

Joseba Lizeaga Rica

¿Cuántas manos hay en los textos de los ostraca de Iruña-Veleia?

Zenbat esku daude Iruña-Veleian aurkitutako ostraken testuetan



Joseba Lizeaga Rica. Biologian lizentziatua, Ikasketa Aurreratuetan diplomatua (DEA), Ikertzeko Nahikotasuna Nafarroako Unibertsitate Publikoan, eta Unibertsitate-Aditua “Internet eta bere Aplikazioetan” UNEDen. Matematikako irakaslea izan da irakaskuntza ertainean, eta irakasle titularra Nafarroako Unibertsitate Publikoan, Estatistika, Informatika eta Matematika Sailean. Hainbat ikerketa zientifiko egin ditu (behean zerrenda).

Joseba Lizeaga Rica. Licenciado en Biología, diplomado en Estudios Avanzados (DEA), Suficiencia investigadora por la Universidad Pública de Navarra y Experto Universitario en “Internet y sus Aplicaciones” por la UNED. Ha sido profesor de Matemáticas en enseñanza media, profesor asociado del Departamento de Estadística, Informática y Matemáticas de la Universidad Pública de Navarra. Ha realizado varias investigaciones científicas, entre otros:

“How Many Hands Are in the Texts of Ostraca Found in Iruña-Veleia”; “Gongora-ko Jauregizaharra jauregiaren datazio dendrokronologikoa”; “Relative Width and Height of Handwritten Letter”; “Datación de las maderas muestreadas en la Casa del Condestable”; “La villa romana de Arellano”.

4.1. Laburpena / Resumen / Abstract

a) Zenbat esku daude Iruña-Veleian aurkitutako ostraken testuetan

Iruña-Veleian (Euskal Herria) 400 objektu arkeologiko inguru aurkitu zituzten, II-IV. mendekoak diren testuekin. Testuen benetakotasunari buruzko zalantzak daude. Lan honetan bi distantzia aztertu dira: aztarnategiko testuen eta eskaladun 77 objektu arkeologikoren letren altuera (1609 neurketa) eta letren arteko distantzia (1053 neurketa).

Distantzia horietan ikusitako aldakortasuna testuinguruaren hainbat aldagairekin lotzen eta erlazionatzen saiatu gara: ostraka, ostraka dimentsioak, aurkikuntzaren sektore-estratua (12007, 3001B, 32005A, 32005C, 51144, 6076, 6180, 6181 eta Finca95), ostraca euskarria (zeramika arrunta, terra sigillata, hezurra eta adreilua), tematika (antroponimoa, klasikoa, kristautasuna, kredoa, euskarazko esaldia, euskarazko zerrenda, mitoak, erlijio erromatarra eta latinezko testua) eta hizkuntza (latina,

euskara, biak). Erabilitako estatistika-teknikak honako hauek izan dira: ANOVA, autokorrelazioaren presentzia, Shapiro-Wilken normaltasun-proba, korrelazio-koefizientea, beste teknika batzuen artean. Ostraka guztietarako neurtutako bi distantziei dagokionez, aztertutako letrek ez zuten banaketa normala erakutsi, ostraka batzuek autokorrelazioa erakutsi zuten eta beste batzuek ez. Emaitzek heterogeneotasun handia erakutsi dute bi distantzietan.

Ostraka indibidualak homogeenak dira aldakortasunari dagokionez. Ostraken tamainari behatutako aldakortasunaren % 25-30 esleitu ahal izan zaio. Ostraken substratuak behatutako aldakortasunaren % 30-53 artean azaltzen du. Zentzu horretan, "adreilu" modalitatea homogenea da, eta modalitate hori ateratzen badugu, adierazitako aldakortasuna % 22-26ra jaisten da. Sektore-geruza testuinguruaren aldagaiari dagokionez, behatutako aldakortasunaren % 22-34 azaltzen du. Gaiak behatutako aldakortasunaren % 31-51 azaltzen du. Eta hizkuntzak aldakortasunaren % 4-7 azaltzen du. Nabaritzen den aldakortasuna ez da bateragarria esku egile bakarrarekin. Aburu gisa, egiletza anitzak ikusten den aldakortasunaren parte bat azal lezake.

b) ¿Cuántas manos hay en los textos de las ostracas encontradas en Iruña-Veleia?

En Iruña-Veleia (País Vasco) se encontraron unos 400 objetos arqueológicos con textos que datan de los siglos II-IV. Hay dudas sobre la autenticidad de los textos. En este trabajo se analizan dos distancias, la altura de las letras (1609 mediciones) y la distancia entre letras (1053 mediciones) de 77 objetos arqueológicos con textos y escala del yacimiento.

Se ha intentado asociar y relacionar la variabilidad observada en estas distancias con diferentes variables de contexto: ostraca, dimensiones ostraca, sector-estrato de hallazgo (12007, 3001B, 32005A, 32005C, 51144, 6076, 6180, 6181 y Finca95), soporte ostraca (cerámica común, terra sigillata, hueso y ladrillo), temática (antropónimo, clásico, cristianismo, credo, frase euskara, lista euskara, mitos, religión romana y texto latino) e idioma (latín, euskara, ambas). Las técnicas estadísticas utilizadas fueron ANOVA, presencia de autocorrelación, prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y coeficiente de correlación entre otras técnicas. Respecto a las dos distancias medidas para todo el conjunto de ostraca, las letras analizadas no mostraron una distribución normal, algunos ostraca mostraron autocorrelación y otros no. Los resultados han mostrado una alta heterogeneidad en las dos distancias.

Los ostraca de manera individual son homogéneas en cuanto a la variabilidad. Se ha podido asignar al tamaño de los ostraca el 26-30% de la variabilidad observada. El sustrato de los ostraca llega a explicar entre el 30-53% de la variabilidad observada. En este sentido la modalidad "ladrillo" es homogénea y si extraemos esta modalidad la variabilidad explicada cae al 22-26%. En cuanto a la variable de contexto sector-estrato llega a explicar el 22-34% de la variabilidad observada. La temática llega a explicar el 31-51% de la variabilidad observada. Y el idioma llega a explicar el 4-7% de la variabilidad. La variabilidad observada es poco compatible con una única mano autora. A nivel de conjetura la múltiple autoría podría explicar parte de la variabilidad observada.

c) How many hands are there in the texts of the ostraca found in Iruña-Veleia?

In Iruña-Veleia (Basque Country) about 400 archaeological objects with texts dated at the 2nd-4th centuries were found. There are doubts about the authenticity of the texts. In this work, two distances were analyzed, the height of the letters (1609 measurements) and the distance between letters (1053 measurements) of 77 archaeological objects with texts and scale from the site.

An attempt has been made to associate and relate the variability observed in these distances with different contextual variables: ostraca, ostraca sizes, sector-layer of finding (12007, 3001B, 32005A, 32005C, 51144, 6076, 6180, 6181 and Finca95), ostraca materials (common pottery, terra sigillata, bone and brick), subject of the text (anthroponym, classical, Christianity, creed, Basque sentence, Basque list, myths, Roman religion and Latin text) and language (Latin, Basque, both). The statistical techniques used were ANOVA, presence of autocorrelation, calculation of the mean vector allograph, Shapiro-Wilk normality test, and correlation coefficient between other methods. Regarding the two distances measured for the whole set of ostraca, the analyzed letters did not show a normal distribution, some ostraca showed autocorrelation and others did not. The results have shown a high heterogeneity in the two distances.

Individual ostraca are homogeneous in terms of variability. It has been possible to assign 25-30% of the variability to ostraca size. The ostraca substrate explains 30-53% of the observed variability. In this sense, the "brick" modality is homogeneous and if we extract this modality, the variability explained falls to 22-26%. As for the sector-stratum context variable, it explains 22-34% of the observed variability. The theme explains 31-51% of the observed variability. And language explains 4-7% of the variability. The observed variability is not very compatible with a single authoring hand. At the level of conjecture, multiple authorship could explain part of the observed variability.

4.2. Ponentzia / Ponencia / Presentation

Se ha analizado la altura de las letras y la distancia entre letras de ostraca con escala del yacimiento arqueológico de Iruña-Veleia. Las técnicas estadísticas utilizadas han sido autocorrelación, prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Anova, entre otras. Respecto a las dos distancias medidas, las letras analizadas no mostraron una distribución normal, y algunos ostraca han mostrado autocorrelación. Cada ostracón como unidad ha mostrado normalidad. Además, en cada uno de los conjuntos estudiados, las medias han sido diferentes en cuanto a la superficie de escritura y temática. Los resultados mostraron heterogeneidad en distancias. Una parte de la variabilidad se ha asignado al tamaño de los ostraca, mientras que otra parte se ha asignado al soporte tipo ladrillo. Sin embargo, casi el 50 por ciento de la variabilidad no ha sido asignada. La conjetura más simple para parte del 50 por ciento de variabilidad observada es el hecho de que pudo haber varias manos.

a) Introducción

Durante los años 2005 y 2006, en la excavación arqueológica se localizaron unos 400 objetos que contenían textos y dibujos en grafito (los llamados ostraca). La técnica empleada para escribir estos textos consistió en realizar surcos a mano alzada sobre diferentes materiales utilizando objetos duros, sin utilizar ninguna guía o plantilla. La cronología asignada a esos objetos databa del año 100 al 500 e. c.

Las **preguntas principales** del estudio son:

P: ¿Las letras observadas en los ostraca tienen **alturas y espacios entre letras** con alta variabilidad y por lo tanto son heterogéneas? ¿O son homogéneas?

Estas preguntas llevan a las siguientes hipótesis nula y alternativa del estudio:

[H₀] Los caracteres de los textos son heterogéneos en las dos distancias medidas.

Y la hipótesis alternativa. [**H₁**] Los caracteres de los textos son homogéneos respecto a las dos distancias medidas.

La tarea estadística ha consistido en describir la homogeneidad o falta de homogeneidad de los rasgos extraídos de la muestra. Si los análisis dan unas medidas heterogéneas se intentará adjudicar la variabilidad a los siguientes factores: **tamaño ostracón, soporte físico, ostracón, sector-estrato, temática e idioma.**

Se intentará crear conjeturas de los resultados obtenidos sobre un escenario de una única mano ejecutora o sobre un escenario de varias manos ejecutoras de los textos.

b) Marco teórico

Los alógrafos estudiados son (23 alógrafos): "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G", "H", "I", "J", "L", "M", "N", "O", "P", "Q", "R", "S", "T", "V", "X", "Y" y "Z". No hay ningún carácter en minúscula.

En este artículo, la palabra carácter es cualquier símbolo que intente representar un alógrafo; cualquiera de los enumerados anteriormente, esté repetido o no. El siguiente ejemplo ayuda a distinguir un alógrafo de un carácter: en el texto "NIIV MI TA RIIBA II LABA", hay 19 caracteres y 9 alógrafos (N, I, V, M, T, A, R, B y L).

Puede haber caracteres en ambas caras del ostracón. Un objeto arqueológico con escritura rayada en ambas caras se considerará como dos ostraca independientes.

Según varios autores (Huber &Headrick, 1999; Purdy, 2016; Srihari, 2013; Srihari et al., 2002) entre las características más importantes de los alógrafos, que deben ser analizadas por el investigador, están las **dimensiones** (verticales y horizontales) y los **espaciamientos intrapalabra**. Es importante señalar que los estudios realizados por estos autores no se refieren ni a textos escritos en ostraca ni a escrituras obtenidas mediante la eliminación de una parte de la superficie de la escritura.

Sobre material arqueológico y, en concreto, sobre inscripciones atenienses Tracy (S. Tracy, 1970, 1973, 1995, 2003) estableció que, en la actualidad, es posible identificar a antiguos talladores de epigrafías. En estudios más recientes, otros autores (Panagopoulos et al., 2009; Rousopoulos et al., 2011; S. V. Tracy et al., 2007), sugieren técnicas de segmentación de las imágenes de los caracteres, eliminación del contorno y comparación mediante diversas técnicas estadísticas para identificar a los escritores, en relación con los textos escritos sobre superficies duras mediante la eliminación del sustrato. Por diversas razones no ha sido posible la utilización de las técnicas que se describen en estos ostraca.

c) Método

Distancias

La primera distancia analizada ha sido la altura de las letras denominada **d₁**. Es la altura del rectángulo imaginario que forma la letra. Y la segunda distancia ha sido la distancia entre las letras de la palabra, o la distancia hasta la letra siguiente denominada **d₂**. Es la distancia entre los rectángulos imaginarios que forman dos letras contiguas en la misma línea y palabra (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Este trabajo se basó en las fotografías de los ostraca con escala. Se midieron las dos distancias por separado. Las dos distancias de las letras se midieron utilizando la aplicación OnScreenMeasurement (Knibbe, 2005). En el siguiente enlace <https://www.youtube.com/watch?v=Mp4egetsPKE> se muestra un vídeo sobre el procedimiento de medición de las dos distancias. Para evitar posibles distorsiones del

estudio, no se han medido los alógrafos que se superponen, no eran identificables o carecían de una escritura adecuada.

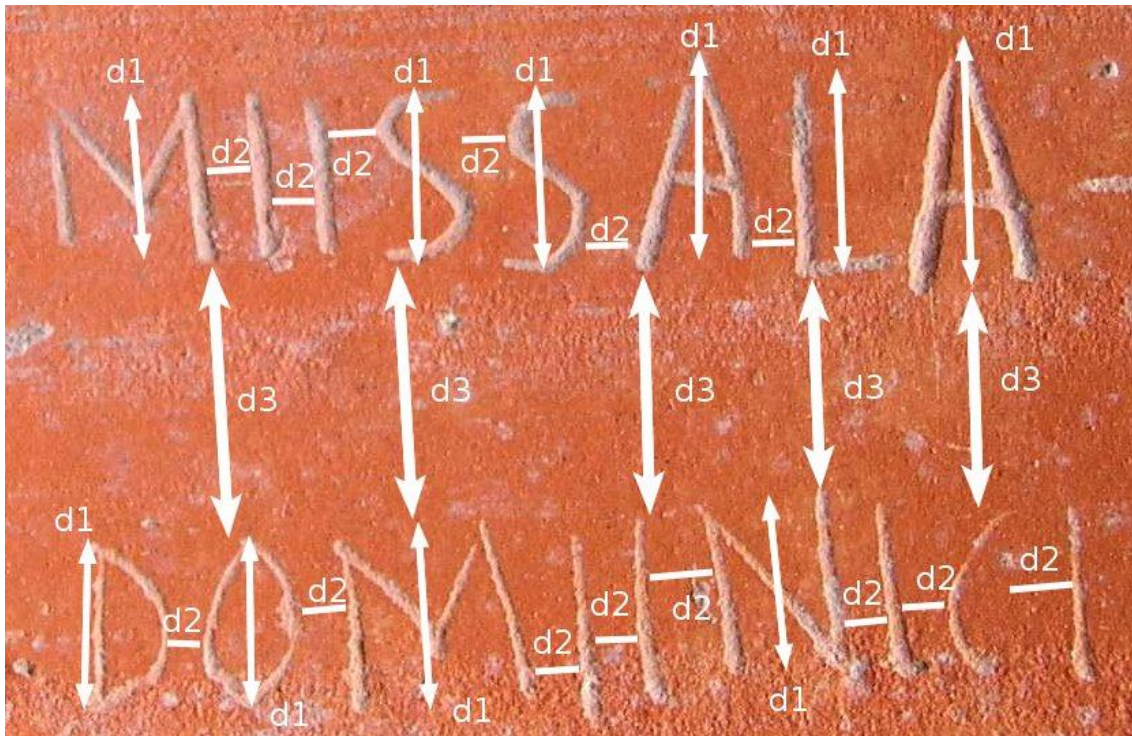


Fig. 1: diferentes distancias: d_1) Altura de la letra, d_2) distancia entre letras, d_3) distancia entre líneas.

Material estudiado

Se han seleccionado los ostraca que contenían texto a una escala conocida sobre fotografías. Se estudiaron 65 ostraca, con un total de 77 caras que contenían escritura, y se midieron 1608 alturas y 1051 distancias entre letras. La Tabla 1 muestra la cantidad de letras de cada ostracón. El archivo de medidas de todos los ostraca se encuentra en el repositorio Zenodo (LizeagaRika, 2017). El archivo de fotos de todos los ostraca se encuentra en el repositorio Zenodo (2017).

Cuando la distancia entre letras era inexistente o dudosa, no se midieron ni se incluyeron en este estudio. En cuanto a los alógrafos curvos, se intentó ponerse en el lugar del escritor e imaginar el espacio que intenta asignar.

Los atributos de la superficie de escritura, lengua, estrato y tema fueron consultados en Internet en la base de datos Ostracabase (Filloy Nieva & Gil Zubillaga, 2023).

Las superficies de escritura de los ostraca pueden ser: *Barro* (1 ostracón), *Ánfora* (1), *Cerámica de almacenamiento* (1), *Cerámica común* (23), *Hueso* (7), *Ladrillo* (13), *Mortero común* (3), *Olla de cocina* (1) y *Terra Sigillata hispánica* (27). Hay ostraca con escritura en *latín* (44), en *euskera* (30) y en *ambas lenguas* (3). Y la gama de temas tratados son: *Antropónimo* (5), *Clásico* (8), *Credo* (3), *Cristianismo* (17), *Egipcio* (4), *Oración en euskera* (19), *Listas en euskera* (3), *Mitos* (5), *Religión romana* (4), *Texto en latín* (3) y *Sin clasificar* (6). Se encontraron en el sector 12 (estrato 12007) un ostracón; en el sector 3 (estrato 3001B) un ostracón; en el sector 32 15 ostraca (en el estrato 32005A, seis ostraca; en el estrato 32005C, 9 ostraca; en el sector 5 (estrato 51144) 32 ostraca; en el sector 6 (en el estrato 6076) 21 ostraca, en el estrato 6180 cinco ostraca, en el estrato 6181 un ostracón) y en el sector Finca 95 un ostracón.

Análisis estadísticos

Autocorrelación entre la altura de las letras

Es decir, la existencia de independencia espacial o temporal, autocorrelación lineal, propiamente dicha, entre la altura de letras adyacentes (Legendre&Legendre, 2000, p. 40). A veces, el conocimiento de la altura de una letra proporciona información sobre la altura de la letra que le sigue. Se han calculado los coeficientes de autocorrelación de primer, segundo y tercer orden utilizando la función "acf" de la aplicación R (R Core Team, 2017). Se han estimado las bandas de confianza de 0,95 respecto al valor del coeficiente de autocorrelación en una distancia de $2/\sqrt{N}$ donde N era el número de letras del ostracón. En cuanto a los ostraca, sólo el coeficiente de primer orden resultó significativo para algunas de ellas.

Ostracón	Letras	Ostracón	Letras	Ostracón	Letras	Ostracón	Letras	Ostracón	Letras
10741	10	11459A	18	13274A	8	13378	6	15917	20
11139	45	11459B	8	13347	13	13380	44	15920	29
11267	21	11530A	77	13361A	16	13381	6	15921	24
11288	6	11530B	48	13361B	2	13382A	14	15922	15
11380	5	11709	7	13362A	12	13382B	17	15923	14
11419	14	12043	16	13362B	22	13383	16	15925	18
11420A	7	12068	5	13363	16	13384	3	16362A	7
11420B	13	12069	5	13364	41	13393	29	16362B	15
11422A	29	12098B	19	13367	15	13397A	26	16364	19
11422B	21	12099	43	13368A	26	13397	12	16365A	42
11423	16	12384	16	13368B	15	13398A	5	16365B	45
11425	25	12388	17	13370B	15	13398B	13	16366A	12
11426	29	12391	23	13371A	25	15147	8	21658	19
11427	52	12392	11	13373	32	15910	25		
11428	32	12396	4	13374A	18	15912	26		
11429	135	12430	23	13374B	15	15916	10		

Tabla 1: ostracón estudiado y número de letras por ostracón

Correlación entre las distancias y el tamaño de los ostraca

Con respecto a los ostraca sin autocorrelación que tienen una distribución normal, se ha calculado el coeficiente de determinación R^2 con respecto al modelo lineal. Las variables de respuesta fueron d_1 , y d_2 , mientras que la anchura y la altura de los ostraca fueron variables explicativas.

Normalidad estadística

La siguiente pregunta que se intenta responder es si el conjunto de todas las letras de los ostraca presenta una distribución normal con respecto a las diferentes distancias. Debido a la necesidad de independencia de los datos, no se incluyeron los ostraca que contenían letras autocorrelacionadas.

Los diagramas de caja de las distancias medidas en cada ostracón han sido una herramienta útil. Además la prueba de Shapiro-Wilk (Arnholz et al., 2015, pp. 461-462) ha sido la técnica utilizada para analizar la normalidad estadística.

Análisis de Varianza

La no normalidad de las dos distancias ha mostrado que debe observarse si parte de esta variabilidad está asociada a los niveles de los diferentes factores a saber: ostracón, superficie de escritura, lengua, estrato y temática, mediante ANOVA (Arnholz et al., 2015, pp. 491-556). En la hipótesis nula, se ha establecido que las medias de las distancias de los niveles de los factores son iguales.

El modelo no admite datos autocorrelacionados, se han desechado 11 ostraca respecto a la distancia d_1 y tres respecto a la distancia d_2 . Para realizar el análisis de las varianzas, es necesario homogeneizarlas, y por ello se han calculado los logaritmos de las distancias (Legendre&Legendre, 2000, p. 40).

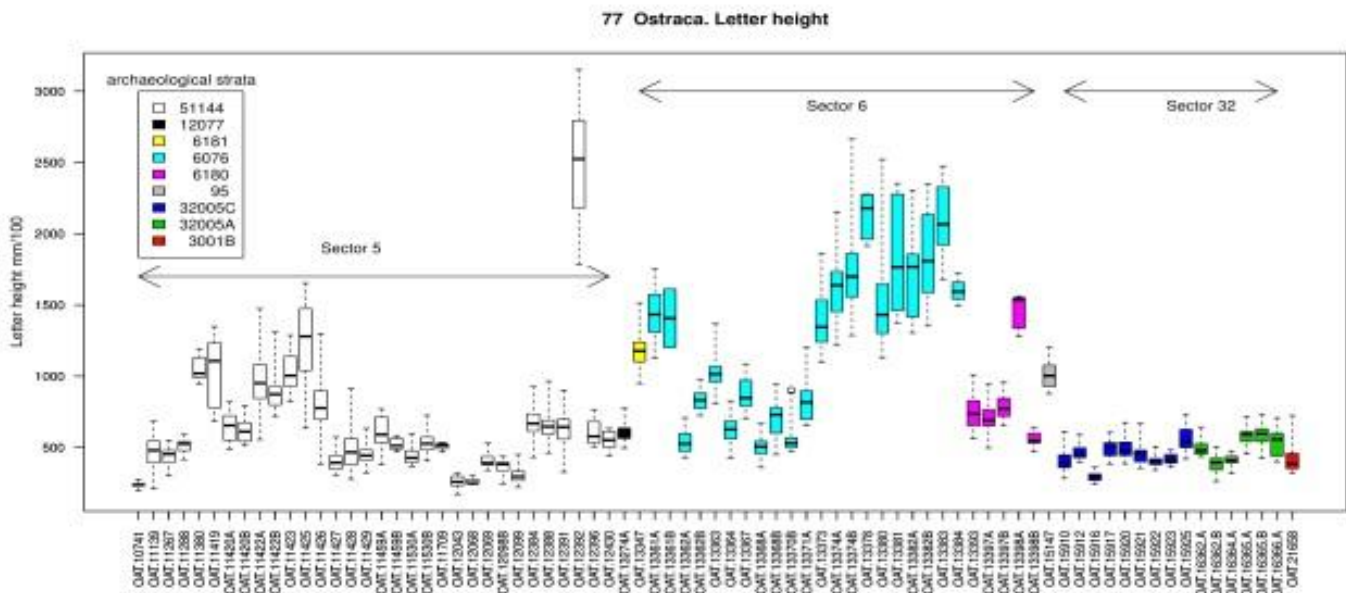


Fig. 2: boxplot de alturas de letras.

d) Resultados

Autocorrelación o independencia de datos

De un total de 77 objetos que contienen escritura, 11 han mostrado autocorrelación con un nivel de significación de 0,95 respecto a la altura de las letras (d_1). Por el contrario, los ostraca restantes (66), en los que hay al menos 15 mediciones, no han mostrado autocorrelación. En cuanto a la distancia entre letras (d_2), sólo tres de los 73 ostraca con suficientes mediciones de la distancia entre letras han mostrado autocorrelación.

Correlación entre el tamaño de los ostraca y distancias

El coeficiente de determinación múltiple (R^2) para la formula $d_1 \sim anchura + altura$ ha sido 0,30; y para $d_2 \sim anchura + altura$ ha sido 0,26. Se observa que la altura y la anchura explican **más o menos el 30%** de la variabilidad observada.

Normalidad estadística

Las dos distancias d_1 y d_2 para **el conjunto de todas las letras de todos los ostraca** respecto a la normalidad el resultado de la prueba ha dado un valor-p aproximado a 0. En consecuencia, **se ha rechazado la hipótesis de normalidad** en el conjunto de todas las letras de todos los ostraca. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la gran heterogeneidad de las distancias de los ostraca mediante la representación de diagramas de caja. Se puede observar que hay cierta agrupación en relación a zonas en el gráfico que corresponden a sectores y estratos arqueológicos.

Además, se utilizó el test de Shapiro-Wilk para medir la normalidad de las distancias de **cada ostracón por separado**. La muestra ha estado formada por los ostraca que no presentaban autocorrelación y los

que tenían más de 10 letras. La aplicación de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con respecto las distancias de cada ostracón individual ha dado lugar a valores p elevados, y **no se ha podido rechazar la hipótesis de normalidad** con respecto a cada ostracón.

		D₁ (ostraca)	d₂(ostraca)
Sustrato	Cerámica	No (20)	No (20)
	Ladrillo	Yes (10)	No (12)
	Hueso	No (7)	No (7)
	Terra Sigillata H.	No (22)	No (24)
Estrato	32005A	Yes (5)	Yes (5)
	32005C	Yes (8)	Yes (9)
	51144	No (26)	No (26)
	6076	No (17)	No (20)
	6180	No (5)	Yes (4)
Tema	Antropónimos	Yes (4)	Yes (4)
	Nombres clásicos	No (6)	No (8)
	Cristianismo	No (14)	No (16)
	Egipto	No (4)	No (4)
	Euskara	No (17)	No (17)
	No clasificado	No (6)	No (6)

Tabla 2: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Modalidades de más de 3 ostraca. Entre paréntesis, el número de ostraca incluidos en la prueba.

Es interesante saber si las diferentes distancias mostraban normalidad o no en los diferentes **materiales**, en los diferentes **sector-estratos** encontrados y en relación con las diferentes **temáticas** que trataban estos ostraca. Como los ostraca individuales mostraban normalidad, sólo se han tenido en cuenta aquellas modalidades de más de 3 ostraca. Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk están en la Tabla 2. Para los **materiales de los soportes** que contienen escrituras se ha realizado el gráfico de caja (Fig. 2) para visualizarlo.

Análisis de varianza (ANOVA)

Los resultados están resumidos en la Tabla 3. En cuanto a la altura de las letras (d_1), al analizar cuál de los factores explica mayor cantidad de varianza, ha destacado **el ostracón** como tal con **90% de la varianza** total explicada. Además, se ha observado que **la temática** y el **tipo de superficie** de escritura explicaban aproximadamente el **50% de la varianza total**. En cuanto al tipo de superficie de escritura, se ha calculado la varianza explicada (R^2) con respecto a las modalidades, eliminando cada modalidad sucesivamente. Los resultados han mostrado que sin la **modalidad "ladrillo"**, el coeficiente de determinación o la varianza explicada es del 22%. La modalidad "*ladrillo*" es bastante homogénea y es la que más contribuye al rechazo de la hipótesis de igualdad de medias.

En cuanto al **factor tema**, se ha calculado la varianza explicada, eliminando sucesivamente cada tema, pero no ha habido ningún nivel que contribuya a la explicación en lo que respecta a la varianza. Eso se ha debido a la elevada variabilidad encontrada en todos los temas. Por último, los diferentes estratos han

explicado poca varianza observada (34%) y los diferentes idiomas de escritura han explicado una varianza aún menor (4%).

En cuanto a la distancia entre letras (d_2), se han obtenido resultados similares.

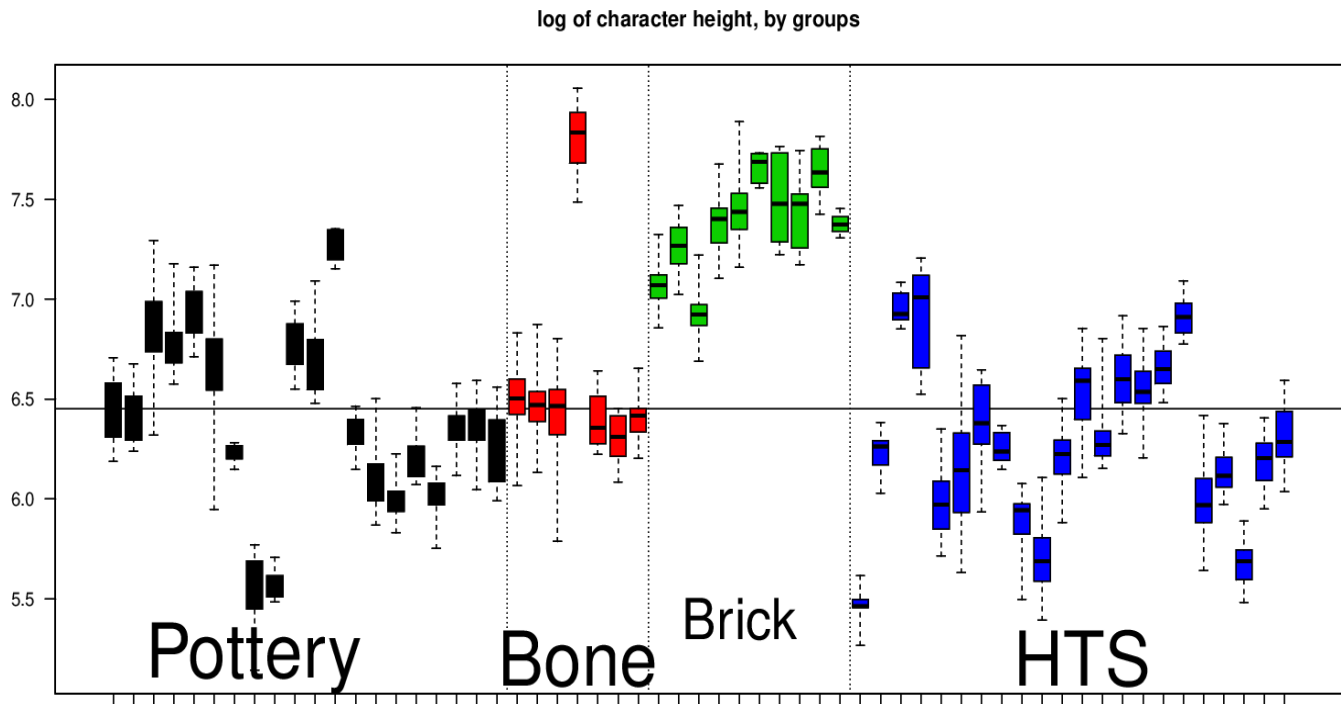


Fig. 2: boxplots de altura de letras, d_1

e) Discusión

Se puede afirmar que los resultados de los cuatro análisis mostrados no han dado indicios para rechazar la hipótesis nula de textos heterogéneos con respecto a las dos distancias. **Los textos son heterogéneos con respecto a las dos distancias.**

Los análisis de correlación entre las distancias medias y el **tamaño de los ostraca** explican entre el 25% y el 30% de la variabilidad observada. Por lo tanto, aún queda un 70% por explicar.

El boxplot (Fig. 2) ostracón/superficie respecto a d_1 muestra que la modalidad "ladrillo", en general, presenta letras más altas que las letras de otras modalidades. Además, la modalidad "ladrillo" es bastante homogénea. Es interesante señalar que los ostraca de ladrillo se encontraron todos en el "sector 3". A excepción de un ostracón, la modalidad "hueso" es homogénea en cuanto a la altura media de letras. Las modalidades "cerámica" y "TSH" son heterogéneas y presentan grandes variaciones.

Se observó que el estrato "32005A" y el estrato "32005B" presentaban normalidad. Esos dos estratos son capas diferentes de un mismo perfil. Además, en el "sector 6", había varios tipos de ostracón según las distancias. Todos los ostraca de ladrillo se encontraron en ese sector. En el "sector 5", se pudieron establecer 4-5 grupos de ostraca según su tamaño.

Sólo la modalidad "antropónimo" constituye un grupo homogéneo. El resto de las modalidades de la temática son internamente heterogéneas.

[Escenario 1] Se puede conjeturar que hubo diferentes manos en relación con los distintos ostraca. Los ostraca encontrados en el "sector 32" pueden estar asociados a la misma mano. En el "sector 5" hay

entre 3 y 5 manos. En el "sector 6" hay de 2 a 4 manos. En el "sector 6", las letras de los dos estratos son diferentes, lo que nos lleva a interpretar que hay varias manos en relación con esos dos estratos. Dentro de ese sector, la modalidad "ladrillo" puede estar asociada a una mano. En el "sector 32", las distancias de los distintos estratos no difieren. También puede interpretarse que hay una sola mano para el tema "antropónimo", mientras que hay varias manos para el resto de los temas.

Distancias	d ₁	d ₂
Ostracón	90 %	74 %
Material del sustrato	46 % (22 % sin ladrillo)	53 % (26 % sin ladrillo)
Estrato	34 %	34 %
Tema	51 %	40 %
Lenguaje	4 %	4 %

Tabla 3: varianza explicada por varios factores.

[Escenario 2] Una conjetura alternativa a la anterior es la de una única mano fraudulenta con el ánimo de engañar. El autor tuvo mucho cuidado de no ser destapado por un estudio forense sobre la escritura, por lo que cambió el tamaño de las letras a propósito y creó un conjunto de grupos aleatorios en todo el yacimiento arqueológico.

Esa hipótesis es bastante improbable para explicar todo lo observado. Hasta ahora no existe ningún tipo de trabajo sobre el análisis de letras manuscritas en ostracón, siendo este pionero. Por lo tanto, el falsificador tendría que haber previsto que se iba a realizar este estudio para enmascarar su escritura. Además, aunque ese mismo autor fue muy cuidadoso con la escritura, no lo fue tanto con los temas elegidos y con la gramática del latín y del euskera.

[Escenario 3] Como tercera conjetura o hipótesis la causa de los distintos resultados obtenidos es el instrumento de escritura: el punzón. Diferentes instrumentos pueden dar lugar a diferentes grupos de tamaño de letras, distancias entre letras y distancias entre líneas. En este escenario, se predice que se han utilizado diferentes instrumentos para escribir en ostracón de diferentes sustratos y en ostraca de diferentes estratos, que se encontraron en diferentes sectores. El grosor de la punta del instrumento podría haber variado el tamaño de la escritura. En ese escenario, habría al menos 4-6 instrumentos de escritura, que se utilizaron en diferentes grupos de ostraca: un instrumento relativo a ladrillos en el "sector 6", otro instrumento relativo a objetos que no son de ladrillo en el "sector 6", otro instrumento en el "sector 3" y varios instrumentos en el "sector 5".

Por último se puede conjeturar un escenario mezcla de los anteriores escenarios más hechos no contemplados en ellos.

Nuevos estudios y profundización en los realizados pueden complementar o rechazar estas conjeturas.

f) Cuestiones abiertas

En este estudio sólo se pudieron analizar 77 ostraca de los aproximadamente 450 con textos escritos en ellos. Futuros estudios deberían incluir el resto de los ostraca.

Debería estudiarse un método para modelizar más estrictamente las distancias analizadas. Para conseguir una modelización estricta y eficaz de las distancias, se deberían escribir textos sobre el mismo

material (huesos, TSH, ladrillo, cerámica), sin ningún valor, utilizando diversos instrumentos de escritura y escribiendo un gran número de letras; quizás hasta miles de ellas. Es decir, determinar un diseño experimental de estudio del efecto de diferentes factores sobre las distintas definidas en este estudio.

Además, los experimentos deben realizarse con material de diferentes tamaños y con diferentes sustratos, útiles de escritura y personas. En decir deberían estudiarse los efectos de cada factor sobre el tamaño de las letras.

Cabe señalar que la cuantificación de la varianza residual que no pudo asignarse a ningún factor es una cuestión pendiente. El estudio no establece si el sustrato es una variable causal o una variable correlacionada con respecto al tamaño de las letras y su relación con las manos.

Los ostraca con mayor cantidad de letras parecen más propensos a la autocorrelación. Debería estudiarse más a fondo. Además, la individualidad de la escritura en los ostraca manuscritos no se ha establecido con rigor científico. Hoy en día, la hipótesis de la individualidad de las distancias estudiadas debe ser experimentada, estructurada, probada y revisada por pares.

Es necesario tomar fotografías de alta resolución en condiciones controladas a todos los textos.

El autor del artículo hace un llamamiento al propietario de los ostraca para que facilite la medición de todas las letras de los ostraca sin escala.

g) Referencias

- Arnholt, A., Militino, A., & Ugarte, M. (2015). *Probability and statistics with R*. CRC Press.
- Filloy Nieva, I., & Gil Zubillaga, E. (2023, enero 1). *Ostracabase de Iruña-Veleia*. Ostracabase Iruña-Veleia. <https://ostracabase.com>
- Huber, R., & Headrick, A. (1999). *Handwriting identification: Facts and Fundamentals*. CRC Press.
- Knibbe, B. (2005). *On Screen Measuring and Image Manipulation-OSM*. Bernhard Knibbe.
- Legendre, P., & Legendre, L. (2000). *Numerical ecology* (2.^aed.). Elsevier.
- Lizeaga Rika, J. (2017). *Measures of the heights of the letters of the ostraca with scale of Iruña-Veleia, and, distances between lines and between letters of the ostraca with scale of Iruña-Veleia*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.820837>
- Lurmen, & AFA. (2017). *Repository. Photos of ostraca of Iruña-Veleia (Spain) with scale and transcription*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.572313>
- Panagopoulos, M., Papaodysseus, C., Rousopoulos, P., Dafi, D., & Tracy, S. (2009). Automatic Writer Identification of Ancient Greek Inscriptions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(8), 1404-1414. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2008.201>
- Purdy, D. (2016). Identification of Handwriting. *En Scientific Examination of Questioned Documents* (2.^a ed., pp. 47-74). CRC Press.
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing*.
- Rousopoulos, P., Panagopoulos, M., Papaodysseus, C., Panopoulou, F., Arabadjis, D., Tracy, S., Giannopoulos, F., & Zannos, S. (2011). A new approach for ancient inscriptions' writer identification. *2011 17th International Conference on Digital Signal Processing (DSP)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICDSP.2011.6004966>
- Srihari, S. N. (2013). Statistical Examination of Handwriting Characteristics using Automated Tools. *National Criminal Justice Research Report*.
- Srihari, S. N., Cha, S.-H., Arora, H., & Lee, S. (2002). Individuality of Handwriting. *Journal Forensic Sciences*, 47(4). https://cedar.buffalo.edu/papers/articles/Individuality_Handwriting_2002.pdf
- Tracy, S. (1970). Identifying Epigraphical Hands I. *Greek, Roman, and Byzantine Studies*, 11, 321-333.
- Tracy, S. (1973). Identifying Epigraphical Hands, II. *Greek, Roman, and Byzantine Studies*, 14, 185-195.
- Tracy, S. (1995). *Athenian Democracy in Transition: Attic Letter-Cutters of 340 to 290 B.C.* University of California Press.
- Tracy, S. (2003). *Athens and Macedon: Attic Letter-Cutters of 300 to 229 B.C.* University of California Press. <https://doi.org/10.1525/california/9780520233331.001.0001>
- Tracy, S. V., Papaodysseus, C., Roussopoulos, P., Panagopoulos, M., Fragoulis, D., Dafi, D., & Panagopoulos, T. (2007). Identifying hands on ancient athenian inscriptions: First steps towards a digital approach. *Archaeometry*, 49(4), 749-764.