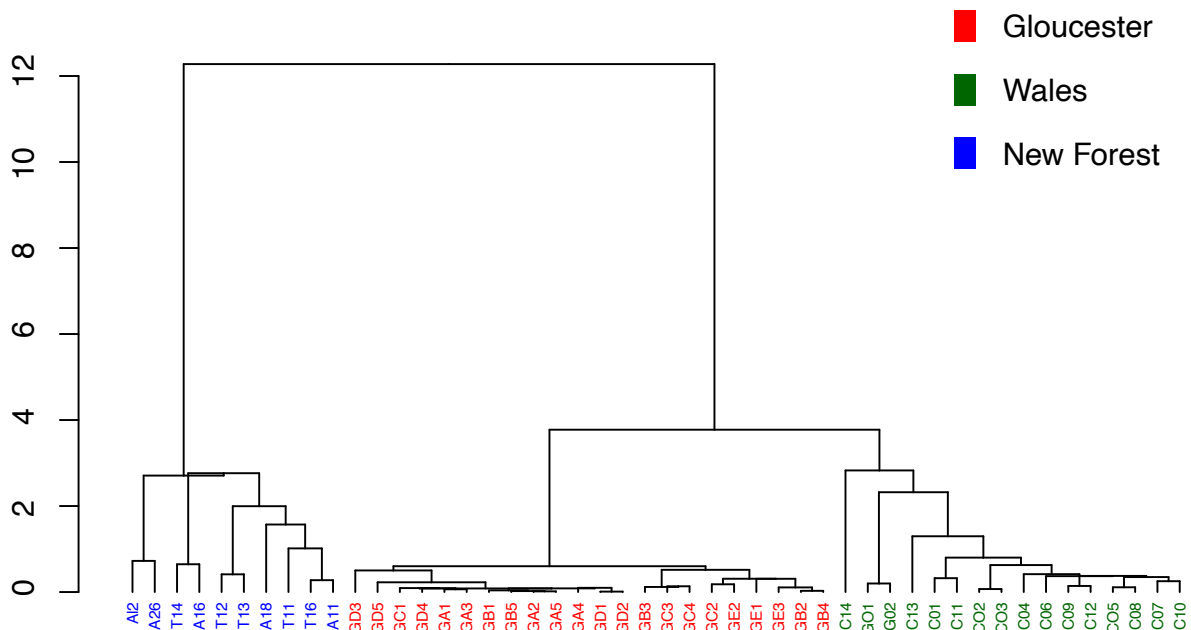
3.2. Konposizio-multzoak

Atal honetan, beste rmd artxibo bat erabiltzen da, behar diren prozedurak gune desberdindu batean garatzeko. Horrela, behin konposizio-multzoen egitura nagusia zein den aurreikusten denean, pausu honetan haien egiaztatzea egin eta analisi mamitsuago bat burutzen da. Hauek dira urrats nagusiak:

1. Iterazio-estatistikak
2. Azpimultzoak sortzea
3. Konposizio-multzoak sortzea
4. Taldeko kidearen probabilitateak (Mahalanobis distantzia)

3. Irudia: Klusterren Analisi Hierarkikoa, konposizio-multzoak zehazteko.

Klusterren Analisi Hierarkikoa (KAH)



3.3. Txostena

Azkenik L^AT_EX lengoian idatzitako txosten bat sortzeko aukera dago. Prozesuan zehar sortutako datu taulen integrazioa errazteko.

4. Ondorioak

Lan honetan ekarpen metodologiko bat egin da kode irekiko R programazio-lengoian oinarrituta. Ondorioz, GitHub webgunean biltegi bat sortu da, berregite osoa burutzeko behar den kode guztia eskainiz. Proposatutako metodologiaren errendimendua zeramika erromaniko-britainiar datu-multzo ezagun baten adibidearekin probatu da (Tubb *et al.*, 1980). Emaizta gisa, metodo ireki bat eskaintzen da zeramiken analisi arkeometrikorako diseinatuta dagoena. Horren bidez, sustatu egiten dira kode irekiko tresnetan oinarritutako ikerketa-ekimenak.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honi dagokionez, etorkizunean, garatu den kodea hobetu eta “pakete” bat sortzea da ideia, GitHuben argitaratua dagoen lanetik abiatuz, non erabiltzaile desberdinek haien ekarpenak egiteko aukera ematen den. Bestalde, analisi berrietatik lortzen diren datuak era ireki eta egituratu batean partekatzeko ereduak garatu beharko lirateke, horrela, analisi arkeometrikoak era estandarizatu batean kudeatzeko ekimenak sustatuz.

Erreferentziak

2017. R is for Archaeology <https://github.com/benmarwick/ctv-archaeology>.

Alberti, Gianmarco. 2013. An R script to facilitate Correspondance Analysis. A guide to the use and the interpretation of results from an archaeological perspective. *Archaeologia e Calcolatori* 24.25–53.

- Angourakis, A., Martínez Ferreras V., Torrano A., et al. Gurt Esparraguera JM. 2018. Presenting multivariate statistical protocols in R using Roman wine amphorae productions in Catalonia, Spain. *Journal of Archaeological Science* 93.150–165.
- Baxter, M. 2015. Notes on Quantitative Archaeology and R. p. 289.
- Boogaart, V., Tolosana R., et al. Bren M. 2010. Compositions: compositional data analysis. *R package version* 1–10.
- Boulanger, M. 2017. Recycling Data: Working with published and unpublished ceramic-compositional data. In *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramics*, ed. by Alice M.W. Hunt, volume 1. Oxford University Press.
- Buxeda i Garrigos, 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 May 2730 University of Girona Girona Spain* 1–18.
- Buxeda i Garrigos, J., et al. Madrid i Fernández M. 2017. Designing Rigorous Research: Integrating Science and Archaeology. 19–47.
- Buxeda i Garrigos, J., et al. Kilikoglou V. 2003. Total Variation as a Measure of Variability in Chemical Data Sets. In *Patterns and Process. A Festschrift in honor to Dr. Edward Sayre*, ed. by Lambertus van Zelst, 185–198. Suitland, Maryland: Smithsonian Center for Materials Research and Education.
- Calparsoro, E. 2019a. Transdisciplinary methodologies on medieval and post-medieval pottery analysis: an archaeometric approach to basque and riojan productions.
- Calparsoro, E. 2019b. https://github.com/esteful/arch_flow.
- Carlson, D. 2012. *An R Companion to Quantifying Archaeology by Stephen Shennan*. Anthropology Department Texas A&M University.
- Carlson, D., et al. Roth G., 2016. *archdata: Example Datasets from Archaeological Research*.
- Escribano, S. 2014. *Genealogía del registro cerámico alavés de época preindustrial*. Universidad del País Vasco UPV/EHU tesia.
- Goodman, S.N., Fanelli D., et al. Ioannidis J.P.A. 2016. What does research reproducibility mean? *Science Translational Medicine* 8.341ps12–341ps12.
- Heinmann, R.B. 1989. Assessing the Technology of Ancient Pottery: The Use of Ceramic Phase Diagrams. *Archaeomaterials* 123–148.
- Kristiansen, K. 2014. Archaeological revolution(s). *Current Swedish Archaeology* 22.11–34.
- Martín-Fernández, J. A., Buxeda i Garrigos J., et al. Pawlowsky-Glahn V. 2015. Logratio Analysis in Archeometry: Principles and Methods. In *Mathematics and Archaeology*, volume Science Pu, 178–189. Science Publishers, Boca Raton., bogdanovic edition.
- Marwick, B. 2017. Computational Reproducibility in Archaeological Research: Basic Principles and a Case Study of Their Implementation. *Journal of Archaeological Method and Theory* 24.424–450.
- Marwick, B., Guedes A., Barton C., Bates M., Lynsey A., Baxter M., Bevan A., Bollwerk E., Bocinsky A., Kyle R., Brughmans T., Carter A.K., Cyler C., Contreras D., S. Costa, Crema E., Daggett A., Davies B., Lee Drake B., Dye T.S., France P., Fullagar R., Graham S., Harris M., Hawks J., Heath S., Huffer D., Kansa C., Witcher S., Madsen M., Melcher J., Negre J., Fraser D., R. Opitz, Orton D., Przystupa P., Raviele M., J. Riel-salvatore, Riris P., Romanowska I., Struple N., Ullah I., Vlack H, Van G., Ethan C., Webster C., Wells J., Winters J., et al. Wren C.D., 2017. The SAA Archaeological Record 17 (4).
- Munafò, M.R., Nosek B.A., Bishop D.V., Button K.S., Chambers C.D., Percie du Sert N., Simonsohn U., Wagenmakers E., Ware J.J., et al. Ioannidis J.P. 2017. A manifesto for reproducible science. *Nature Human Behaviour* 1.21.
- Peng, R.D. 2011. Reproducible research in computational science. *Science* 334.1226–1227.
- Rice, M.P. 2015. *Pottery analysis: a sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- Sandve, G.K., Nekrutenko A., Taylor J., et al. Hovig E. 2013. Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. *PLoS Computational Biology* 9.1–4.
- Stodden, V., et al. Miguez S. 2014. Best Practices for Computational Science: Software Infrastructure and Environments for Reproducible and Extensible Research. *Journal of Open Research Software* 2.21.

Tubb, A, Parker A.J, eta Nickless G. 1980. The analysis of Romano-British pottery by atomic absorption spectrophotometry. *Archaeometry* 22.153–171.

Weigand, Harbottle, eta Sayre. 1977. Turquoise sources and source analysis: Mesoamerica and the southwestern USA — University College London. *Exchange Systems in Prehistory* 15–34.

6. Eskerrak eta oharrak

Lan hau 2019an aurkeztutako doktorego-tesi batetik eratortzen da (Calparsoro, 2019a). Aldi berean, artikulu hau DOKBERRI DOCREC19/39 kontratu baten basean burutu da, Euskal Herriko Unibertsitatean. Gainera, Ekonomia eta Lehiakortasun ministerioaren CERANOR-2 (HAR2017-84219-P) proiektuaren helburuekin bat egiten du. Era berean, Javier Iñáñezek, ministerio berari eskertzen dio Ramon y Cajal kontratua (RYC-2014-16835) eta Uxue Sanchez-Garmendiak Euskal Herriko Unibertsitateari bere doktoretza-kontratua (PIF2017/153).