



El mundo funerario en la Oretania Septentrional:
Estudio antropológico y arqueométrico (color y FTIR) de
diez cremaciones de la Necrópolis Ibérica de Alarcos III

Grao en Historia

Autor: Mario Crespo Pérez

Directora: Olalla López Costas

Departamento de Historia, Área de Arqueoloxía

Universidade de Santiago de Compostela

Facultade de Xeografía e Historia

Curso 2024/2025

Índice

1- Introducción:	1
1.1-El ritual de la cremación en la Prehistoria Peninsular:.....	2
1.2-La cremación en la cultura ibérica:	3
1.3- El yacimiento arqueológico de Alarcos:.....	6
2- Materiales y Métodos:	9
2.1- Recepción y limpieza del material:	9
2.2- Descripción de las tumbas y ajuares:	10
2.3- Estudio antropológico:.....	12
2.4- Estudio del color y toma de muestras:	13
2.5- Estudio espectroscópico FTIR-ATR:.....	15
3- Resultados:	16
3.1- Estudio antropológico:.....	16
3.2- Estudio de color:.....	20
3.3- Estudio espectroscópico:.....	22
4- Discusión:	23
4.1- Estudio antropológico:.....	23
4.2- Estudio de color:.....	28
4.3- Estudio espectroscópico:.....	29
4.4- Estimación de la temperatura de cremación:.....	32
5- Conclusión:	35
Bibliografía:	38
Anexos:	44
Anexo 1- Códigos de las cremaciones:	44
Anexo 2- Resultados de colorimetría:.....	44
Anexo 3- Resultados de espectroscopía FTIR-ATR:	45
Anexo 4- Comparación de colorimetría con índices FTIR:.....	51
Anexo 5- Fotografías:	53
5.1-Tratamiento de las muestras	53
5.2-Cambios de color y fracturas.....	54
5.3- Muestras	55
5.4-Tamaños de los huesos largos de ALC20	55

Resumen: Se presenta el estudio de diez cremaciones de la Necrópolis Ibérica de Alarcos III, descubierta en 2019 entre los ayuntamientos de Poblete y Ciudad Real, y excavada a partir de 2021. El objetivo es profundizar en el conocimiento de la cultura ibérica en el área manchega, principalmente a través de la caracterización del ritual funerario llevado a cabo en este territorio a finales de la Edad del Hierro. El trabajo comprende la excavación de parte del material *in situ*, el estudio antropológico, incluyendo la clasificación en segmentos anatómicos y estimando sexo y edad de los individuos, y también el análisis colorimétrico y de cuatro índices espectroscopía FTIR, con la finalidad de estudiar la relación entre los cambios cromáticos y en la estructura química del hueso, así como inferir la temperatura. El estudio antropológico ha permitido identificar el sexo de 4 individuos femeninos y 2 masculinos, y la edad de dos de ellos (15-19 años), siendo los otros adultos (>20 años). Los análisis colorimétrico y espectroscópico muestran gran variabilidad, e indican que los huesos de mayor luminosidad presentan una mayor temperatura de cremación con bajas proporciones de colágeno y carbonato, así como un alto índice de cristalinidad. Esto quiere decir que se alcanzaron temperaturas altas, pero la calcinación fue parcial, sugiriendo una cremación menos elaborada y homogénea que en otros yacimientos de la Edad del Hierro.

Palabras clave: Cremaciones, Edad del Hierro, FTIR-ATR, Colorimetría, Antropología Biológica.

Resumo: Preséntase o estudo de dez cremacións da Necrópole Ibérica de Alarcos III, descuberta en 2019 entre os concellos de Poblete e Ciudad Real, e escavada a partir de 2021. O obxectivo é afondar no coñecemento da cultura ibérica na área manchega, principalmente a través da caracterización do ritual funerario levado a cabo neste territorio a finais da Idade do Ferro. O traballo comprende a escavación de parte do material *in situ*, o estudo antropolóxico, incluíndo a clasificación en segmentos anatómicos e estimando o sexo e idade dos individuos, e tamén a análise colorimétrica e de catro índices de espectroscopía FTIR, coa finalidade de estudar a relación entre os cambios cromáticos e na estrutura química do óso, así como inferir a temperatura. O estudo antropolóxico permitiu identificar o sexo de 4 individuos femininos e 2 masculinos, e a idade de dous deles (15-19 anos), sendo os outros adultos. As análises

colorimétrica e espectroscópica mostran unha grande variabilidade, e indican que os ósos de maior luminosidade presentan unha maior temperatura de cremación con baixas proporcións de coláxeno e carbonato, así como un alto índice de cristalinidade. Isto quere dicir que se acadaron temperaturas altas, pero a calcinación foi parcial, suxerindo unha cremación menos elaborada e homoxénea que noutros xacementos da Idade do Ferro.

Palabras clave: Cremacións, Idade do Ferro, FTIR-ATR, Colorimetría, Antropoloxía Biolóxica.

Abstract: Ten cremations from the Iberian Necropolis of Alarcos III were studied. Alarcos III necropolis was discovered in 2019 between the municipalities of Poblete and Ciudad Real, being excavated from 2021. Our aim is to deepen the knowledge of Iberian culture in the La Mancha area (central Spain), mainly through the characterization of the funerary ritual at the end of the Iron Age. The work includes the excavation of several cremations *in situ*, the anthropological study, including the classification into anatomical segments and estimation of sex and age of the individuals, and also the colorimetric analysis and four FTIR spectroscopic indices to study the relationship between chromatic changes and the chemical structure of the bone, as well as inferring the temperature. The anthropological study has allowed the sex estimation of 4 female and 2 male individuals and approaching the age of two of them (15–19 years old), being the others adults (>20 years old). The colorimetric and spectroscopic analyses show great variability. The bones with higher luminosity being subject of a higher cremation temperature, displaying low amounts of collagen and carbonate, as well as a high crystallinity index. This means that high temperatures were reached, but calcination was partial, suggesting a less elaborate and homogeneous cremation than in other Iron Age sites.

Key words: Cremations, Iron Age, FTIR-ATR, Colorimetry, Biological Anthropology.

1- Introducción:

Los restos óseos cremados constituyen una importante fuente de información para el conocimiento de las sociedades del pasado, tanto a nivel de las características de vida de la persona cremada, como para conocer mejor la ritualidad funeraria. A pesar de que numerosas culturas han empleado el rito funerario de la cremación a lo largo de la historia, en Arqueología su estudio es menos habitual que las inhumaciones, posiblemente en relación con la mayor dificultad que suelen conllevar (Thompson, 2015). No obstante, esta situación está en reversión, habiendo en la actualidad numerosas iniciativas para su reconsideración. A través del estudio de restos óseos cremados se puede conocer la distribución por sexo y por edades de una determinada población, y aproximarnos a su paleodemografía, características físicas y su estado de salud o enfermedad. Además, se puede conocer mejor el ritual funerario, así como aspectos sociales y económicos de la misma (Gómez Bellard, 1996). En la excavación y posterior estudio de laboratorio se recurre tanto al estudio macroscópico de los restos óseos como a técnicas arqueométricas.

En lo que respecta a los estudios sobre cremaciones en España el número de trabajos es relativamente bajo, y faltan especialistas en su estudio. A pesar de esto, desde los años 1990 del pasado siglo XX, se está experimentando un cambio dentro de este campo de estudio, desarrollándose investigaciones que tratan de dar respuesta a interrogantes como la edad, sexo y patologías de los individuos cremados, así como de unificar criterios y metodologías para los estudios (Santonja Alonso, 1993) (Cortêsão Silva, 2015; Mougá Almeida et al., 2025). A finales del siglo pasado el estado de la investigación en España no difería en demasía del resto de países europeos, siendo la preocupación principal de las investigaciones más tradicionales la descripción de ajuares y el establecimiento de cronologías, mientras que solo algunas persiguen la pretensión de reconstruir las sociedades del pasado a través del estudio antropológico de sus restos funerarios (Reverte Coma, 1999). En el siglo XXI, los países nórdicos han avanzado enormemente en estos estudios, al ser el ritual funerario preferente de importantes sociedades como la vikinga (Kjellström et al., 2024). Paralelo a ello, desde el campo de la antropología forense en la

Península Ibérica se ha avanzado en metodologías y experimentación, obteniéndose datos útiles para ser aplicados en las cremaciones del pasado (Mamede et al., 2018) (Gonçalves, et al., 2015).

1.1-El ritual de la cremación en la Prehistoria Peninsular:

La práctica de la cremación está presente en la Península Ibérica desde el Neolítico, aunque esta no entronca directamente con la que se desarrollará en la Edad del Hierro, que comienza a documentarse en el noreste peninsular en torno a los siglos X-IX a.C. El origen del rito funerario de la cremación que se practicó en la península durante la Edad del Hierro es un tema sujeto a debate, aunque la evidencia arqueológica sugiere que su foco distribuidor pudo ser doble: por un lado, en Lausitz (Polonia) y por otro en el Danubio medio, en los Balcanes. El foco centroeuropeo se expandió hacia la Europa occidental, mientras que el foco balcánico hizo lo propio hacia Oriente. Paralelamente se ha documentado un foco insular, independiente, en las Islas Británicas desde el Bronce Antiguo, y que en el Bronce Final acabará por extenderse hacia la Bretaña. (Coles & Harding, 2015; Pellicer Catalán, 2008).

El origen de la teoría indoeuropea sobre el origen de las cremaciones peninsulares puede rastrearse hasta los trabajos de Pedro Bosch Gimpera en el Bajo Aragón. Este autor, de formación alemana, introdujo las ideas germanas sobre las invasiones indoeuropeas de las culturas de túmulos y campos de urnas, tesis continuadas, aunque con variaciones en las cronologías propuestas, por autores como Almagro Basch o Martínez Santa-Olalla. (Pellicer Catalán, 2008). Dada la evidencia arqueológica, y comparando la distribución de las cremaciones con los ajuares, Pellicer Catalán (2008) ha propuesto la existencia de tres “corrientes incineradoras”: En primer lugar, la de la cultura de los campos de urnas, que afectaría al noreste peninsular alcanzando el norte del actual Castellón en el siglo VII a.C. A continuación, la corriente proveniente del Mediterráneo Oriental, que la recibe a su vez del centro balcánico mencionado anteriormente. La influencia de esta corriente se documenta desde el siglo IX a.C, coetánea, por lo tanto, a la anterior, y afectó a las áreas suroriental y meridional peninsulares a través de los contactos precoloniales fenicios en

su etapa inicial, y propiamente coloniales posteriormente. Finalmente, una corriente atlántica procedente de las Islas Británicas y el occidente francés, que se extendió al oeste peninsular, intensificándose con el apogeo del intercambio de metales entre el Atlántico y el Mediterráneo Central en los siglos XI-IX a.C y llegando a afectar al Algarve y el bajo Guadalquivir.

La adopción de este rito funerario durante la Prehistoria de la Península Ibérica fue paulatina, conviviendo con la inhumación hasta su generalización. Dicha aceptación lleva a que la práctica de la cremación esté presente en diferentes culturas peninsulares durante la Segunda Edad del Hierro, siendo el objeto de estudio del presente trabajo el caso oretano de la Necrópolis Ibérica de Alarcos III. Tras la conquista romana, y un breve periodo de convivencia según demuestran las necrópolis de Emporion, La Calerilla y Valentia, esta práctica funeraria acabó siendo sustituida por la inhumación. (Mata Parreño, 1993).

1.2-La cremación en la cultura ibérica:

La cultura ibérica se desarrolló en el área mediterránea de la Península Ibérica, aunque presenta grandes variaciones territoriales, pues con el término “iberos” los autores griegos designaron pueblos diferentes entre sí, basándose en realidades geográficas y no en realidades étnicas. En lo cronológico, esta cultura arqueológica abarca el abanico temporal entre el siglo VII y la romanización. Las etapas en las que podemos dividir esta cultura son las siguientes: el Preibérico o período orientalizante (siglo VII a.C), Ibérico Antiguo (siglo VI a.C), Pleno (500-200 a.C) y Final o Tardío, que comienza en el 200 a.C, sin consenso sobre su final, aunque se suele indicar al siglo I a.C, con la romanización (Collado Hinarejos, 2014). Autores como Ruiz y Molinos no consideran el inicio de la cultura ibérica hasta el siglo VI a.C, y han propuesto, basándose en las producciones cerámicas, seis etapas diferenciadas que abarcan desde el siglo VI a.C hasta el II d.C, donde la presencia de producciones áticas de figuras rojas marca el auge de esta cultura en los siglos VI-III a.C, Posteriormente pasaron a la imitación de producciones romanas

y en los siglos II-III d.C se produjo la final desaparición de los estilos diversificados (Ruiz & Molinos, 1993).

Para el ámbito funerario íbero, que aquí nos ocupa, el rito de la cremación se cree que no era igualitario, pues parece que la inclusión en las necrópolis estaba destinado únicamente a la élite social. Esta idea se ve reforzada por la gran disparidad observada entre la población de los *oppida* y el número de tumbas en sus necrópolis. Esto ha llevado a los investigadores a afirmar que nos encontramos ante un tratamiento honorífico y que los cuerpos del resto de la población fueron arrojados al agua o abandonados (Fontán Barreiro, 2021). En esta sociedad, los perinatales e infantiles se inhumaban frecuentemente en pavimentos de casas o edificios públicos (ver por ejemplo (Sandoval-Ávila et al., 2024), con la excepción de los recintos necrolátricos infantiles de La Escudilla, Los Cabañiles o Zucaina, en el Ibérico Antiguo (Gusi i Jener, 1994).

Al no existir fuentes escritas sobre la cremación íbera Hinarejos (2014) ha realizado una propuesta por comparación a otros pueblos mediterráneos, siguiendo fuentes clásicas. El rito pudo comenzar con la reunión de los allegados de la persona fallecida, así como el personal en relación de dependencia clientelar, a lo que seguía la exposición del cadáver y la preparación de la pira, un proceso en el que la obtención de leña estaría condicionada por el estatus. A continuación, sigue la cremación en el *ustrinum* y el traslado de los restos a la necrópolis, posiblemente en procesión, en la que cabe la posibilidad de que la música o figuras como las plañideras estuviesen presentes. Tras esto se celebraba un banquete funerario o *silicernium*, donde parte del mismo acabaría dentro de la tumba y en la hoguera. Algunos autores (Thompson et al., 2016) han señalado también que el rito de la cremación no es un acto privado. La propia materialidad de la pira, así como el humo y olores que se desprenden durante la cremación de un cadáver, podían ser vistos y percibidos, incluso de forma involuntaria, por buena parte de los miembros de la comunidad. Además, el transporte del cuerpo al *ustrinum*, y posteriormente los restos cremados a la tumba, se trata de un acto igualmente público, o al menos no completamente privado y oculto al resto de miembros de la comunidad.

Respecto a las tipologías de las tumbas, estas evolucionan hacia una menor ostentación y mayor importancia del armamento en el ajuar, signo de la evolución desde la jefatura a la

primacía de las aristocracias locales (Fontán Barreiro, 2021). Las más numerosas a la vez que sencillas son las tumbas en hoyo, presentes en las periferias de las necrópolis. También destacan las estructuras tumulares, más comunes en el área del sudeste peninsular, la Alta Andalucía, la meseta y valle del Ebro, y sin decoración escultórica excepto aquellas consideradas “principescas”. Se han documentado tumbas de cámara en la Andalucía oriental, que pueden ser subterráneas o no. Otras consistentes en fosas cuadrangulares o rectangulares revestidas de adobe, madera o mampostería y cubiertas con troncos o losas, turriformes como el de Pozo Moro y, finalmente, cenotafios sin restos humanos. (Collado Hinarejos, 2014; Fontán Barreiro, 2021)

En lo tocante a las urnas funerarias destacan las producciones locales, aunque se documentan importaciones griegas áticas para las tumbas consideradas de tipo principesco. En los siglos IV y V a.C destaca la popularidad de las urnas de orejetas, sobre todo en el sudeste y la Alta Andalucía, mientras que en la Bastetania son características las urnas de piedra con forma de caja, existiendo también recipientes escultóricos como las conocidas Dama de Baza y Dama de Elche, en tumbas de cámara o hipogeos (Moratalla Jávega, 2021; Ruiz & Molinos, 1993). Se documenta la existencia de enterramientos sin urna, sobre las que algunos autores proponen la existencia de telas que habrían envuelto los restos óseos y que no han llegado hasta nuestros días (Desplanques & Cutillas-Victoria, 2025). Además de la cerámica en los ajuares destaca la presencia de elementos metálicos en forma de ornamentos o de armas, estas últimas más frecuentes a partir del siglo IV a.C. También entre los cambios observados en los ajuares en el siglo IV a.C es importante la inclusión de elementos relacionados con la profesión del difunto, su estatus social y su capacidad económica. (Collado Hinarejos, 2014)

En el ámbito geográfico en el que se centrará el presente trabajo, la Oretania septentrional, la proliferación de estudios sobre necrópolis es relativamente reciente comparada con los realizados para otras áreas peninsulares. A pesar de esto, en la actualidad, el estudio continuo de yacimientos íberos como Cerro de las Cabezas (Valdepeñas) y La Bienvenida (Almodóvar del Campo), o de otras cronologías, pero con ocupación íbera como Motilla de las Cañas (Daimiel) o Calatrava la Vieja (Carrión de Calatrava), suponen un

importante avance. En este contexto se insertan los trabajos arqueológicos en el cerro de Alarcos dirigidos por la profesora García Huerta (García Huerta et al., 2018).

1.3- El yacimiento arqueológico de Alarcos:

El complejo arqueológico de Alarcos se sitúa en el cerro del mismo nombre, entre los ayuntamientos de Poblete y Ciudad Real, en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. Dicho cerro, a 685 metros de altitud sobre el nivel del mar, ocupa una superficie de 33 hectáreas de las cuales entre unas 22 a 24 se cree que corresponden al *oppidum* identificado como la antigua ciudad de Lacurris (Miguel-Naranjo et al., 2023). El promontorio se eleva unos 110 metros sobre el río Guadiana, que discurre a sus pies. En sus proximidades, antes de desembocar en el Guadiana, se encuentra el río Jabalón, un importante eje de comunicaciones en la prehistoria y protohistoria de la meseta meridional. Del mismo modo que en el resto de Oretania otros afluentes como el Jándula, Guadalimar y Jandulilla, actúan como un gran centro de distribución hacia Sierra Morena y hacia las llanuras de Granada en dirección a las sierras de Mágina, Baza y el Segura (Fontán Barreiro, 2021). Por ello, la privilegiada localización de Alarcos le permite el control de los pasos naturales desde los Montes de Toledo hacia Sierra Morena y la Alta Andalucía, siendo estas áreas ricas en metales, constituyéndose como uno de los centros poblacionales más importantes de la Oretania (Claros Bastante & Segovia Fernández, 2022).

La primera ocupación del cerro de Alarcos data de finales de la Edad del Bronce. De este periodo el número de restos arqueológicos es menor debido a que las fosas de cimentación excavadas para la construcción de edificios en época íbera afectaron a la conservación de estos niveles más antiguos. La ocupación de la Edad del Bronce data, en Alarcos, de inicios del I milenio a.C. (García Huerta et al., 2020). Algunos autores (Zarzalejos Prieto & López Precioso, 2005) incluyen este poblamiento entre el Bronce Final y la Primera Edad del Hierro en una etapa “orientalizante” de relación con el mundo tartésico, del que Alarcos y otros yacimientos de la región, como La Bienvenida, actuaron como periferia. La influencia tartésica en forma tanto de tipos cerámicos y arquitectónicos como

ideológicos, de acuerdo con estos autores, explica los cambios sociales y políticos que motivan el florecimiento de la cultura ibérica en el ámbito de la Oretania norte. Además, se vincula al emplazamiento de Alarcos, Cerro de las Cabezas o Villanueva de la Fuente, controlando rutas comerciales desde este territorio de periferia hacia el centro tartésico.

El principal vestigio que permite corroborar la ocupación de Alarcos en la Edad del Bronce es la cerámica, documentándose la presencia de fragmentos con decoración incisa, de pastas negras o rojizas, con desgrasante medio y fino y, en ocasiones, con superficies bruñidas. También están presentes las cerámicas impresas, en las que se han hallado digitaciones ovaladas y unguilaciones en los bordes, así como impresiones realizadas con punzón en la superficie exterior de las piezas. La cerámica de Boquique, cuyo origen está vinculado a la cultura de Cogotas I, también se encuentra en el yacimiento. Otras producciones son las cerámicas de retícula bruñida, a la almagra, pintadas, tipo Carambolo, monocromas rojas, grafitadas, con incrustaciones de bronce y también cerámicas a mano sin decoración. (García Huerta & Rodríguez, 2000)

Del mismo modo, en los trabajos arqueológicos llevados a cabo a principio de los 2000 se han localizado, para estas cronologías, cuatro hogares, un poste de cabaña y dos viviendas, y también se han documentado los restos cerámicos anteriormente descritos. Respecto a las estructuras de habitación, una de ellas se trata de una cabaña de pequeñas dimensiones, por lo que se ha propuesto la posibilidad de que sea una edificación anexa a otras estructuras; y la otra se trata de una habitación de planta rectangular, en cuyo interior se han documentado numerosos restos cerámicos y carbones de madera de matorrales y encinas, uno de ellos datados por radiocarbono en 680-600 cal. a.C (García Huerta & Morales Hervás, 2017)

En época ibérica, en la que se centra el presente trabajo, se ha documentado la existencia de una estructura de grandes muros relacionada con el almacenamiento y tratamiento de diferentes tipos de cereales, incluyendo dos hornos de pan con cronologías de uso sucesivas, recipientes de almacenamiento y molinos de diversa índole. La potencia de los muros, así como sus dimensiones, sugieren que el edificio contaba con un alzado, y una superficie mínima de unos 400 metros cuadrados. La existencia de cerámica ibérica y, en menor medida, griega en las inmediaciones de la edificación permiten datar el uso del

primer horno en el Ibérico Pleno. La importancia de este edificio radica en que permite estimar la población de Lacurris entre 3000 y 3500 habitantes teniendo en cuenta el número de individuos que podría sustentar el grano en él almacenado. (García Huerta et al., 2020)

También adscrito a la ocupación ibérica del *oppidum*, se ha documentado la existencia de un santuario erigido sobre una plataforma de piedra a la que se accede a través de una escalinata. Las dependencias de esta estructura se encuentran a ambos lados de una calle pavimentada con losas de caliza (Fernández Rodríguez & de Juan García, 2017). Alrededor de la plataforma y sobre ella se han registrado numerosos exvotos de bronce, así como abundantes restos faunísticos y de cerámica ibérica decorada con motivos geométricos pintados o impresos. La proximidad del santuario a la estructura destinada al almacenamiento y redistribución de materias primas se pone en relación con la “ruta de los santuarios” propuesta por Maluquer como vía de comunicación entre el litoral alicantino y el área extremeña, en que los santuarios actuarían como centros de control económicos (García Huerta et al., 2020).

Por su parte las viviendas documentadas suelen mantener una orientación este-oeste, planta rectangular y dimensiones que oscilan entre los 12 y los 20 metros cuadrados. Estas estructuras habitacionales cuentan, por lo general, con zócalo de mampostería cercano al metro de altura, mientras que el resto de las paredes estaban conformadas por tapiales y la techumbre por traviesas de madera y ramaje, posiblemente de encina y sauce como atestigua el estudio de los restos quemados de uno de ellos, sellados con barro (García Huerta et al., 2020).

Posteriormente a la fase íbera, Alarcos cuenta con ocupación medieval. En época islámica el cerro estaba ocupado por una pequeña fortificación de tapial dependiente del núcleo de Calatrava. En el siglo XIII, entre la toma de Toledo por Alfonso VI y la batalla de las Navas de Tolosa de 1212, Alarcos fue una importante zona de frontera, cayendo bajo dominio cristiano en 1147 durante el reinado de Alfonso VII. La Batalla de Alarcos de 1195, cuando el castillo proyectado durante el reinado de Alfonso VIII aún estaba en construcción, acarrea la victoria almohade sobre el ejército castellano, y deja valiosísimas evidencias en el registro arqueológico para el estudio de la guerra y los ejércitos en la

Edad Media. Alfonso VIII retoma Alarcos pocos días antes de la Batalla de las Navas de Tolosa, comenzando su decadencia, lejos ya de ser territorio de frontera: el proyecto por crear aquí una ciudad fracasa, trasladándose este esfuerzo a la actual Ciudad Real, fundada por Alfonso X en 1255. (Hervás Herrera et al., 2005)

La necrópolis III de Alarcos fue descubierta en el año 2019 durante el seguimiento arqueológico de la instalación de un sistema de riego para la plantación de pistachos en el término municipal de Poblete, en las inmediaciones del parque arqueológico de Alarcos. Con todo, las campañas de excavación más intensas no tuvieron lugar hasta el verano de 2021 de la mano de la empresa de arqueología Baraka Arqueólogos, cuando se procede a definir un área de trabajo dividida en calles para una mejor estructuración metodológica. Es en este momento cuando se verificó la presencia de una necrópolis con una cronología de uso que abarca desde el siglo IV al I a.C. Su posterior estudio se realiza a través del proyecto de investigación «Excavaciones arqueológicas en el Parque Arqueológico de Alarcos: Necrópolis ibérica III y cementerio almohade» (SBPLY/22/18081/000005), financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha cuya investigadora principal es la Dra. M.^a del Rosario García Huerta de la Universidad de Castilla-La Mancha, que se desarrolla de forma continua desde la campaña de excavación de 2022 (Miguel-Naranjo et al., 2023). En la actualidad los materiales de esta necrópolis están bajo estudio y se espera que en los próximos años se publiquen varios trabajos a los que se unirá el presente estudio.

2- Materiales y Métodos:

2.1- Recepción y limpieza del material:

En el presente trabajo se estudian un total de diez cremaciones procedentes de la Necrópolis Ibérica de Alarcos III. Dado el reciente hallazgo de la necrópolis no se cuenta todavía con dataciones radiométricas, aunque los materiales estudiados hasta el momento permiten datar su uso entre los siglos IV y I a.C, no descartando los investigadores del yacimiento una fase más antigua (Miguel-Naranjo et al., 2025). El autor de este TFG se

desplazó al yacimiento para participar en la campaña de excavación de 2024 y comprender mejor la dinámica de la necrópolis, así como ayudar a la selección de los materiales para su estudio.

Tras su recepción en los laboratorios del Grupo de Investigación EcoPast, en el que se desarrollan los trabajos con materiales arqueológicos comprendidos en el presente TFG, se procedió a la limpieza de los restos óseos en dos fases. En primer lugar, se eliminó la tierra mediante limpieza con un cepillo y agua ultrapura tipo I. En la segunda fase se lavaron todos los fragmentos en un baño de ultrasonidos, sumergidos igualmente en agua ultrapura tipo I, para eliminar cualquier impureza que pueda interferir en futuros análisis o afectar a la conservación del material osteoarqueológico. La limpieza con ultrasonidos se realiza a través de 5 ciclos de 5 minutos cada uno para cada grupo de huesos. A continuación, se extendieron y se dejaron secar a temperatura ambiente. Con el fin de homogeneizar nomenclaturas entre los individuos estudiados y los ya presentes en el laboratorio en el que se desarrolla este trabajo, se establecieron las siglas para cada cremación expuestas en el Anexo I.

2.2- Descripción de las tumbas y ajuares:

En lo referente a los ajuares, la tumba ALC18 se trata de una tumba en hoyo realizada directamente sobre la tierra en cuyo interior se depositó, como contenedor de los restos cremados, una cratera de campana ática del siglo IV a.C adscrita al taller de Retorted Painter y con representación de temas dionisiacos y la figura de Ariadna. Se ha podido situar cronológicamente la cratera que actúa como urna en esta tumba entre el 380-350 a.C. Dentro y fuera del recipiente se depositan elementos metálicos, entre los que se ha identificado una pequeña placa de plata, una punta de lanza y una falcata con los restos de su funda. Coronando el conjunto se documenta un depósito de 18 cráneos inhumados junto con otros huesos largos, pertenecientes tanto a individuos masculinos como femeninos, aunque todavía no se han completado los estudios sobre su sexo, edad, posible parentesco y dataciones que permitirán una mejor interpretación. (Miguel-Naranjo et al., 2024)

Los datos sobre los ajuares del resto de tumbas estudiadas han sido facilitados por la profesora del departamento de Prehistoria de la UCLM, e investigadora principal del proyecto de la Necrópolis Ibérica III de Alarcos, María Del Rosario García Huerta (García Huerta, 2025).

La tumba ALC19 es una tumba de fosa, con piedras en el fondo usadas para calzar una urna tipo *kalathos* de pasta naranja con decoración de dos bandas pintadas en color rojo. La urna cuenta con plato-tapadera y pequeño vaso de ofrendas, ambos de color naranja y sin engobe, fragmentos de un plato sobre el vaso, olla de cocina de pasta grisácea, umbo de una base cóncava, fragmento de otro vasito a torno de pasta naranja, fusayola bitroncocónica negra, fíbula de bronce romana y gotas de pasta vítrea. La tumba ALC20 presenta un hoyo de gran tamaño en el que se depositó una urna tipo crátera hecha a torno, con pasta naranja, decoración y asas poligeminadas. Sobre la urna se documenta un ungüentario, también a torno y de pastas naranjas, los restos de dos platos, el fondo umbilicado de un recipiente y la base de otro.

En lo que respecta a ALC21, nos encontramos ante una tumba tumular realizada en mampostería, en la que se documenta un borde de plato, un fragmento de borde zoomorfo, y de otro moldurado y exvasado, junto con fragmentos de un tarro de pasta gris. Los restos óseos se encuentran en el suroeste del túmulo y no se han excavado por completo. ALC22 es una tumba de hoyo, con urna a torno, de forma cilíndrica y pasta naranja. En esta tumba se encuentra una espada de hierro tipo La Tène, una punta de lanza, un fragmento de una vaina de hierro, resorte de una fíbula y fragmentos de una placa de bronce doblada. La tumba ALC23 se trata de otra tumba en hoyo, con urna a torno de forma globular y plato-tapadera de engobe rojo y borde saliente. En su interior se documenta una fíbula de bronce tipo La Tène I.

La tumba ALC24 se describe como una tumba de hoyo con urna a torno. Presenta un cuenco a modo de tapadera y una fíbula de bronce tipo la Tène I. La tumba ALC25 es una fosa de forma ovalada, modificada por otra fosa. Se documenta en su interior fragmentos de un ungüentario de pasta vítrea azul y amarilla, fragmentos de cerámica griega, fragmento de un pie indicado, fragmentos cerámicos de pared, fusayola bitroncocónica, 4 astrágalos de ovicáprido, una ficha circular y fragmentos de borde. ALC26 es una fosa

en la que se documentan restos óseos cremados, 5 astrágalos, un regatón y una punta de lanza. Finalmente, ALC27 presenta una tumba de hoyo delimitada por piedras, con una lámina de bronce doblada, un fragmento de borde de plato con decoración pintada y dos conjuntos fundidos: el primero de ellos compuesto por una punta de lanza, un regatón de hierro y dos piezas posiblemente pertenecientes a una espada; mientras que el segundo está conformado por un bocado de caballo de hierro, un regatón de hierro, una placa de bronce y un pendiente de oro tipo arete.

2.3- Estudio antropológico:

A continuación, se procedió al estudio antropológico de los restos osteoarqueológicos. En la estimación de sexo y edad se emplearon los estándares internacionales (Brickley & McKinley, 2004; Brothwell, 1981; Buikstra & Ubelaker, 1994) y nacionales (Campillo & Subirà, 2010; Reverte Coma, 1999). A través del estudio antropológico de los restos óseos también se intentó estimar el sexo y la edad de los individuos. Para ello se prestó especial atención a la identificación de fragmentos óseos como los bordes orbitarios, la mandíbula, los cóndilos del maxilar inferior, el diámetro de las epífisis de los huesos largos o la protuberancia occipital del cráneo, que suelen ser útiles para la estimación del sexo. Para estimar la edad de los individuos se prestó atención a la fusión de las epífisis de los huesos largos, entre otros (Reverte Coma, 1999). En los casos que la fragmentación del hueso lo permitió aplicamos las fórmulas para estimación del sexo de Alemán Aguilera (1997) Las patologías fueron identificadas mediante los estándares nacionales (Isidro Llorens & Malgosa Morera, 2003). La estimación del número mínimo de individuos se realizó en base a la repetición de la misma pieza y disparidad en tamaño y estructura de los huesos.

Siguiendo a Reverte Coma (1999), se trabajó con la masa de las cremaciones (peso en gramos). Se pesa en primer lugar el total de las cremaciones individualmente y una vez se conoce el peso total de cada cremación se procedió a la clasificación de los fragmentos óseos en seis categorías o segmentos anatómicos: “Cráneo”, “Huesos Largos”, “Huesos Cortos y Planos”, “Esqueleto Costovertebral”, “Dientes” y “No Identificado”. Tras dicha

clasificación se pesó cada una de las partes identificadas y realizaron los porcentajes. Siguiendo esta metodología se puede aproximar a conocer la representación de cada región anatómica sobre el total de los huesos recogidos, y quizás la posición del cuerpo en la pira crematoria según los tipos de hueso mejor conservado. Finalmente se midió con un calibre pie de rey el tamaño de los fragmentos en cada segmento anatómico, tomando nota del fragmento mayor en cada cremación.

2.4- Estudio del color y toma de muestras:

Tras contar con todas las cremaciones completamente limpias se observó la pluralidad de colores presentes en las mismas, así como sus variaciones entre individuos y dentro de una misma cremación. El color del hueso cremado está estrechamente relacionado con la temperatura de cremación, siendo el hueso sin cremar de color ocre o crema, que se torna negro a medida que se aproxima a los 400°C y sus componentes orgánicos se carbonizan, para continuar transformándose hacia tonos grises, y finalmente blancos a medida que se calcinan, desaparecen los compuestos orgánicos del hueso y cristalizan los minerales óseos, superando los 600°C de temperatura (Campillo & Subirà, 2010). Algunos autores han propuesto la posibilidad de que, aunque la progresión de colores sea siempre la misma, los huesos de diferentes especies animales, o incluso de diferentes individuos, necesitan temperaturas diferentes para dar lugar estos mismos cambios visuales (Ellingham et al., 2015). Del mismo modo, el factor tiempo de quemado es también relevante, influyendo el tiempo de exposición al fuego en los cambios estructurales que dan lugar a estos cambios de color.

Observadas las diferencias cromáticas se procedió a tomar una muestra de diferentes colores dentro de cada cremación, siguiendo la metodología propuesta por Stiner et al (1995). Dicho estudio sistematiza las variaciones de color en el hueso cremado, estableciendo una escala del 0 al 6 que se corresponde con los diferentes colores, siendo 0 el hueso no quemado y el 6 el que alcanza más temperatura. Stiner y colaboradores (1995) proponen el nivel 0 para el hueso de color crema sin tratamiento de fuego, el nivel 1 para los ligeramente quemados con menos de la mitad de su superficie carbonizada y el

nivel 2 para aquel que cuenta con más de la mitad carbonizada. El nivel 3 se trata de un estadio intermedio en el proceso de cremación, constituido por huesos completamente carbonizados, con un característico color negro en toda su superficie. A partir de este nivel el color del hueso se transforma hacia el blanco: el nivel 4 cuenta con menos me la mitad de la superficie calcinada y blanca, el nivel 5 cuenta con más superficie blanca que negra y finalmente el nivel 6 comprende los fragmentos de hueso completamente calcinados. Se establecen tres estados cromáticos bien diferenciados en el hueso cremado: marrón crema (intacto), negro (carbonizado) y blanco (calcinado), con sus respectivos niveles intermedios.

Para el presente trabajo se han seleccionado *de visu* cuatro muestras para cada cremación siempre que existiese disponibilidad de las mismas: una los grados 0-2 de la escala, una del grado 3, una de los grados 4-5 y otra del grado 6, esto es: marrón, negro, gris y blanco respectivamente. A la hora de nombrar las muestras se han mantenido los códigos anteriormente mencionados añadiéndoles el número de muestra de modo que, tomando el ejemplo de ALC18, la muestra ALC18.1 se corresponde con el color blanco, ALC18.4 se corresponde con el gris, ALC18.2 con el negro, y ALC18.3 con el marrón.

El color visual de los huesos, al igual que cualquier tipo de color, es subjetivo (Rubio et al., 2020) y varía entre diferentes observadores según factores fisiológicos, psicológicos e incluso culturales (Burambekova & Shamoii, 2024). Para reducir este componente subjetivo se introducen los fragmentos de hueso seleccionados en un colorímetro, que mide su color según los criterios CIELAB (International Commission on Illumination-LAB). El color CIELAB o CIE $L^*a^*b^*$ establece tres parámetros de medición: la escala L mide la luminosidad del 0 (negro) al 100 (blanco). La a^* se trata de la escala de rojo, cuando es positiva, a verde, cuando es negativa. Y finalmente la escala b^* mide la tendencia al amarillo si es positiva o al azul cuando es negativa. Por lo general las escalas a^* y b^* se acercan a 0 cuando se miden colores neutros (blancos y grises), y aumentan a medida que los colores son más intensos (Rubio et al., 2020). Estos parámetros son fácilmente replicables, existiendo incluso herramientas online gratuitas que permiten visualizar los códigos de color y convertirlos a color RGB.

2.5- Estudio espectroscópico FTIR-ATR:

Tras el análisis colorimétrico de las muestras de hueso cremado se procedió a su análisis espectroscópico. Para ello se extrajo un pequeño fragmento de las mismas muestras seleccionadas y se molió en un mortero de ágata, un material duro que no desprende residuos que puedan contaminar la muestra. El hueso molido se introdujo en tubos eppendorf debidamente rotulados y se midió por espectroscopía FTIR.

La Espectroscopía de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) estudia la vibración de los enlaces moleculares al aplicarle radiación infrarroja. Los enlaces de cada componente químico responden de forma diferente a esta radiación, generando como resultado un espectro que presenta picos en determinadas longitudes de onda, lo que permite identificar los compuestos presentes en la muestra de hueso introducida. (Figueirido et al., 2012). Conociendo los cambios químicos y cromáticos que tienen lugar en el hueso humano a diferentes temperaturas, se puede estimar la temperatura a la que el hueso muestreado fue sometido durante la cremación, y los cambios que tienen lugar en su estructura durante este proceso (Rubio et al., 2020).

Tras contar con los resultados de la espectroscopía FTIR, visualizando el espectro de componentes químicos presentes en cada muestra, se procedió al cálculo de cuatro índices relevantes a la hora de estudiar los efectos del fuego sobre el hueso. El abordaje a partir de índices permite analizar la relación entre componentes concretos que se transforman al aplicar altas temperaturas al hueso, permitiendo la estimación de la temperatura de cremación, así como la comparación entre las diferentes muestras. En primer lugar, el índice de colágeno/fosfato se calcula dividiendo el pico de colágeno en 1650cm^{-1} entre el pico de fosfato alrededor de 1035cm^{-1} (Thompson et al., 2013). Un índice alto revela una cantidad mayor de colágeno respecto al fosfato. Estudios experimentales sobre huesos de cerdo indican que a la temperatura de 50°C el índice se encuentra en 0,1707 mientras que a los 900°C se sitúa en 0,00024 (Izard Arechabala, 2022)

El índice de carbonato/fosfato se calcula dividiendo el pico de carbonato alrededor de 1415cm^{-1} entre el pico de fosfato en 1035cm^{-1} (Díaz-Cortés et al., 2021). La cantidad de carbonatos suele disminuir con la exposición del hueso al proceso de combustión mientras

que los fosfatos se conservan. Estos procesos resultan en que a temperaturas elevadas se reduzca el índice carbonato/fosfato.

El índice carbonato/carbonato se calcula dividiendo el pico de carbonato en 1455cm⁻¹ entre otro pico de carbonato en 1415cm⁻¹ (Thompson et al., 2009). El primer pico se trata de la sustitución de carbonato “tipo A” en la molécula de apatita del hueso, esto es, su porción inorgánica; mientras que el segundo se trata de la sustitución de carbonato “tipo B”. Por lo tanto, este índice se emplea para medir la relación entre estos dos tipos de carbonato en la fase mineral del hueso. (Izard Arechabala, 2022).

El índice de cristalinidad o “*splitting factor / IRSF*”, se calcula sumando los picos de fosfato a 565 cm⁻¹ y 603 cm⁻¹ y dividiendo el resultado de esta suma entre el punto mínimo entre ellos (Weiner & Bar-Yosef, 1990). El tamaño de los cristales del mineral óseo aumenta con la temperatura, por lo que el índice de cristalización será bajo, de alrededor de 2.5 – 2.9, en hueso fresco, pudiendo ascender hasta cerca de 7.0 en huesos calcinados a alta temperatura (Stiner et al., 1995). Índices superiores a 4.5 indican un hueso completamente calcinado.

Al contar con estos datos se puede establecer una comparación de los resultados del análisis colorimétrico con el espectroscópico, lo que permite comparar las propiedades cromáticas con las propiedades químicas del hueso muestreado. De este modo se puede comprobar con datos objetivos si las variaciones en el color observadas *de visu* conllevan un cambio real en la estructura química del hueso, y por lo tanto permite corroborar si esta observación puede ser empleada como un criterio diagnóstico de la temperatura.

3- Resultados:

3.1- Estudio antropológico:

En lo que respecta al estudio antropológico de los restos óseos se ha conseguido estimar el sexo de 6 de los individuos y la edad de dos de ellos, no siendo posible identificar el sexo ni la edad de ALC21, ALC25 y ALC26, aunque sabemos que son individuos adultos

(>20 años). Estos datos, así como la masa de las cremaciones y el tamaño máximo de los fragmentos en cada tumba se exponen en las tablas 1, 2 y 3 de este apartado. Debido a la agregación de restos humanos y faunísticos en la tumba ALC25, donde los segundos llegan a ser superiores, se le ha excluido de los resultados de los pesos de las cremaciones. En lo tocante al número mínimo de individuos se ha estimado la presencia de un individuo en cada tumba, al no documentarse repeticiones de las mismas piezas óseas ni grandes disparidades en el tamaño y estructura de los huesos.

La tumba ALC18, la única publicada, albergaba a un individuo femenino de entre 40 y 50 años de edad (Miguel-Naranjo et al., 2024). El principal fragmento diagnóstico de la edad y el sexo se trata de un fragmento de coxal derecho relativamente bien conservado, que presenta la anchura característica de la escotadura ciática femenina, y en la superficie auricular de la región sacroilíaca se observan las características descritas por Meindl y Lovejoy para el rango de edad 40-50: una morfología más irregular y la presencia de microporosidad (Campillo & Subirà, 2010), aunque el tamaño del fragmento complica la observación de estas características.

Por su parte, ALC19 se trata de un individuo de entre 15 y 20 años a juzgar por un fragmento de la epífisis distal del fémur todavía sin fusionar por completo. En individuos femeninos esta epífisis suele fusionarse entre los 15 y los 19 años, mientras que en individuos masculinos se atrasa hasta los 17-20 (Campillo & Subirà, 2010). La estimación del sexo del individuo es una labor todavía más compleja por la fragmentación característica de las cremaciones, pues se ha documentado la presencia de un fragmento de coxal cuyas dimensiones no permiten estimar el sexo con certeza. De todos modos, como es común en los individuos preadultos o juveniles, resulta complejo estimar su sexo, pues los caracteres sexuales secundarios que nos lo indican no se encuentran completamente desarrollados.

La tumba ALC20 se corresponde con un sujeto femenino. El principal trazo diagnóstico empleado para este individuo ha sido la medida del perímetro de la V deltoidea del húmero, menor a 50 mm, y que, siguiendo a Alemán Aguilera y colaboradores (1997), correspondería con el de un individuo femenino. Respecto a la edad de este individuo, se observó que los centros secundarios del cuerpo vertebral no estaban fusionados (epífisis

anular) lo que sugiere una edad menor a 17 años y dentro de la categoría juvenil (12-17 años).

Por otra parte, ALC22 se trata de un individuo masculino a juzgar por la robustez de su mandíbula y la prominencia del inion en el hueso occipital. Se ha medido el diámetro vertical de la cabeza de un húmero fragmentado, resultando de 42 mm, y conduciendo a un diagnóstico incierto al acercarse al punto de corte propuesto en la bibliografía consultada (Alemán Aguilera et al., 1997). De todos modos, se estima que las medidas de esta cabeza de húmero serían mayores en caso de no encontrarse fragmentado, por lo que, siguiendo las funciones discriminantes mencionadas anteriormente, estas nos proporcionarían una estimación de masculino. No ha sido posible estimar su edad, aunque las dimensiones de los huesos largos y el hecho de que la epífisis proximal del húmero, en el fragmento mencionado anteriormente, esté fusionada por completo indican que se trata de un adulto (>20 años).

ALC23 se corresponde con un individuo femenino. Esta estimación se basa en la presencia de una mandíbula grácil sin prominencia mentoniana y con rama en ángulo abierto, y la forma más redondeada de las órbitas oculares. Además, tiene una apertura septal o foramen en la fosa olecraniana, un carácter no-métrico más frecuente en sexo femenino. ALC24 se trata de un individuo femenino a juzgar el ángulo de la escotadura ciática del hueso coxal, así como por la forma de las órbitas y el ángulo de la rama mandibular (Campillo & Subirà, 2010) (Minozzi & Canci, 2015). Finalmente, ALC27 se ha identificado como un individuo posiblemente masculino adulto, a juzgar por las características que presentan la práctica totalidad de los huesos largos en esta cremación: son de gran tamaño, robustos y con inserciones musculares más marcadas, destacando el diámetro transversal en la diáfisis medial del fémur, el cual cuenta con una línea áspera muy marcada (Minozzi & Canci, 2015).

En lo que respecta al reconocimiento de patologías se identificó para el individuo ALC22 la presencia de un entesofito en la zona posteroinferior de la tuberosidad del calcáneo. Este tipo de entesoexostosis se pueden clasificar como marcadores de estrés ocupacional, cambios degenerativos en el hueso provocadas por la repetición de actividades habituales u ocupacionales, y que se agravan con la edad. En concreto, la presencia de esta patología

en el calcáneo se ha atribuido preliminarmente al esfuerzo de recorrer distancias largas y correr por terrenos irregulares (Isidro Llorens & Malgosa Morera, 2003), aunque no se descarta su posible vinculación a edad avanzada.

También se ha identificado la presencia de *cribra orbitalia* en la órbita izquierda, la única que se conserva, del individuo ALC19. Esta marca o lesión se caracteriza por la presencia de porosidad en el área mencionada. Tradicionalmente se ha vinculado a anemia de forma prolongada y grave, cuando el tejido hematopoyético, encargado de la creación de sangre, se expande para equilibrar el déficit de hierro en el organismo. En individuos con anemia se produce una expansión del diploe, el tejido óseo esponjoso situado entre los huesos planos del cráneo, que contiene médula roja y, por lo tanto, tejido hematopoyético. La expansión de este tejido conlleva una remodelación irregular de la capa de hueso plano que lo delimita, y que, tras su reabsorción, provoca la porosidad característica de la *cribra orbitalia* (Rinaldo et al., 2019). La anemia que da lugar a estas lesiones puede ser genética, estar relacionada con la alimentación o con diversas enfermedades infecciosas. Sin embargo, existen otras muchas etiologías, todas ellas vinculadas a periodos de estrés nutricional (ver un resumen en Mangas-Carrasco & López-Costas, 2022). Según los criterios expuestos por Natascia Rinaldo y colaboradoras (2019) el individuo ALC19 se encuentra en un estado de cicatrización de nivel 3 sobre 4, pues la mayoría de los orificios son redondeados y cerrados. Por esto el nivel de gravedad de *cribra orbitalia* en este individuo es de 1 sobre 4, al contar con la presencia de pequeños poros dispersos.

En el individuo ALC22 se ha identificado la presencia de huesos supernumerarios, o “huesos wormianos”, en la sutura sagital o lambdoidea del cráneo. Se trata de la parcelación de huesos en las áreas de sutura. Con todo, no nos encontramos ante una patología, si no de la variabilidad normal entre individuos (Campillo & Subirà, 2010).

Tabla 1: Estudio del sexo y la edad de los individuos:

Nº de tumba	Sexo y Edad	Nº de tumba	Sexo y Edad
ALC018	Femenino, 40-50 años	ALC023	Femenino, edad indeterminada (Adulto)
ALC019	Indeterminado, 15-20 años	ALC024	Femenino, edad indeterminada (Adulto)
ALC020	Femenino, 17 años	ALC025	Indeterminado
ALC021	Indeterminado	ALC026	Indeterminado
ALC022	Masculino, adulto	ALC27	Masculino, edad indeterminada (Adulto)

Tabla 2. Estudio del peso por unidades anatómicas:

Nº tumba	Total	Cráneo	H largos	H planos	H cortos	Costover.	Dientes	No ident.
ALC018	940,2g	108 g 12%	408,5 g 43%	34,2 g 3%	5,5 g 1%	32 g 3%	-	351,5 g 37%
ALC019	789,4 g	111,7 g 14%	312,7 g 40%	45,4 g 6%	25,6 g 3%	98,9 g 13%	-	195,2 g 25%
ALC020	511,8 g	28,8 g 6%	277,2 g 54%	28,5 g 6%	11,2 g 2%	16 g 3%	2,8 g 1%	147,3 g 29%
ALC021	301,1 g	75,6 g 25%	140,9 g 47%	14,4 g 5%	2,9 g 1%	12,6 g 4%	0,4 g 0,14%	54,4 g 18%
ALC022	1038 g	186,6 g 18%	447,7 g 43%	38,2 g 4%	29,6 g 3%	89,6 g 9%	-	246,3 g 24%
ALC023	490 g	82,4 g 17%	303,9 g 62%	10 g 2%	0,9 g 0,2%	23,5 g 5%	-	69,4 g 14%
ALC024	107,2 g	176,8 g 25%	342,1 g 48%	43,6 g 6%	3,9 g 1%	41,3 g 6%	2 g 0,28%	107,2 g 15%
ALC026	131,6 g	32,4 g 25%	54,7 g 42%	-	3,1 g 2%	1,1 g 1%	0,7 g 1%	39,5 g 30%
ALC027	276 g	26,8 g 10%	132,7 g 48%	-	4,9 g 2%	12,6 g 5%	1,2 g 0,43%	97,9 g 35%

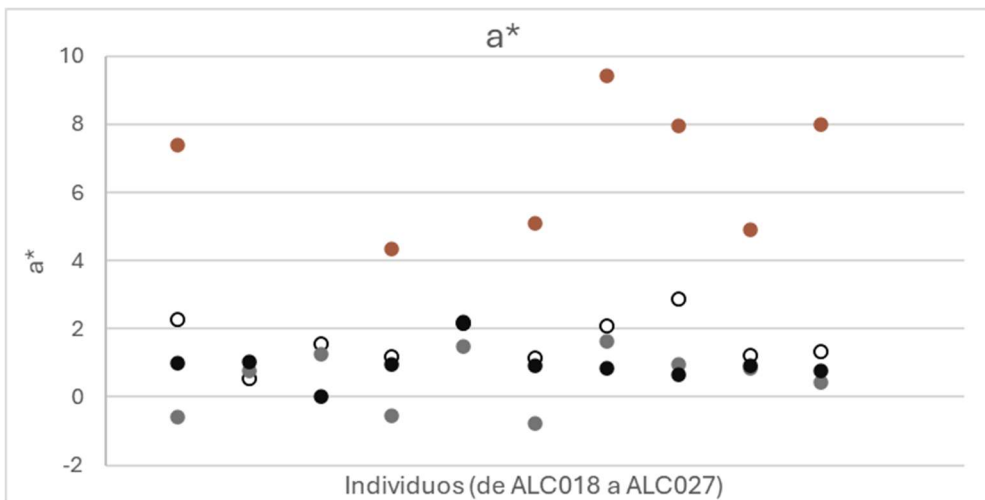
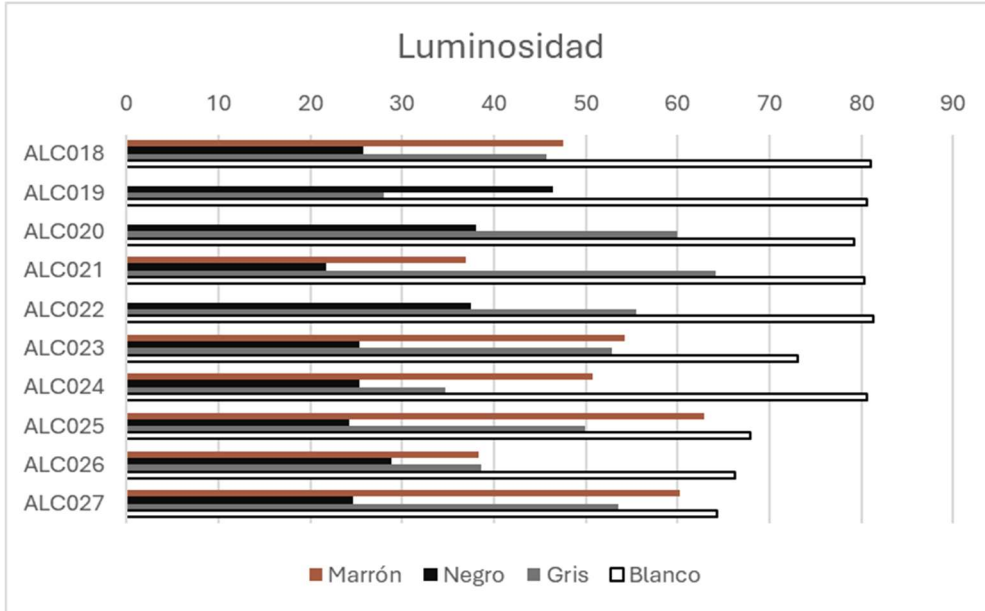
Tabla 3. Tamaño máximo de los fragmentos en cada tumba

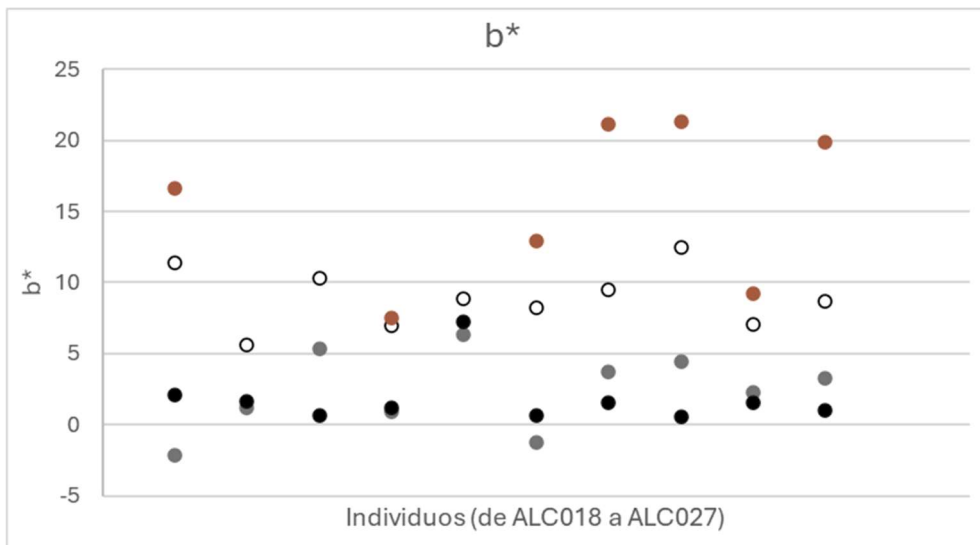
N de tumba	Tamaño máximo (cm)	N de tumba	Tamaño máximo (cm)
ALC018	7,9	ALC023	7
ALC019	8,3	ALC024	7,5
ALC020	6,6	ALC025	3,2
ALC021	9,5	ALC026	4,7
ALC022	9,5	ALC027	9,1

3.2- Estudio de color:

En lo que respecta al estudio colorimétrico y espectroscópico se ha conseguido tomar todas las muestras planeadas metodológicamente, a excepción de las cremaciones ALC19, ALC20 y ALC22 en los que predominan tonos blancos y, debido a la inexistencia

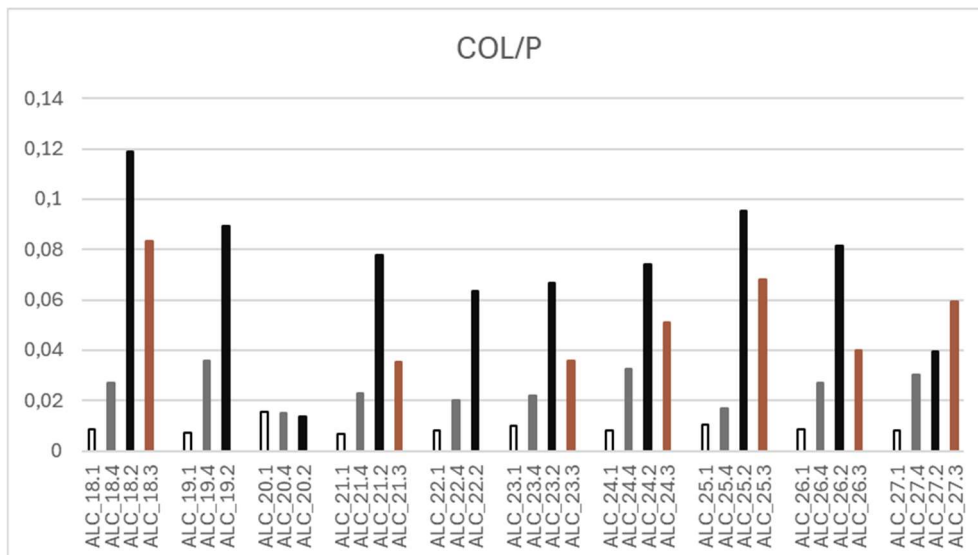
de fragmentos de hueso marrón, esto es, correspondientes con una baja temperatura de cremación, solo se han elegido tres muestras. Los resultados de estos estudios se encuentran en los gráficos a continuación y se profundizará en su interpretación en el apartado de Discusión.

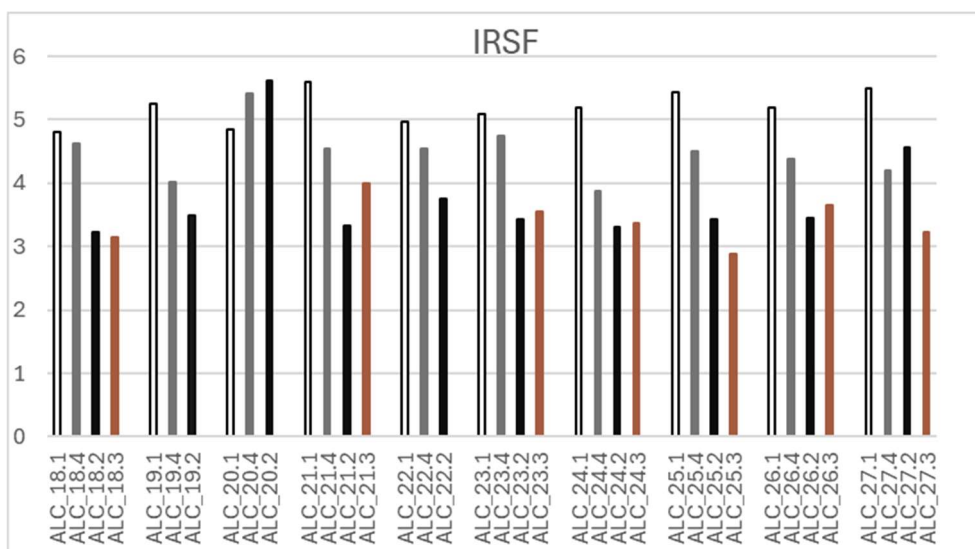




3.3- Estudio espectroscópico:

Tras el análisis espectroscópico de las muestras seleccionadas y el cálculo de los índices anteriormente explicados se muestran a continuación los resultados de los índices de Colágeno/Fosfato y el Índice de Cristalinidad. El resto de los resultados se ofrecen en el Anexo 3.





4- Discusión:

4.1- Estudio antropológico:

Comenzando con la estimación de sexo y edad, los individuos en los que no se han podido estimar estas características se tratan en su totalidad, según los datos de facilitados por la profesora García Huerta (2025), de tumbas que no han sido excavadas por completo, o en las que tan solo se han encontrado restos óseos dispersos, sin estar contenidos en una urna. Esto explica la escasez y la fragmentación de los restos, así como su agregación con restos faunísticos. Los últimos, como se explicado en la introducción, podrían relacionarse con banquetes funerarios o con ofrendas, ya que han sido documentados en el interior de las tumbas (García Huerta et al., 2018). Esto afecta tanto a la estimación de sexo y edad como a la masa de la cremación, especialmente a la cremación ALC25, excluida de los resultados de los pesos (tabla 2, apartado 3.1), pues el número de restos humanos es muy pequeño y fragmentario, por lo que no se pudieron separar áreas anatómicas, mientras que los faunísticos constituyen la mayoría.

En el cuerpo humano los principales rasgos identificativos de la edad de los individuos no-adultos son el grado de desarrollo y erupción dental, las dimensiones de las diáfisis de algunos huesos largos y la fusión entre diáfisis y epífisis. Para adultos se tiene en cuenta

el desgaste dental, la morfología de la sínfisis púbica y la superficie auricular del ilion (Minozzi & Canci, 2015). Tras someter el cuerpo al fuego, se ha observado en las diez cremaciones analizadas que las coronas dentarias están muy alteradas y fragmentadas, cuestión que se refleja en la baja masa total de las mismas (tabla 2). Los huesos se hallaron fragmentados y deformados, siendo la sección anatómica más común los huesos largos, en los cuales la estimación de la edad macroscópica es más compleja. Una posible opción para el futuro es realizar cortes histológicos en costillas o huesos largos para poder estimar la edad incluso en las cremaciones más fragmentarias (Absolonova et al., 2013)

Silva y colaboradores (Silva et al., 2009) ofrecen una aproximación a la participación porcentual de cada segmento anatómico sobre el total del esqueleto humano. Dicho estudio, al realizarse sobre colecciones completas y sin cremar, no contempla la existencia de material óseo sin identificar. De todos modos, destaca que la presencia del cráneo y de huesos largos identificados en las cremaciones de Alarcos se aproximen a lo propuesto en este estudio. Se propone una participación del cráneo sobre el peso total del esqueleto de un 17,7%, mientras que en las cremaciones estudiadas oscila, con tan solo la excepción de ALC27 (9,7%), entre el 11,5% y el 25,1%. En lo tocante a los huesos largos se ha propuesto una representación del 42,1%, y en los materiales de este trabajo este dato oscila entre 39,6% y el 54,2%, con una pequeña disparidad en ALC23, en la que los huesos largos superan ligeramente la mitad de la masa total de la cremación hasta situarse en el 62%.

El segmento costovertebral supone un 17,1% del peso total del esqueleto (Silva et al., 2009). Si comparamos estos datos con los de Alarcos, se observa como en estas cremaciones rondan entre el 3,1% y el 8,6% de la masa de la cremación, existiendo casos más extremos como ALC26 (0,8%) o ALC19 (12,5%). En nuestro caso pensamos que la menor representación de estos fragmentos puede deberse a cuestiones diagenéticas ya que el suelo de Alarcos es muy calizo, y este tipo de huesos, sobre todo las vértebras, cuentan con más hueso esponjoso que cortical. Otra posible razón es que estas áreas más porosas y frágiles no se recogieran eficientemente en el traslado de los restos desde la pira funeraria a las diversas tumbas. Finalmente, investigadores del yacimiento han propuesto que, debido al tamaño de las piras empleadas en Alarcos, el centro del cuerpo cuenta con

menor representación en las cremaciones al estar en contacto con el área de mayor combustible de la pira y por ser una zona más rica en grasa corporal, dando lugar a una mayor intensidad en la combustión (García Huerta et al., 2018).

En lo referente a los huesos cortos (principalmente manos y pies, estimados en un 8,3%) y los planos (coxal, escápula y esternón, 11,6%) se observan mayores discrepancias en los resultados de los individuos del presente estudio, pues los primeros no superan el 3,2% en el individuo con mayor representación, ni el 6,1% en el caso de los planos. Es posible que buena parte de la masa de la categoría de hueso sin identificar esté en realidad albergando huesos cortos y planos, más difíciles de reconocer debido a su pequeño tamaño y fragmentación. Este sesgo también se puede explicar, en buena medida, por tratarse el presente estudio del primero de este estilo llevado a cabo por este autor, que con más experiencia podrá disminuir la cantidad de huesos no identificados.

Comparando los datos sobre la masa de las cremaciones ofrecidos anteriormente en la tabla 2 el apartado 3.1 con los procedentes de otras investigaciones sobre restos óseos cremados, destaca el caso de la necrópolis de la Edad del Hierro de Tera (Portugal) estudiada por Gonçalves y colaboradores (2015). Estos autores proponen, para evaluar la completitud de un individuo en una cremación, un peso mínimo de 876g para individuos femeninos y de 970g para masculinos; si el peso total de una cremación desciende de los propuestos sabemos que el individuo cremado no está completo, aunque el hecho de que supere esa cifra tampoco asegura que nos encontremos ante un individuo completo. Dados estos datos, en los individuos de Alarcos estudiados tan solo ALC18 y ALC22 superan dichas cifras. Conocer el porqué de esta circunstancia, si nos encontramos ante la evidencia de una selección premeditada o si no existe intencionalidad, es una tarea más compleja, señalan los autores.

Aunque en el estudio de Tera (Gonçalves et al., 2015) no se utilizan los mismos segmentos anatómicos que en el presente, se pueden observar relaciones entre ambos. La representación del cráneo oscila en Tera entre un 12,9% y un 26% con alguna excepción en el 8,5% y el 49,9%, muy similar al rango en el que se encuentran la mayoría de las cremaciones de Alarcos (11,5% - 25,1%). Las extremidades superiores e inferiores, clasificadas por Gonçalves por separado se corresponden a grandes rasgos con los huesos

largos de este trabajo. Para el caso de Tera, si sumamos estas dos categorías, suponen, con pocas excepciones, entre un 18,3% y un 31,8%, con discrepancias notables respecto a Alarcos (39,9%-54,2%). El último de los segmentos recogidos por este autor se trata del torso, asimilable a la sección costovertebral de este estudio. En Tera se observa que oscilan, exceptuando un individuo con un 0,9%, entre el 1,7% y el 8,1%, muy similares a los de Alarcos, en el rango 3,1%-8,6%, aunque ligeramente inferiores.

Otro estudio que permite comparar los pesos totales de las cremaciones con los de Alarcos es el llevado a cabo por Ana Mezquida Orti (2022) para la necrópolis fenicio-púnica de Puig des Molins. Se observan en el yacimiento ibicenco cantidades muy bajas de hueso cremado en las tumbas, donde raramente se supera el kilo y muchas veces no se llegan a superar los 100 gramos. Existen, por lo tanto, ciertas similitudes con Alarcos, donde tan solo ALC22 supera el kilo, situándose en 1038 gramos, aunque no se registran cremaciones tan reducidas como en Puig des Molins, pues en este yacimiento una sexta parte de las cremaciones no llegan a los 10 gramos, y en Alarcos la cremación de menor peso es ALC24, de 107,2 gramos. La autora también recoge los tamaños máximos de los fragmentos óseos, que indican una mayor friabilidad que en el caso de Alarcos. Excepto contadas excepciones estos tamaños en Puig des Molins suelen rondar los 5 cm, mientras que en Alarcos lo más frecuente es que superen esta cifra, acercándose a los 10 cm.

La Necrópolis Ibérica de Alarcos III no se trata del único recinto de enterramiento de este yacimiento. Previo a su descubrimiento, se estudió el material osteoarqueológico presente en la Necrópolis II, con una cronología similar: siglos III-I a.C (Serio, 2018). Observando los pesos de las cremaciones se observa una clara relación entre ambas necrópolis de Alarcos, pues son oscilantes pero rara vez descienden de los 100 gramos ni superan con holgura el kilo. En este mismo estudio se propone que la mayor presencia de huesos pertenecientes a las extremidades en comparación con aquellos en el tórax y pelvis están relacionados con la posición en la pira: decúbito supino con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo (García Huerta et al., 2018; Serio, 2018).

Si se comparan los datos antropológicos con los ajuares descritos con anterioridad destaca la presencia de armas y elementos metálicos, además de cerámica, en tumbas de individuos que han sido identificados como masculinos y adultos, como es el caso de

ALC22 y ALC27, mientras que los individuos femeninos suelen presentar más elementos cerámicos, y en caso de que exista alguno metálico suele tratarse de una fíbula, como en la tumba ALC23. Respecto a los individuos cuya edad ha sido estimada con mayor precisión, ambos relativamente jóvenes, no se documenta la presencia de armas en ninguno, pues ALC20, individuo femenino de 20 años, solo presenta elementos cerámicos y un ungüentario, y ALC19, de sexo sin identificar y entre 15-20 años, presenta una cantidad importante de recipientes cerámicos, gotas de pasta vítrea y una fíbula de bronce.

En contraste con la tendencia general, la tumba ALC18 acoge un individuo femenino con una amplia presencia de armas en su ajuar y asociación de restos humanos inhumados. Se ha propuesto la posibilidad de que la persona aquí enterrada se identificase a sí misma con la figura de Ariadna, representada en su recipiente funerario en una escena de apoteosis (Miguel-Naranjo et al., 2024). Por ello es necesario tomar con cautela las generalizaciones sobre la relación entre el ajuar de los individuos y su sexo, y el uso de uno para estimar el otro (Izquierdo Peraile & Prados Torreira, 2004).

Sobre las tumbas ALC21, ALC25 y ALC26, no excavadas por completo o en las que no se encuentra urna, existe menor seguridad al abordar su interpretación. Con todo, destaca la presencia de fragmentos de cerámica griega en ALC25 y astrágalos de ovicáprido en ALC25 y ALC26, acompañados de una punta de lanza y un regatón en esta última. Sobre el papel de las tabas en las tumbas de Alarcos se ha propuesto su relación con un posible uso lúdico, aunque manteniendo también una vinculación con el mundo simbólico y de ultratumba (Miguel-Naranjo et al., 2023).

La distribución por sexos en los individuos estudiados parece indicar cierta superioridad numérica de los femeninos, que son 4, sobre los masculinos, que son tan solo 2. Este dato no se corresponde con lo observado en otras necrópolis ibéricas como Pozo Moro, Los Villares o Coimbra del Barranco Ancho, donde la cantidad de tumbas masculinas es sensiblemente mayor que las femeninas (Izquierdo Peraile & Prados Torreira, 2004). De todos modos, es necesario tener en cuenta lo reducido de la muestra con la que se trabaja en el presente estudio, por lo que no se trata de una cantidad representativa del total de tumbas excavadas de Alarcos, que rondan el centenar (Miguel-Naranjo et al., 2024).

4.2- Estudio de color:

En lo que respecta al análisis colorimétrico se observa como la luminosidad de las muestras se comporta según lo esperado. Las muestras de hueso de color blanco muestran una alta luminosidad que, en la mayoría de las ocasiones, ronda las 80 unidades en la escala anteriormente descrita, y que en todo caso no descienden nunca de los 64,3, el valor de ALC27.1. La luminosidad de los huesos grises se sitúa siempre por debajo de los blancos, y oscila entre 28,0 y los 64,1. Los huesos carbonizados, de color negro, suelen ser los de menor luminosidad, oscilando entre los 21,7 y los 38, con la excepción de la muestra ALC19.2, que se sitúa en 46,5 y llega a superar a varios fragmentos grises. Finalmente, los huesos de color marrón presentan un rango de oscilación entre 36,9 y 62,9, superando en ocasiones a tonos grises y negros, aunque no llegan a superar a ningún hueso blanco.

Las escalas a^* y b^* parecen no estar relacionadas con los tonos blancos, negros y grises, pues presentan por lo general valores bajos, como se ha apuntado en páginas anteriores siguiendo a Rubio y colaboradores (Rubio et al., 2020). Tan solo las muestras de color marrón presentan resultados más elevados, tendientes a tonos rojizos y amarillentos, pues alcanzan siempre valores positivos. Sin embargo, en las figuras 2 y 3 del apartado 3.2 se observa una pérdida en la tonalidad paralela al aumento de temperatura, siendo las muestras de temperaturas más bajas aquellas que tienen valores más altos de a^* y b^* . La escala propuesta por Stiner y colaboradores (1995) usada en este trabajo se trata principalmente de una escala de luminosidad, que oscila entre el blanco (acromático) y el negro (ausencia de color). Una excepción a este planteamiento es el color marrón, que sí presenta matices cromáticos, como se ha podido observar y que, a la luz de los resultados comentados anteriormente, su luminosidad ha influido en menor medida a la hora de identificar las muestras de este tono. Por lo tanto, en huesos de temperaturas bajas, el tono es un factor importante, al aumentar la temperatura y con la carbonización, los tonos se homogeneizan en valores bajos, y el cambio de carbonización a calcinación, se muestra sobre todo en un aumento drástico de la luminosidad, mientras el tono no se modifica.

Rubio y colaboradores (Rubio et al., 2020) llevan a cabo un estudio colorimétrico sobre fragmentos de huesos largos resultantes de una quema experimental. Los resultados presentes en dicha investigación son similares a los presentados en este trabajo. Se ha observado como, a medida que aumenta la temperatura de cremación, la luminosidad de los huesos aumenta, al mismo tiempo que se vuelven menos amarillos, esto es, se reduce el parámetro b^* . La escala que oscila entre el rojo y el verde, a^* , se trata de la que mejor discrimina entre temperaturas bajas, 200° y más de 400° en el hueso cortical según el estudio citado. En las muestras de Alarcos este efecto también se observa, pues cualquier muestra marrón muestra valores más altos en la escala a^* que el resto, aunque los resultados de las muestras negras, grises y blancas no presentan valores que permitan diferenciarlas entre sí.

4.3- Estudio espectroscópico:

En lo tocante al estudio con espectroscopía FTIR-ATR y los índices calculados se observa para el caso del índice colágeno/fosfato como este es mucho más reducido en las muestras de color blanco, de mayor temperatura, y aumenta conforme se desciende en la escala de temperatura y color. El colágeno forma parte de los componentes orgánicos del hueso, por lo que cuanto más temperatura se alcanza durante la cremación menor es su presencia en las muestras tomadas y, por lo tanto, también su proporción con el fosfato, que se conserva mejor cuando se aplica temperatura, reduciéndose el índice colágeno/fosfato. A pesar de la tendencia general existen excepciones en el caso de ALC20, con un comportamiento diferente también en otros índices, pues las tres muestras ofrecen resultados similares. Estos resultados se explican al tratarse de una de las cremaciones donde predominan los huesos blancos, y las muestras elegidas, que tienden también hacia este color, ya han comenzado a experimentar cambios en su estructura. También se observa que, en ocasiones, el hueso de color negro contiene más proporción de colágeno que el marrón. Esto indica que no existe una variación significativa en el nivel de cremación entre estos dos colores o una pérdida de fosfato, lo que es poco probable. La resolución de esta cuestión queda abierta a futuras investigaciones.

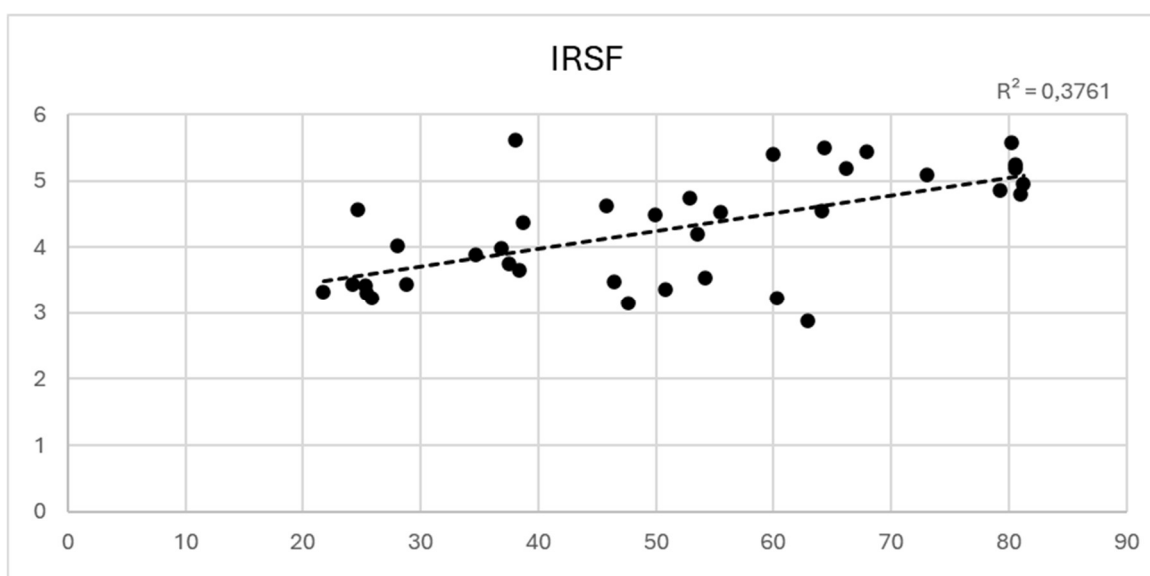
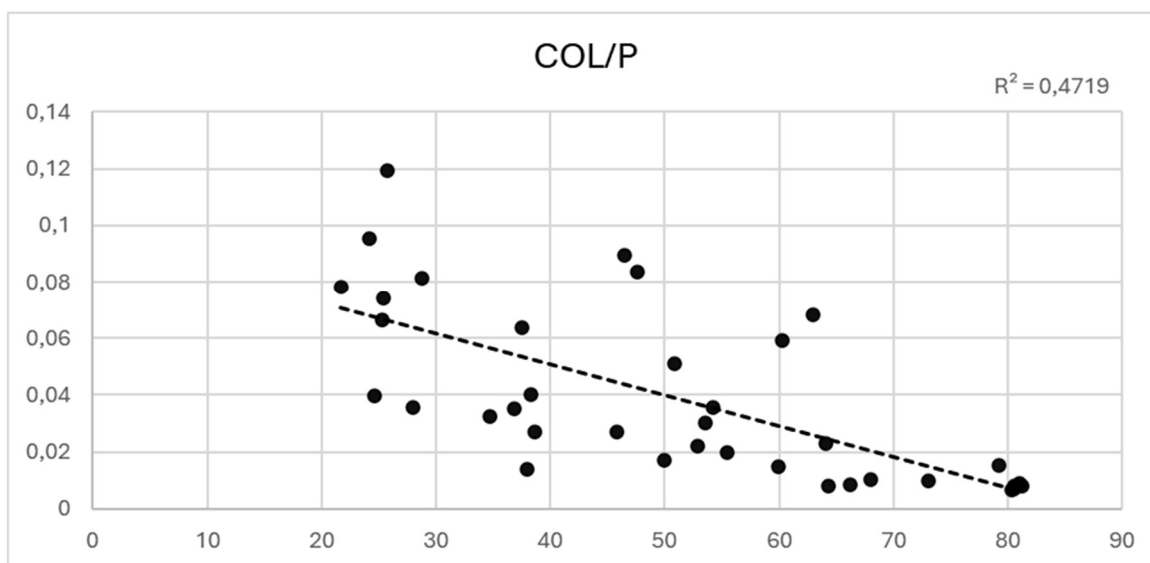
Se observa como el índice carbonato/fosfato se reduce a medida que aumenta la temperatura. Esto sucede, como se ha indicado anteriormente, porque la cantidad de carbonato disminuye al exponer del hueso a altas temperaturas, mientras que los fosfatos se conservan mejor. Destaca el caso de la muestra ALC25.3, hueso marrón de baja temperatura de cremación, en la que se conserva una alta proporción de carbonato.

En el índice carbonato/carbonato, que estudia la relación entre sustituciones de carbonato tipo A y tipo B, se observa de forma sistemática un aumento del índice en temperaturas altas, mientras desciende paulatinamente en muestras grises, negras y marrones. En estudios sobre el comportamiento de este índice en casos de diagénesis química del hueso se observa como las sustituciones de carbonato tipo A se pierden antes que las de tipo B, que son más abundantes (Martínez Cortizas & López-Costas, 2024). Para el caso de las cremaciones los resultados del índice indican lo contrario, una pérdida mayor de sustituciones de carbonato tipo B. Otros autores (Mamede et al., 2018) al observar el comportamiento del índice en cremaciones concluyen que entre los 600° y 900° este aumenta debido a una transferencia entre carbonato de sitios B a sitios A o por una disminución de las sustituciones de tipo B. La explicación detallada de este fenómeno excede el alcance de este trabajo y se propone como objetivo para futuras investigaciones.

Finalmente, el índice de cristalinidad se comporta según lo esperado. En todos los individuos muestreados los huesos de color blanco, de mayor temperatura, cuentan con los valores más altos, mientras que marrones y negros suelen ser los más bajos. El comportamiento de las muestras de ALC20 se explica en los mismos términos que para índices anteriores, al tratarse de un individuo cremado a alta temperatura. La fracción mineral del hueso sin quemar es hidroxiapatita rica en fosfato y poco cristalina, formada por pequeños cristales con forma de aguja o de placas. Durante el proceso de cremación se produce un aumento de la cristalinidad de la bioapatita, la principal parte mineral del hueso. Este mismo proceso tiene lugar durante la diagénesis del hueso, es decir, el conjunto de variaciones que sufre en su composición tras el enterramiento, aunque en caso de la aplicación de fuego esto ocurre de modo prácticamente instantáneo (Stiner et al., 1995). A este proceso se le denomina “Recristalización” y durante su transcurso los cristales de bioapatita menos cristalinos y más pequeños se diluyen, al mismo tiempo que

se descompone el colágeno y aumenta el tamaño de los cristales más grandes (Surovell & Stiner, 2001). Por todo esto el índice de cristalización será bajo, de alrededor de 2.5 – 2.9, en hueso fresco, pudiendo ascender hasta cerca de 7.0 en huesos calcinados a alta temperatura (Stiner et al., 1995). Snoek ha propuesto el límite de 4.5 para huesos calcinados cuya estructura cristalina les permite no verse alterados por la diagénesis y ser válidos para estudios de movilidad (migraciones) por isótopos (Snoeck et al., 2015) (Thompson, T. J. U. et al., 2009). En este estudio se observa que la mayoría de los huesos blancos y grises superan ese índice, por lo que se podría analizar la movilidad en futuros estudios.

Debido a las características de la escala empleada en este estudio para clasificar las muestras de hueso, previamente comentadas, se ha estimado conveniente la comparación de los resultados espectroscópicos con la Luminosidad, el parámetro L del color La*b* anteriormente descrito. Para ello se han creado una serie de gráficos de dispersión, expuestos a continuación, y con más detalle en el Anexo 4, que permiten el estudio comparativo de ambos. Para el índice colágeno/fosfato se observa que las muestras con los índices más bajos son también las de mayor luminosidad. Para el carbonato/fosfato la tendencia general es la misma, pues las muestras en las que el fosfato predomina sobre el carbonato son las que más luminosidad presentan. Los resultados más bajos del índice carbonato/carbonato se relacionan, a su vez, con una menor luminosidad. Finalmente, se observa que los huesos más cristalinos son, a su vez, los más luminosos. Si se tiene en cuenta que las muestras con mayor luminosidad corresponden a fragmentos de hueso de color blanco, los índices, como norma general, se comportan según lo esperado. Los índices que aumentan a medida que se incrementa la temperatura de cremación presentan, vinculados a sus resultados más altos, las muestras de color blanco, mientras que este parámetro se reduce en temperaturas bajas.



4.4- Estimación de la temperatura de cremación:

A pesar de la dificultad para estimar con certeza una temperatura exacta de cremación la revisión de estudios experimentales en los que se exponen los resultados de espectroscopía FTIR es importante, pues permite aproximarse al rango de temperatura al que las diferentes muestras fueron expuestas. Thompson y colaboradores (2009) (2013) han estudiado cómo se comportan los diferentes índices, especialmente IRSF, C/C y C/P, en diferentes temperaturas de cremación. Siguiendo los datos de estos estudios se observa

como las muestras de color blanco se han sometido, por lo general, a temperaturas que rondan los 700°C, superándolos en ocasiones y aproximándose a los 900°C. Índices de cristalización entre 4,8 y 5,5 así como C/C entre 1,2 y 1,3 y C/P oscilante entre 0,06 y 0,1 así lo sugieren. A esto es necesario añadir los bajos índices de colágeno, nunca superiores a 0,01 y que llegan a ser tan bajos como 0,006.

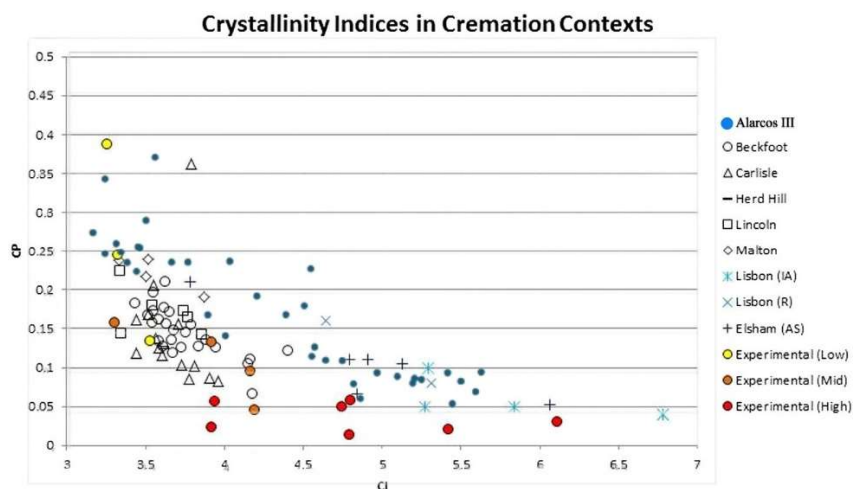
En el otro extremo, los fragmentos de hueso de color marrón suelen ser los que menor temperatura alcanzan si se comparan con los resultados de los estudios citados. La cremación de estos fragmentos de hueso es menor a 500°C. La cristalinidad nunca superior a 4 y usualmente alrededor de 3 - 3,5, un índice C/C que oscila entre 0,8 y 1,1 y C/P relativamente alto, entre 0,1 y 0,4 son los principales indicios para estimar la temperatura. El índice de colágeno/fosfato para estos huesos es más alto, usualmente entre 0,03 y 0,08. En ocasiones el hueso de color negro tiene valores muy similares e incluso ligeramente menores al marrón, pero el estudio de los diferentes valores de todos los índices sugiere una temperatura de cremación ligeramente mayor. De nuevo, es necesario reiterar la excepcionalidad de ALC20 que, a pesar de conservar los valores cromáticos de los huesos negro y gris se trata de una cremación a alta temperatura en la que los cambios en la estructura química del hueso ya se observan en los índices de FTIR.

Estas estimaciones sugieren una alta variabilidad e irregularidades en la temperatura de la pira, que no es constante ni igual en toda su extensión, a diferencia de las cremaciones actuales. También es necesario tener en cuenta las posibles intrusiones de huesos de fauna no cremados con la persona fallecida, a pesar de haber tratado siempre de seleccionar huesos humanos para las mediciones espectroscópicas.

Si se realiza una comparativa entre los diferentes individuos se observa como los índices de cristalinidad de ALC19, ALC21, ALC25 y ALC27 superan con creces los 5 puntos, y estas mismas cremaciones, quizás con ALC20, presentan los valores más bajos del índice C/P. A pesar de esto no se observan grandes variaciones interindividuales, ni parece que las cremaciones mencionadas destaquen por pertenecer a un mismo sexo, grupo de edad ni tipo de ajuar. Isabel Serio (2018) ha propuesto para la Necrópolis de Alarcos II que las diferencias en las temperaturas de cremación también podrían estar determinadas por las condiciones meteorológicas en ese momento, las características biológicas del individuo

o su estatus social. Esta misma autora sugiere que más de la mitad de los individuos que ha estudiado para esta otra necrópolis de Alarcos han recibido cremaciones intensas, donde se superaron los 500°C, y tan solo un 5% fue sometido a una cremación con bajas temperaturas (Serio, 2018). Este estudio se basaba en parámetros macroscópicos, por lo que el presente trabajo nos permite corroborar lo observado por dicha autora, con datos arqueométricos.

Thompson y colaboradores (2016) han estudiado las cremaciones de cinco asentamientos militares romanos (siglos I – V d.C) en el norte de Inglaterra. En la figura expuesta a continuación los autores exponen los resultados de los índices de cristalinidad y de carbonato/fosfato, que también han sido calculados en este trabajo, y los compara con los datos de dos yacimientos de Lisboa, uno de la Edad del Hierro y otro romano, y uno británico anglosajón, así como con quemas experimentales. A esta figura se han superpuesto los datos de las muestras de Alarcos analizadas en este trabajo.



Como se puede observar, los datos expuestos por Thompson y colaboradores (2016) indican una temperatura de cremación baja y media para los asentamientos militares romano-británicos, mientras que los datos más altos se alcanzan en el caso del yacimiento portugués de la Edad del Hierro. Si se comparan los datos de Alarcos con los presentados en este artículo se observa como las muestras con menor temperatura, correspondientes a huesos marrones y negros principalmente, presentan valores similares a las quemas experimentales de temperaturas baja y media, así como los yacimientos estudiados por el autor. Los huesos de Alarcos con una temperatura de cremación más elevada, aquellos de

color blanco, presentan similitudes con los valores registrados para las quemas experimentales a alta temperatura, así como los valores bajos y medios del yacimiento lisboeta de la Edad del Hierro y los datos del yacimiento anglosajón. Las muestras de alta temperatura anteriormente mencionadas presentan, en general, un alto índice de cristalinidad y un bajo índice C/P, aunque se observa para Alarcos una cantidad ligeramente más alta de carbonato, siempre comprendida entre 0,5 y 1, mientras que para los yacimientos mencionados no suele superar el valor de 0,5. En general se puede afirmar, tanto para Alarcos como para todos los yacimientos estudiados por Thompson y colaboradores, que a medida que el índice de cristalinidad aumenta, el índice de carbonato/fosfato responde reduciéndose paulatinamente. En el caso concreto de Alarcos R², la relación entre ambos índices expuestos en el gráfico, es de 0,684 sobre un máximo de 1, lo que indica que un 68% de la variabilidad de la variable dependiente (C/P) se explica por la variable independiente, el índice de cristalinidad.

5- Conclusión:

El ritual funerario de la cremación penetró en la Península Ibérica ya en la Edad del Bronce, bien por influjo de la cultura de los Campos de Urnas desde el norte, por la influencia de los pueblos del Mediterráneo Oriental en el sur peninsular, o por los contactos de las Islas Británicas con la fachada atlántica, aunque se trata de un tema sujeto a debate. Esta práctica funeraria se generalizó paulatinamente, estando ya en plena vigencia en la cultura íbera, donde lo recibían individuos adultos pertenecientes a determinados grupos sociales.

La presencia de este rito en la cultura íbera lo atestiguan, por ejemplo, las cremaciones de la Necrópolis Ibérica de Alarcos III estudiadas en este trabajo. A lo largo del mismo se ha profundizado en la caracterización del ritual funerario y cómo este afecta al cuerpo humano a través del estudio de cambios cromáticos y químicos en el material osteoarqueológico. Del mismo modo, con la finalidad de conocer las condiciones de vida

en Alarcos, se ha prestado atención al estudio antropológico de estos restos óseos con la determinación de sexo, edad y patología de los individuos.

Cuando se somete a una persona fallecida al tratamiento funerario de la cremación sus huesos, el material arqueológico con el que contamos en la actualidad, experimentan cambios en su estructura que se reflejan en sus propiedades cromáticas. Con la exposición a altas temperaturas desaparecen de los tejidos blandos del cuerpo, a lo que sigue una reducción paulatina del agua y la parte orgánica del hueso, como el colágeno, una disminución del carbonato y un aumento en la cristalinidad del mineral óseos, la bioapatita.

Para la comprensión del proceso de cremación también deben tomarse en consideración otras variables que afectan a su desarrollo y, por ende, al modo en que se forma el registro arqueológico y el estado en el que los huesos cremados llegan hasta nuestros días. Entre los factores para tener en cuenta es fundamental la temperatura de cremación, condicionada por la oxigenación, el combustible y la presencia de ropajes y sustancias corporales como la grasa. Además, la calidad en la recogida de los restos cremados para su posterior receptáculo afecta igualmente a la forma en que estos restos son legados al personal investigador que los examina en la actualidad, pudiendo ser más cuidadosa o superficial (Gómez Bellard, 1996). Por ello el estudio antropológico ha incluido, igualmente, el análisis de la masa de las cremaciones y la presencia de seis segmentos anatómicos diferentes.

Algunos autores (Squires et al., 2025) han enfatizado en el plano ético del trabajo con cremaciones, y han propuesto estándares mínimos y recomendables para manipular este tipo de material arqueológico. Algunas características de las cremaciones, como su fragmentación o la degradación del material óseo por la exposición al fuego, afectan a como los investigadores y el público en general las ve. Pero a pesar de que tradicionalmente hayan sido menos estudiadas que los restos inhumados debido a las limitaciones que presentan para ciertos análisis y de que su presencia en los códigos éticos sea menor, todos los restos humanos deben ser tratados con respeto y dignidad.

Es necesario señalar que, debido a las características inherentes a este trabajo y su formato, no ha sido posible abordar temas como el estudio en profundidad de los patrones de fractura y las deformaciones por calor, que se proponen como parte de futuros estudios. Del mismo modo es necesario profundizar en el comportamiento de los índices de espectroscopía FTIR, que reflejan los cambios químicos en el hueso expuesto al fuego, y que se trata de un tema de estudio relativamente reciente.

Como se ha destacado, la Necrópolis Ibérica de Alarcos III se trata de un yacimiento recientemente estudiado, por lo que futuras investigaciones esclarecerán cuestiones como su cronología detallada y las características del rito funerario que los habitantes del cerro de Lacurris llevaron a cabo a finales de la Edad del Hierro.

Agradecimientos:

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutora, Olalla López Costas, su ayuda, sus consejos y supervisión a lo largo de la realización de este TFG, disponible incluso cuando estaba lejos. Olalla, siempre me has ayudado y animado a ir más allá, tanto en este trabajo como en la pasión por la Arqueología y Antropología ¡Gracias por todo!

Gracias también a la profesora M. Rosario García Huerta por la acogida en Alarcos, una experiencia muy enriquecedora para mí y que jamás olvidaré. También por su ayuda con la descripción de los ajuares y el yacimiento, facilitándome los materiales y bibliografía necesaria para este trabajo.

A todos los miembros del grupo EcoPast, donde he realizado este trabajo, gracias. A Antonio Marínez Cortizas por su ayuda en los apartados de espectroscopía y su infinita paciencia con mis innumerables dudas. A Marta Colmenares por explicarme la escala de colores utilizada para tomar las muestras y su disposición para ayudarme en todo. También a Ailem, a Ainé, a Arantxa, a Clara, a Elena, a Jaime, a Marta, a Noemí y a Raúl por hacerme sentir siempre bienvenido e integrado en el laboratorio, interesarse,

apoyarme y animarme. A Alicia Nogueira y Raquel López, que también han realizado su TFG en este laboratorio, por su compañía y su ayuda, haciendo realmente agradable el larguísimo proceso del tratamiento de materiales.

A toda mi familia y mis amigos, gracias por apoyarme incondicionalmente y acompañarme a lo largo de toda la carrera, en los momentos felices, pero también en los de estrés y desánimo.

Bibliografía:

Absolonova, K., Veleminsky, P., Miluse Dobisikova, M., Beran, M., & Zocova, J. (2013). Histological Estimation of Age at Death from the Compact Bone of Burned and Unburned Human Ribs. *Journal of Forensic Sciences*, 58 (S1), S135–S145. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2012.02303.x>

Alemán Aguilera, I., Botella López, M. C., & Ruiz Rodríguez, L. (1997). Determinación del sexo en el esqueleto postcranial. Estudio de una población mediterránea actual. *Archivo Español De Morfología*, 2, 69–79.

Brickley, M., & McKinley, J. I. (2004). *Guidelines to the standards for recording human remains*. BABAO, Department of Archaeology, University of Southampton and the Institute of Field Archaeologists, SHES, University of Reading.

Brothwell, D. R. (1981). *Digging Up Bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains*. Oxford University Press y British Museum.

Buikstra, J. E., & Ubelaker, D. H. (1994). En Haas J. (Ed.), *Standards for data collection from human skeletal remains: proceedings of a seminar at the Field Museum of Natural History, organized by Jonathan Haas*. Arkansas Archeological Survey.

Burambekova, A., & Shamoï, P. (2024). Comparative Analysis Of Color Models For Human Perception And Visual Color Difference. *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.19520>

Campillo, D., & Subirà, M. E. (2010). *Antropología física para arqueólogos* (2ª ed.). Ariel.

Claros Bastante, C., & Segovia Fernández, A. (2022). Nueva necrópolis ibérica asociada al oppidum de Alarcos. *II Congreso Nacional de Arqueología Profesional*. Consejo

General de Colegios Oficiales de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias.

Coles, J. M., & Harding, A. F. (2015). *The Bronze Age in Europe. An introduction to the prehistory of Europe c.2000-700 B.C.* Routledge.

Collado Hinarejos, B. (2014). *Los íberos y su mundo.* Akal.

Cortêsão Silva, F. (2015). The funerary practice of cremation at Augusta Emerita (Mérida, Spain) during High Empire: contributions from the anthropological analysis of burned human bone. En T. Thompson (Ed.), *The Archaeology of Cremation: Burned Human Remains in Funerary Studies* (pp. 123–150). Oxbow Books.

Desplanques, E., & Cutillas-Victoria, B. (2025). El empleo de tejidos como envoltura en la necrópolis ibérica de Los Nietos (Cartagena, España): caracterización técnica e interpretación. *Archivo Español De Arqueología*, 98, pp. 725–742. <https://doi.org/10.3989/aespa.098.025.725>

Díaz-Cortés, A., López-Polín, L., Del Valle Blanco, H., & Cuello de Oro Cáceres, I. (2021). La naturaleza del hueso y su fosilización. La Tafonomía para el estudio del estado de conservación del hueso arqueológico y paleontológico. *GE-Conservación*, 20 (1), 51–63. <https://doi.org/10.37558/gec.v20i1.1001>

Ellingham, S. T. D., Thompson, T. J. U., Islam, M., & Taylor, G. (2015). Estimating temperature exposure of burnt bone — A methodological review. *Science & Justice*, 55 (3), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2014.12.002>

Fernández Rodríguez, M., & de Juan García, A. (2017). El Parque Arqueológico de Alarcos (Ciudad Real). *Boletín Del Museo Arqueológico Nacional*, 35, 901–904.

Figueirido, M. M., Gamelas, J. A. F., & Martins, A. G. (2012). Characterization of Bone and Bone-Based Graft Materials Using FTIR Spectroscopy. En T. Theophanides (Ed.), *Infrared Spectroscopy - Life and Biomedical Sciences* (pp. 315–338). InTech.

Fontán Barreiro, R. (2021). *Iberos.* Edaf.

García Huerta, M. d. R., & Rodríguez, M. (2000). La génesis del Mundo Ibérico en la Submeseta Sur: el tránsito del Bronce Final - I Edad del Hierro en Alarcos. *Cuadernos De Prehistoria Y Arqueología De La Universidad Autónoma De Madrid*, (26), 47–68.

García Huerta, M. d. R., & Morales Hervás, F. J. (2017). El poblado de Alarcos (Ciudad Real) en los inicios del I milenio a.C: estructuras y materiales cerámicos. *Trabajos De Prehistoria*, 74 (1), 108–126.

García Huerta, M. d. R., Morales Hervás, F. J., & Rodríguez González, D. (2018). *De la muerte a la eternidad: la necrópolis ibérica de Alarcos (Ciudad Real).* Síntesis

García Huerta, M. d. R., Morales Hervás, F. J., & Rodríguez González, D. (2020). *El Cerro de Alarcos (Ciudad Real): Formación y desarrollo de un oppidum ibérico: 20 años de excavaciones arqueológicas en el Sector III*. Archaeopress.

García Huerta, M. d. R. (2025). *Ajuares de las tumbas de la Necrópolis Ibérica de Alarcos III*. Unpublished material.

Gómez Bellard, F. (1996). El análisis antropológico de las cremaciones. *Complutum Extra*, 6(2), 55–64

Gonçalves, D., Cunha, E., & Thompson, T. J. U. (2015). Estimation of the pre-burning condition of human remains in forensic contexts. *International Journal of Legal Medicine*, 129, 1137–1143. <https://doi.org/10.1007/s00414-014-1027-8>

Gonçalves, D., Campanacho, V., Thompson, T., & Mataloto, R. (2015). The weight of the matter. Examining the potential of skeletal weight for the bioarchaeological analysis of cremation at the Iron Age necropolis of Tera (Portugal). En T. Thompson (Ed.), *The Archaeology of Cremation* (pp. 63–96). Oxbow Books.

Gusi i Jener, F. (1994). Muerte infantil en época ibérica: el complejo arqueológico de Ullastret (Girona, Cataluña). *Quaderns De Prehistòria i Arqueologia De Castelló*, 16, 107–114.

Hervás Herrera, M. Á, de Juan García, A., & Retuerce Velasco, M. (2005). Alarcos y Calatrava: un territorio unido por el Guadiana. Investigación, restauración y difusión. En S. Gómez-Martínez (Ed.), *Al-Ándalus: Espaço De Mudança. Balanço De 25 Anos De História E Arqueologia Medievais*, Campo Arqueologico de Mértola, pp. 86–100.

Isidro Llorens, A., & Malgosa Morera. (2003). *Paleopatología: la enfermedad no escrita*. Masson.

Izard Arechabala, B. (2022). *Estimación de temperaturas en restos óseos a través de espectroscopía ATR-FTIR*. [Trabajo de Fin de Master: Universitat Rovira i Virgili].

Izquierdo Peraile, I., & Prados Torreira, L. (2004). Espacios funerarios y religiosos en la cultura ibérica: lecturas desde el género en Arqueología. *Spal*, 13, 155–180.

Kjellström, A., Gummesson, S., Storå, J., & Sauvage, R. (2024). Cremation and depositional practices of cremated remains at Skeiet. En I. R. Sauvage (Ed.), *From Life to Death in Iron Age and Medieval Vinjefford* (pp. 219–238). Cappelen Damm Akademisk. <https://doi.org/10.23865/noasp.218.ch9>

Mamede, A., Gonçalves, D., Marques, P. M., & Batista de Carvalho, L. A. E. (2018). Burned Bones Tell Their Own Stories: A Review of Methodological Approaches to Assess Heat-induced Diagenesis. *Applied Spectroscopy Reviews*, 53 (8), 603–635.

- Mangas-Carrasco, E., & López-Costas, O. (2021). Porotic hyperostosis, cribra orbitalia, femoralis and humeralis in Medieval NW Spain. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13, 169. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01432-y>
- Martínez Cortizas, A., & López-Costas, O. (2024). A ATR-FTIR Study of Extracted Bioapatite from Archaeological Bone. En M. Bilal Tahir (Ed.), *Beyond Signals - Exploring Revolutionary Fourier Transform Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1007941>
- Mata Parreño, C. (1993). Arqueología Funeraria. Estado actual de la investigación en España. En J. D. Villalain Blanco, C. Gómez Bellard & F. Gómez Bellard (Eds.), (pp. 167–176). Asociación Española de Paleopatología.
- Mezquida Orti, A. (2022). *Ritual funerario en la necrópolis de Puig del Molins (Ibiza): la excavación de 2006*. Monografies del Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera.
- Miguel-Naranjo, P., García Huerta, M. d. R., Rodríguez González, D., & Morales Hervás, F. J. (2023). Un escarabeo púnico con la iconografía de Isis Kourotopha en la Necrópolis Ibérica III de Alarcos (Poblete, Ciudad Real). *Zephyrus*, (91), 57–77. <https://doi.org/10.14201/zephyrus2023915777>
- Miguel-Naranjo, P., García Huerta, M. D. R., Rodríguez González, D., Morales Hervás, F. J., & Rodríguez-Rabadán, M. Á. (2024). Un Nuevo Ejemplo Del Retorted Painter: La cratera de Campana de La necrópolis ibérica de Alarcos III (Poblete, Ciudad Real). *Pyrenae*, 55 (2), 65–89.
- Miguel-Naranjo, P., Rodríguez-Rabadán, M. Á, Morales Hervás, F. J., Rodríguez González, D., & García Huerta, M. d. R. (2025). Un depósito de ofrendas de cerámica ática y ungüentarios en la necrópolis ibérica de Alarcos III (Poblete, Ciudad Real). *Archivo Español De Arqueología*, 98 (1).
- Minozzi, S., & Canci, A. (2015). *Archeologia dei resti umani* (2ª ed.). Carocci Editore.
- Moratalla Jávega, J. (2021). La Dama de Elche (La Alcudia, Alicante) y sus contextos arqueológicos. *Trabajos De Prehistoria*, 78 (2), 366–380.
- Mouga Almeida, B., Cortesão Silva, F., & Santos, A. L. (2025). Biological sex estimation in experimentally burnt patellae: exploring sexual dimorphism through comparative analysis. *International Journal of Legal Medicine*, <https://doi.org/10.1007/s00414-025-03467-5>
- Pellicer Catalán, M. (2008). Los inicios del rito funerario de la incineración en la Península Ibérica. *Revista Tabona*, 16 (1), 13–35.

Reverte Coma, J. M. (1999). *Antropología Forense*. Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes.

Rinaldo, N., Zedda, N., Bramanti, B., Rosa, I., & Gualdi-Russo, E. (2019). How reliable is the assessment of Porotic Hyperostosis and Cribra Orbitalia in skeletal human remains? A methodological approach for quantitative verification by means of a new evaluation form. *Archaeological and Anthropological Sciences*, *11*, 3549–3559. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00780-0>

Rubio, L., Díaz-Vico, R., Smith-Fernández, I., Smith-Fernández, A., Suárez, J., Martín-de-Las-Heras, S., & Santos, I. (2020). Spectrophotometric Color Measurement to Assess Temperature of Exposure in Cortical and Medullar Heated Human Bones: A Preliminary Study. *Diagnostics*, *10* (11), 979–990.

Ruiz, A., & Molinos, M. (1993). *Los Iberos*. Crítica.

Sandoval-Ávila, C., Martirosyan, A., Cuesta-Aguirre, D. R., Jordana, X., Nociarová, D., de Pardo, G., Santos, C., & Malgosa, A. (2024). Muerte infantil en época ibérica: el complejo arqueológico de Ullastret (Girona, Cataluña). *Trabajos De Prehistoria*, *81*(2)<https://doi.org/10.3989/tp.2024.959>

Santonja Alonso, M. (1993). Necrópolis Ibérica de "El Cigarralejo". Estudio osteológico (comparado con los ajuares). *Espacio, Tiempo Y Forma*, *6*, 297–348.

Serio, I. (2018). Anexo I: Estudio Antropológico. En M. d. R. García Huerta, F. J. Morales Hervás & D. Rodríguez González (Eds.), *De la muerte a la eternidad: la necrópolis ibérica de Alarcos (Ciudad Real)*. Síntesis.

Silva, A. M., Crubézy, E., & Cunha, E. (2009). Bone Weight: New Reference Values Based on a Modern Portuguese Identified Skeletal Collection. *International Journal of Osteoarchaeology*, *19*, 628–641. <https://doi.org/10.1002/oa.998>

Snoeck, C., Lee-Thorp, J., Schulting, R., de Jong, J., Debouge, W., & Mattielli, N. (2015). Calcined bone provides a reliable substrate for strontium isotope ratios as shown by an enrichment experiment. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, *29* (1), 107–114. <https://doi.org/10.1002/rcm.7078>

Squires, K., McKinley, J., Roberts, C. A., & Biers, T. (2025). Cremated Bone in Archaeology: Ethical Considerations in the Excavation, Analysis, Storage, and Display of Cremated Bone in the United Kingdom. *International Journal of Osteoarchaeology*, *35*, e3382. <https://doi.org/10.1002/oa.3382>

- Stiner, M. C., Kuhn, S. L., Weiner, S., & Bar-Yosef, O. (1995). Differential Burning, Recrystallization, and Fragmentation of Archaeological Bone. *Journal of Archaeological Science*, 22 (2), 223–237.
- Surovell, T. A., & Stiner, M. C. (2001). Standardizing Infra-red Measures of Bone Mineral Crystallinity: an Experimental Approach. *Journal of Archaeological Science*, 28 (6), 633–642. <https://doi.org/10.1006/jasc.2000.0633>
- Thompson, T. J. U., Gauthierb, M., & Islam, M. (2009). The application of a new method of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to the analysis of burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 36, 910–914. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.11.013>
- Thompson, T. J. U., Islam, M., & Bonniere, M. (2013). A new statistical approach for determining the crystallinity of heat-altered bone mineral from FTIR spectra. *Science*, 40, 416–422. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.07.008>
- Thompson, T. (2015). Fire and the body: fire and the people. En T. Thompson (Ed.), (pp. 1–18). Oxbow Books.
- Thompson, T. J. U., Szigeti, J., Gowland, R. L., & Witcher, R. E. (2016). Death on the frontier: Military cremation practices in the north of Roman Britain. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, 828–836. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.05.020>
- Weiner, S., & Bar-Yosef, O. (1990). States of preservation of bones from prehistoric sites in the Near East: A survey. *Journal of Archaeological Science*, 17 (2), 187–196. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(90\)90058-D](https://doi.org/10.1016/0305-4403(90)90058-D)
- Zarzalejos Prieto, M., & López Precioso, F. J. (2005). Apuntes para una caracterización de los procesos orientalizantes en la Meseta Sur. *III Simposio Internacional De Arqueología De Mérida: Protohistoria Del Mediterráneo Occidental*, 809–842.

Anexos:

Anexo 1- Códigos de las cremaciones:

Nombre en campo	Nombre en laboratorio
Tumba 5002 - Crátera	ALC18
Tumba 1 – Fosa 9	ALC019
Tumba 9 (9027/9028)	ALC020
Tumba 118 (9074)	ALC021
Tumba 24 (9082-9085)	ALC022
Tumba 25 (9088)	ALC023
Tumba 26 (9097)	ALC024
Tumba 34 (8037-8038)	ALC025
Tumba 35 (8044)	ALC026
Tumba 43 (8080)	ALC027

Anexo 2- Resultados de colorimetría:

Además de los gráficos expuestos en el apartado correspondiente, se presentan a continuación los resultados numéricos de la medición colorimétrica.

Sample	L*	a*	b*
ALC 18.1	81,01	2,27	11,39
ALC 18.4	45,79	-0,59	-2,1
ALC 18.2	25,8	1,01	2,09
ALC 18.3	47,59	7,38	16,65
ALC 19.1	80,58	0,55	5,63
ALC 19.4	28,01	0,77	1,2
ALC 19.2	46,48	1,02	1,69
ALC 20.1	79,23	1,54	10,3
ALC 20.4	59,98	1,26	5,37
ALC 20.2	38	0	0,63
ALC 21.1	80,28	1,18	7
ALC 21.4	64,1	-0,56	0,88
ALC 21.2	21,7	0,95	1,23
ALC 21.3	36,89	4,35	7,47
ALC 22.1	81,26	2,16	8,87
ALC 22.4	55,46	1,5	6,33
ALC 22.2	37,49	2,21	7,27
ALC 23.1	73,06	1,16	8,24
ALC 23.4	52,91	-0,77	-1,28
ALC 23.2	25,31	0,92	0,61
ALC 23.3	54,18	5,09	12,96
ALC 24.1	80,57	2,09	9,53
ALC 24.4	34,67	1,65	3,76
ALC 24.2	25,37	0,84	1,52

ALC 24.3	50,82	9,44	21,17
ALC 25.1	67,95	2,86	12,49
ALC 25.4	49,95	0,94	4,42
ALC 25.2	24,17	0,66	0,56
ALC 25.3	62,91	7,95	21,29
ALC 26.1	66,2	1,2	7,03
ALC 26.4	38,68	0,84	2,24
ALC 26.2	28,79	0,93	1,51
ALC 26.3	38,32	4,92	9,21
ALC 27.1	64,35	1,34	8,64
ALC 27.4	53,54	0,43	3,27
ALC 27.2	24,65	0,76	1
ALC 27.3	60,25	7,98	19,89

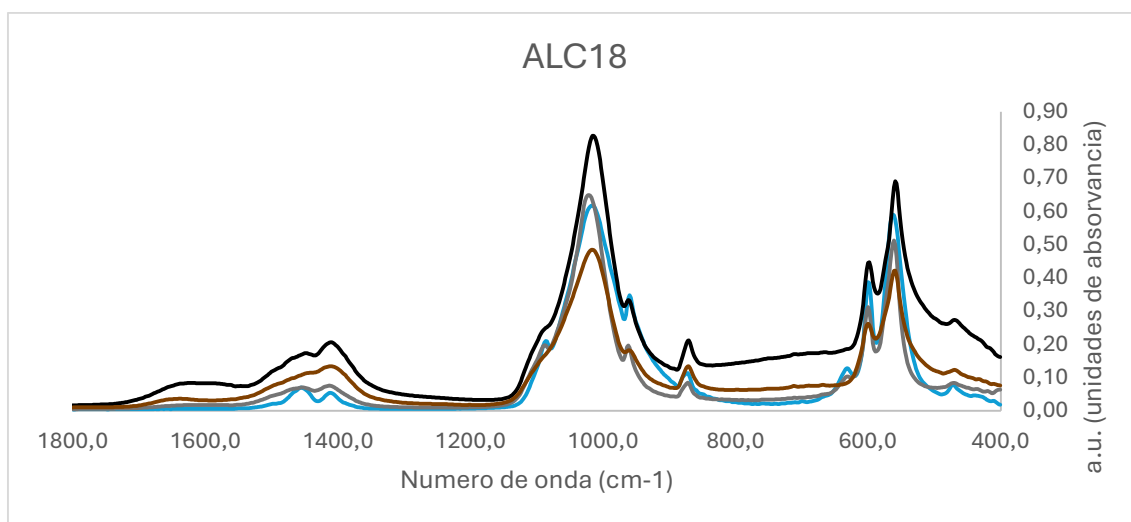
Anexo 3- Resultados de espectroscopía FTIR-ATR:

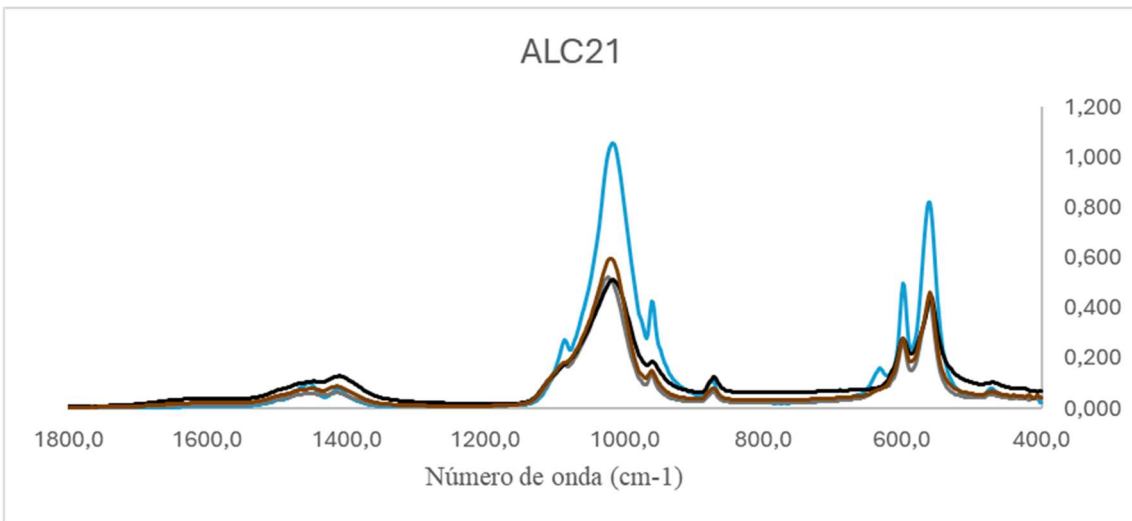
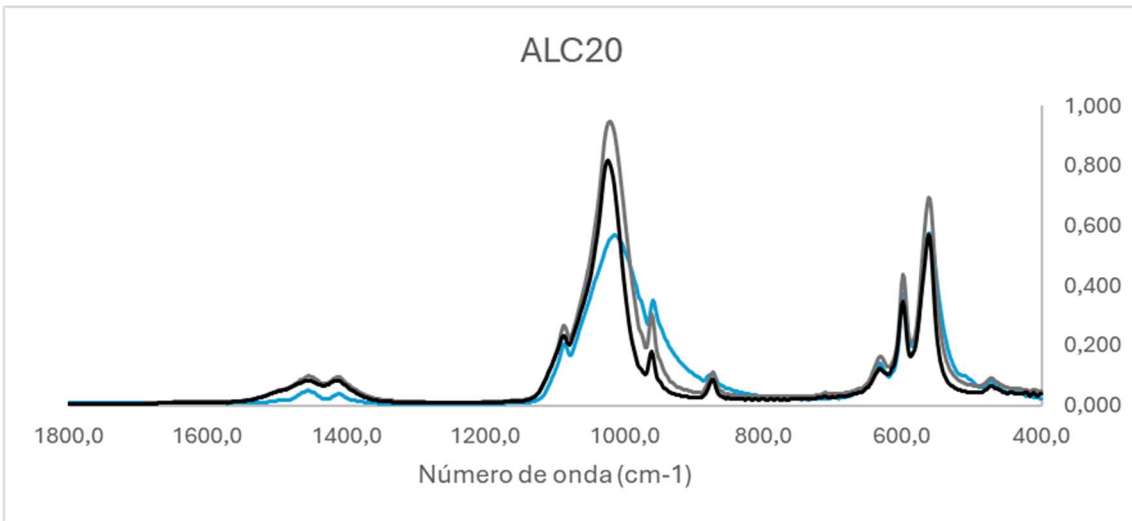
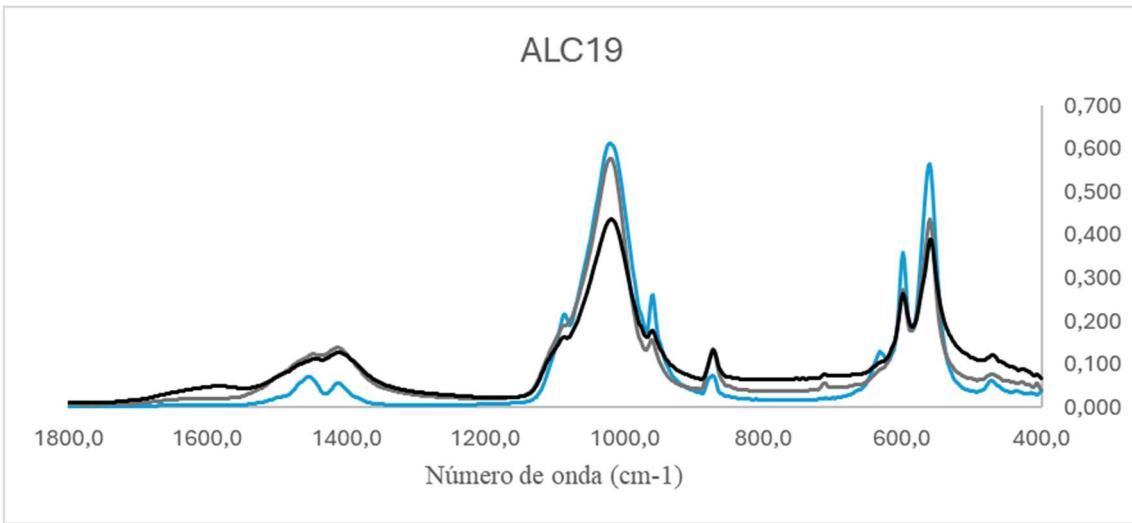
Se exponen a continuación los valores numéricos de los índices de FTIR-ATR así como las gráficas que no han sido expuestas en el apartado 3.3.

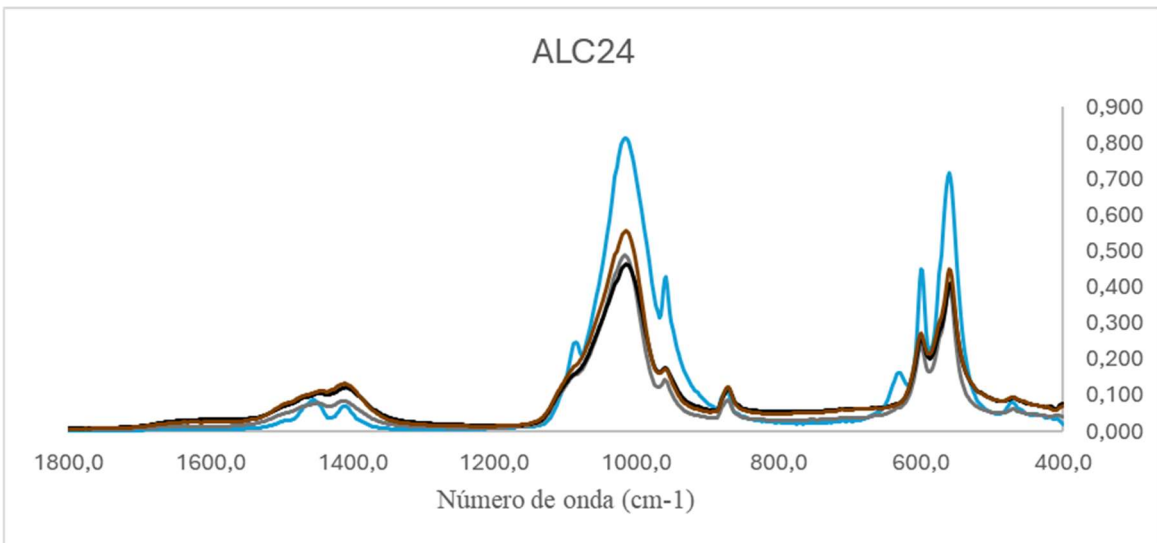
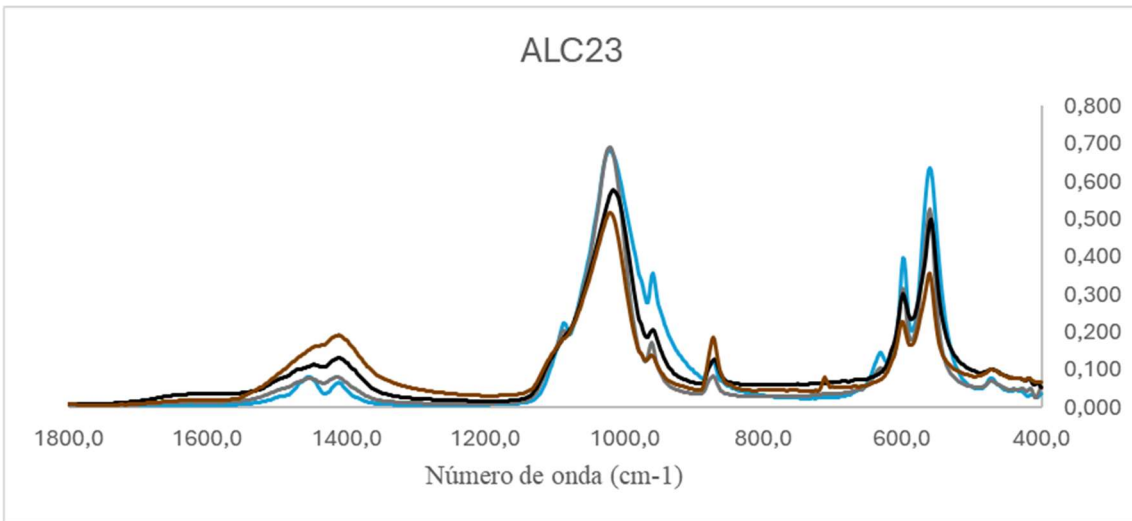
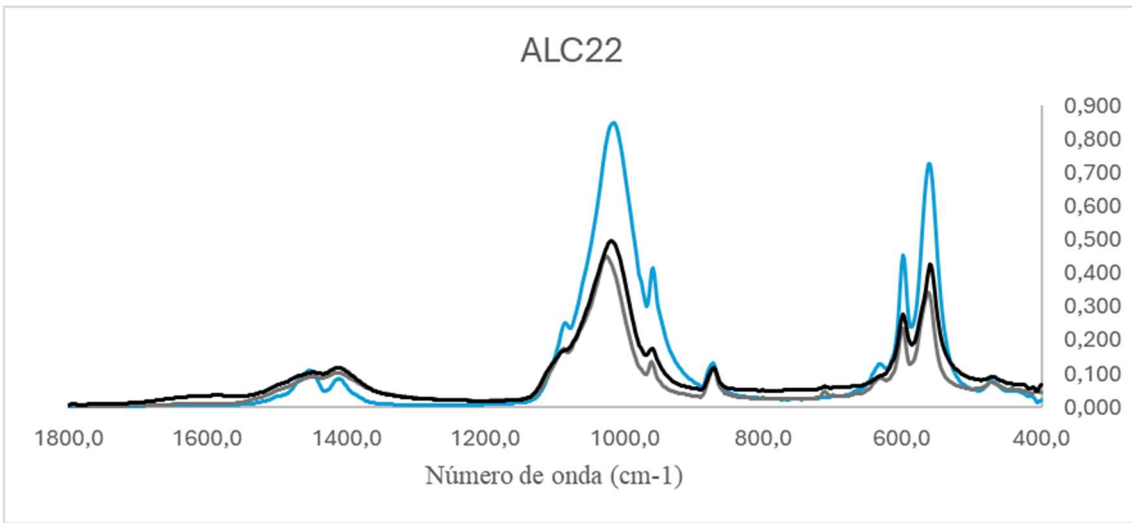
Sample	COL/P	C/P	C/C	IRSF
ALC 18.1	0,00879923	0,08625114	1,29870495	4,8079739
ALC 18.4	0,02696891	0,11554686	0,92451749	4,63164962
ALC 18.2	0,1191073	0,24871208	0,8401779	3,22839596
ALC 18.3	0,08350499	0,27554985	0,85306358	3,15115463
ALC 19.1	0,00698102	0,09173944	1,27126752	5,24217898
ALC 19.4	0,03580265	0,23910183	0,89037311	4,02149232
ALC 19.2	0,08957836	0,29048033	0,87831304	3,48947017
ALC 20.1	0,01535693	0,06782965	1,29071967	4,85306985
ALC 20.4	0,01500809	0,1002145	1,02713464	5,40673689
ALC 20.2	0,01378585	0,10089695	1,01289548	5,62134205
ALC 21.1	0,00669001	0,07639121	1,26202737	5,58530672
ALC 21.4	0,02287216	0,12044522	0,96387515	4,54375305
ALC 21.2	0,07799601	0,25083868	0,83983072	3,32930643
ALC 21.3	0,03520889	0,14612216	0,89969967	3,99448894
ALC 22.1	0,00830511	0,10014838	1,28144754	4,95841987
ALC 22.4	0,02008933	0,22953979	0,88352049	4,53739534
ALC 22.2	0,06361388	0,23789746	0,88544587	3,75658873
ALC 23.1	0,00978624	0,09537824	1,24893535	5,08720043
ALC 23.4	0,02214826	0,11501001	0,96259013	4,73795471
ALC 23.2	0,06665698	0,22648279	0,86571019	3,42819295
ALC 23.3	0,03587324	0,36949869	0,85394917	3,54675864
ALC 24.1	0,0080933	0,08698477	1,24703636	5,18513421
ALC 24.4	0,03251298	0,17233133	0,93440093	3,88120481
ALC 24.2	0,07390154	0,26176119	0,87295356	3,29859853
ALC 24.3	0,05100627	0,23736412	0,84312091	3,36909231
ALC 25.1	0,01051684	0,06146029	1,32322668	5,4381809
ALC 25.4	0,01711196	0,1835172	1,00440275	4,49589577
ALC 25.2	0,09527653	0,2578041	0,87249722	3,4386957
ALC 25.3	0,06816221	0,63461331	0,82719491	2,88621511

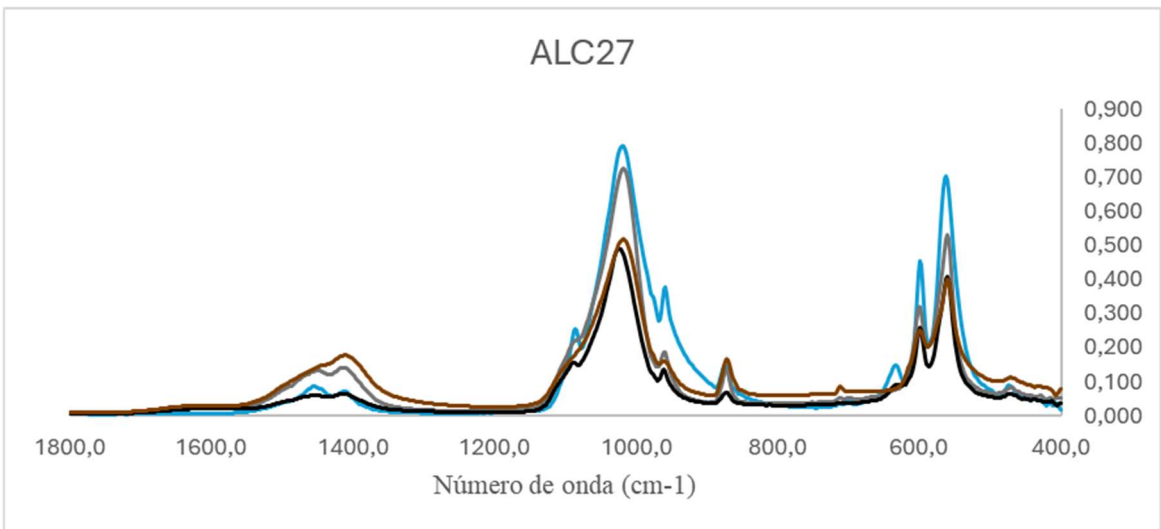
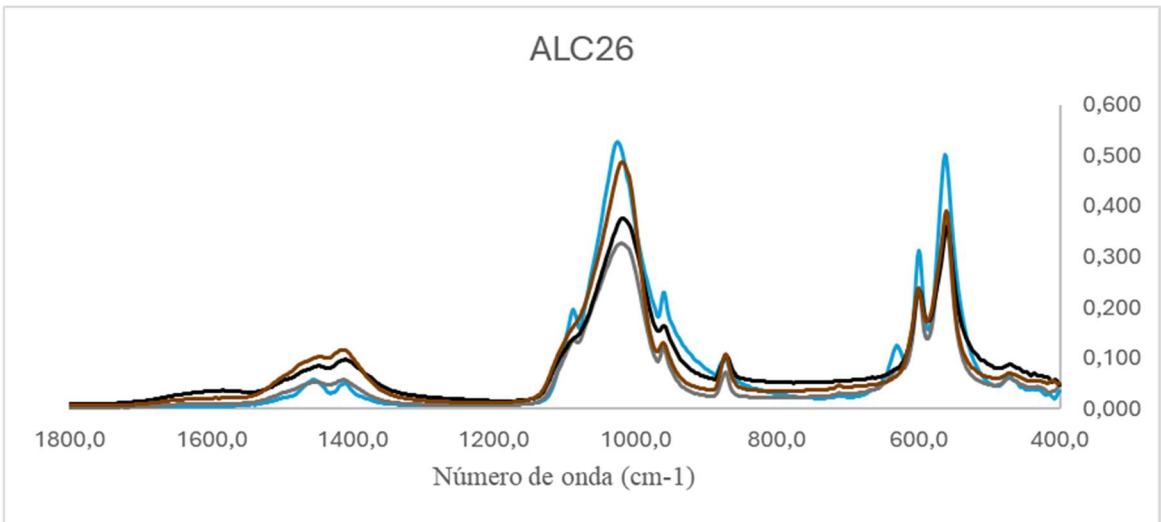
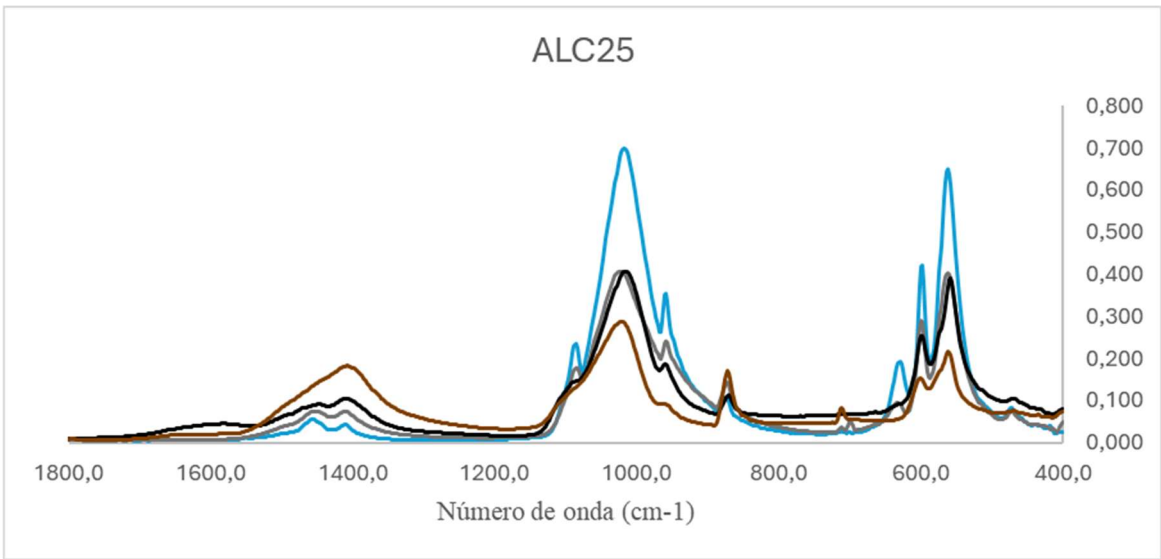
ALC 26.1	0,00875161	0,09325137	1,17657008	5,19706423
ALC 26.4	0,02712261	0,17243048	0,93795283	4,37831624
ALC 26.2	0,08136319	0,25664621	0,87210468	3,45083001
ALC 26.3	0,04016086	0,23774526	0,88786649	3,65150468
ALC 27.1	0,00806245	0,0892821	1,21611602	5,49127468
ALC 27.4	0,03010631	0,19567918	0,9420104	4,19408538
ALC 27.2	0,03958067	0,13193119	0,92852948	4,56238258

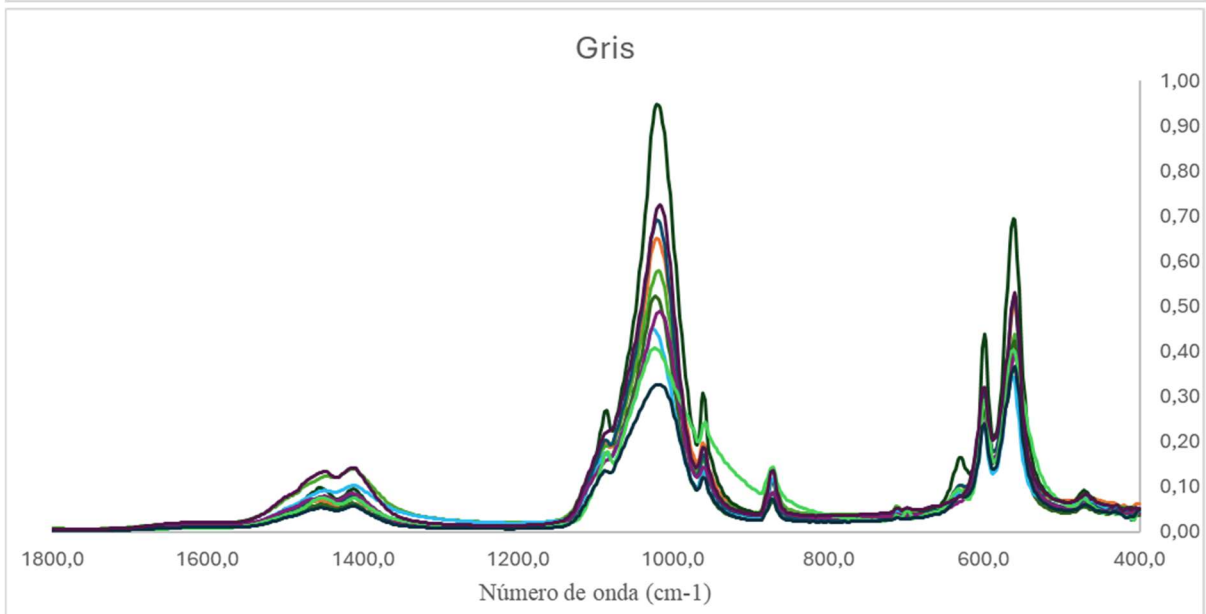
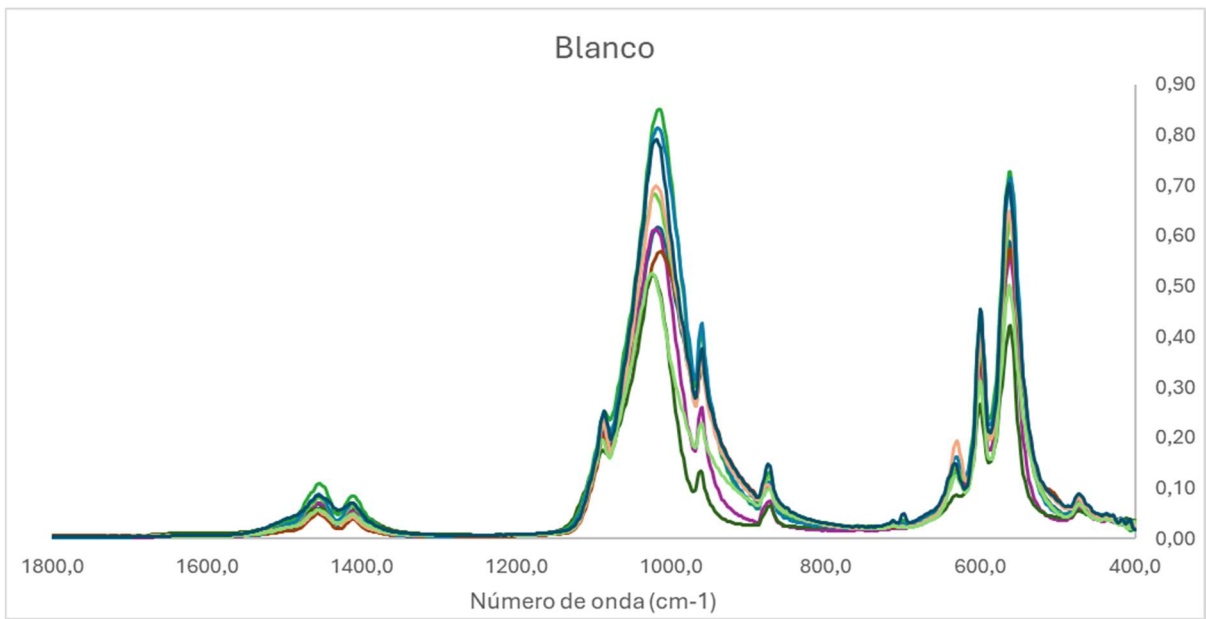
Continuando con los resultados de la espectroscopía FTIR-ATR se exponen a continuación los espectros de las muestras. Se presentan de forma superpuesta las muestras correspondientes a un mismo individuo, exponiendo los datos con su respectivo color, excepto las muestras blancas que, para una mejor visualización, se muestran de color azul. A continuación, se presentan las muestras del mismo color agrupadas.

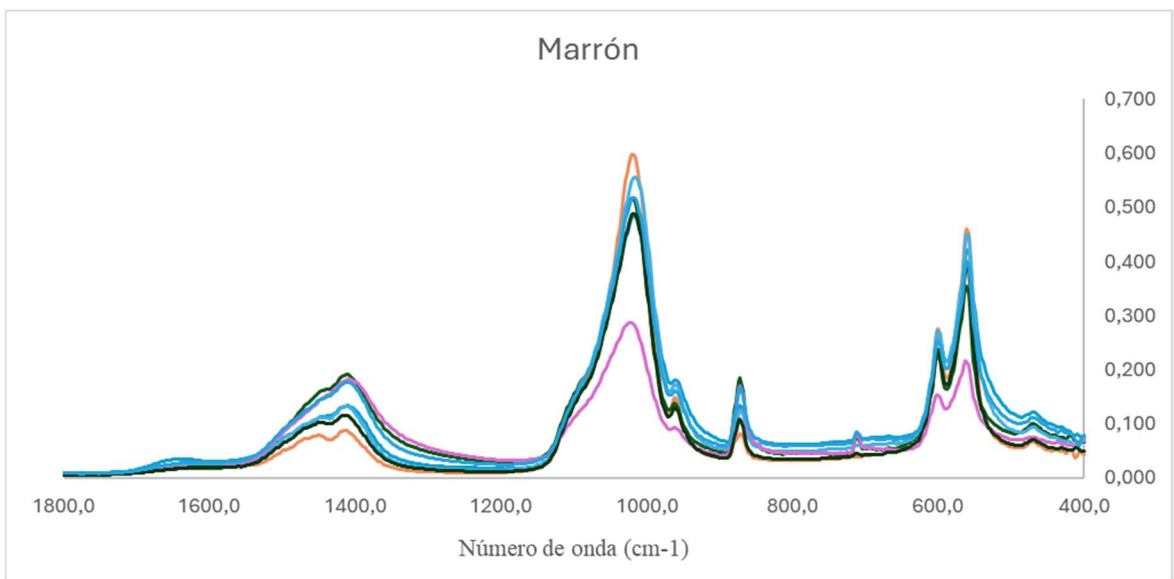
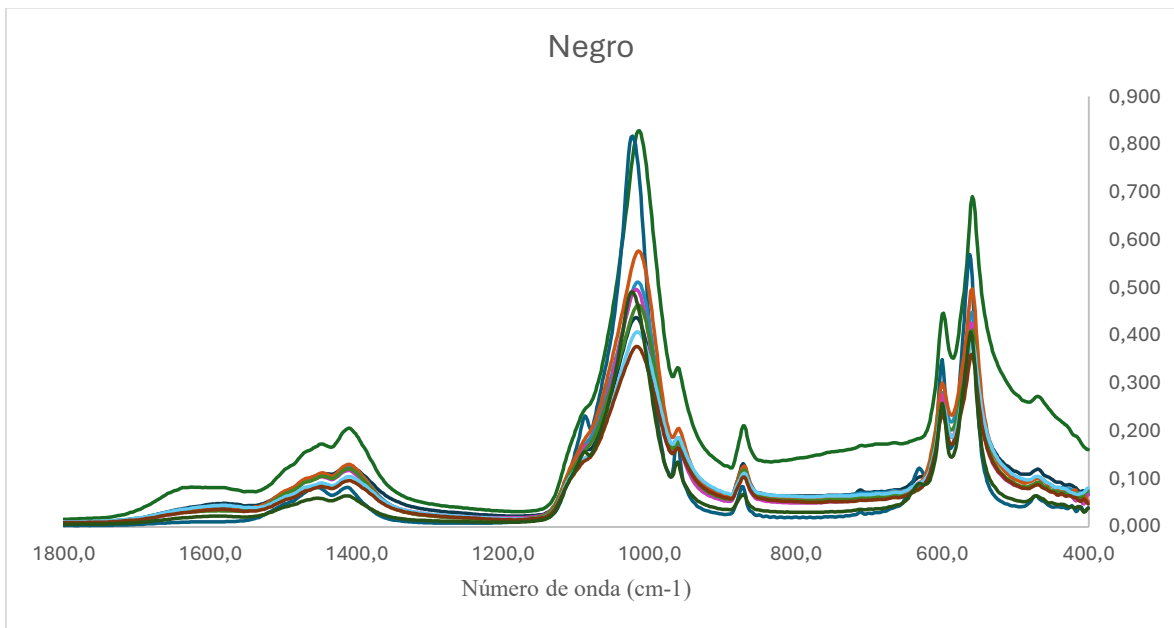






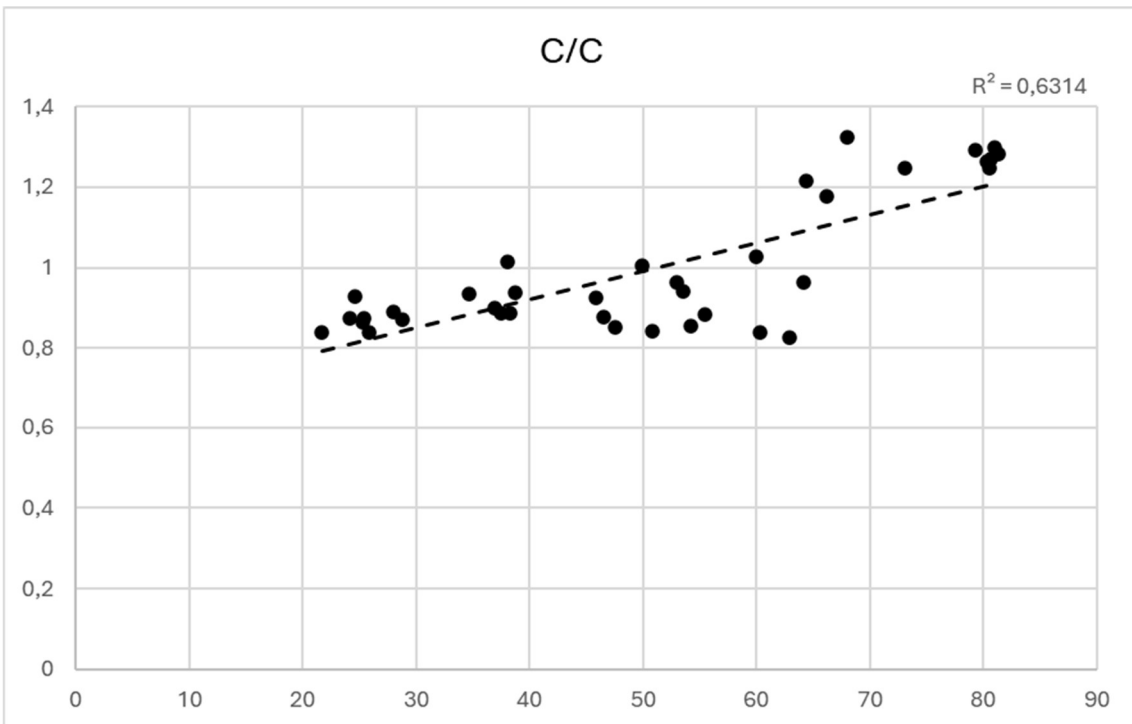
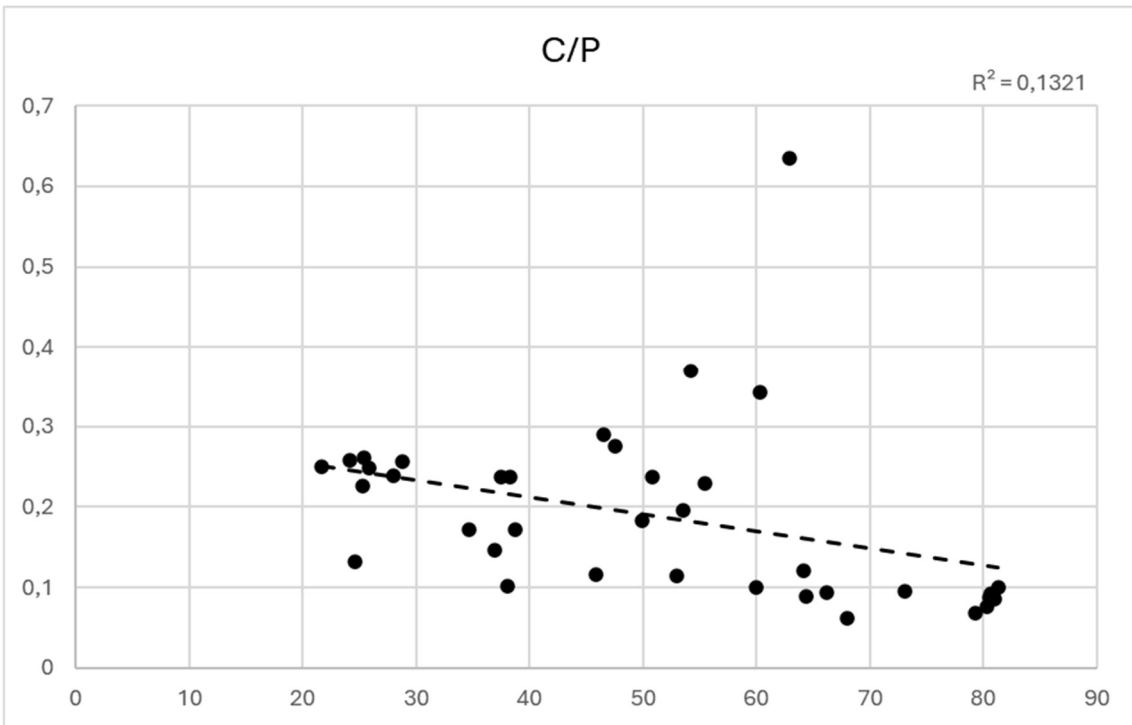






Anexo 4- Comparación de colorimetría con índices FTIR:

Se presentan a continuación las gráficas de dispersión que permiten comparar los resultados del estudio colorimétrico con los del espectroscópico, y que no han sido introducidas en el apartado 4.3.



Anexo 5- Fotografías:

5.1-Tratamiento de las muestras



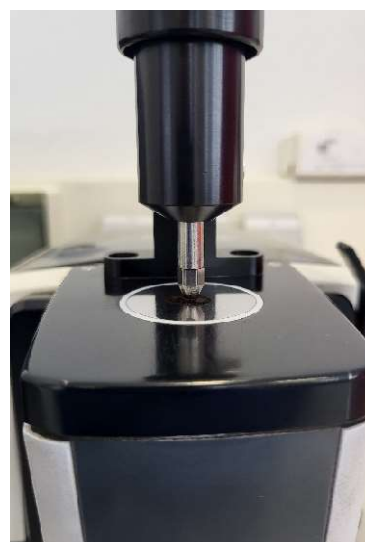
Huesos tras el primer lavado con ultrasonidos del ciclo.



Huesos tras el último lavado con ultrasonidos del ciclo.

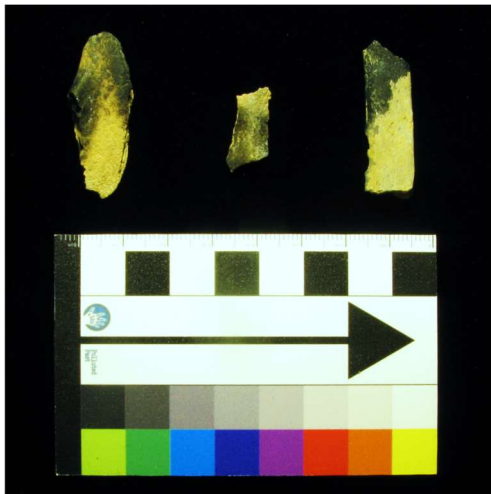


Medición en colorímetro

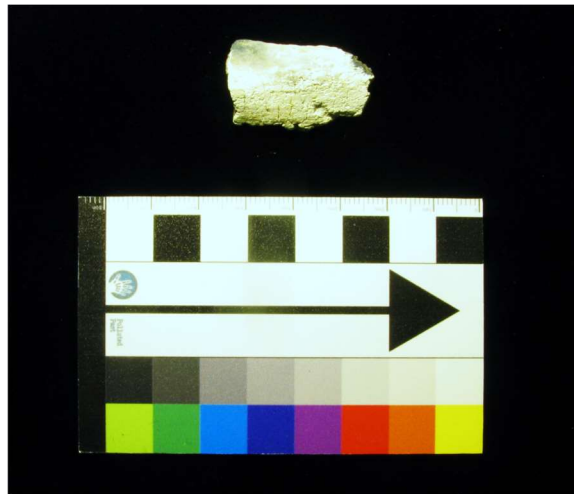


Medición en FTIR-ATR

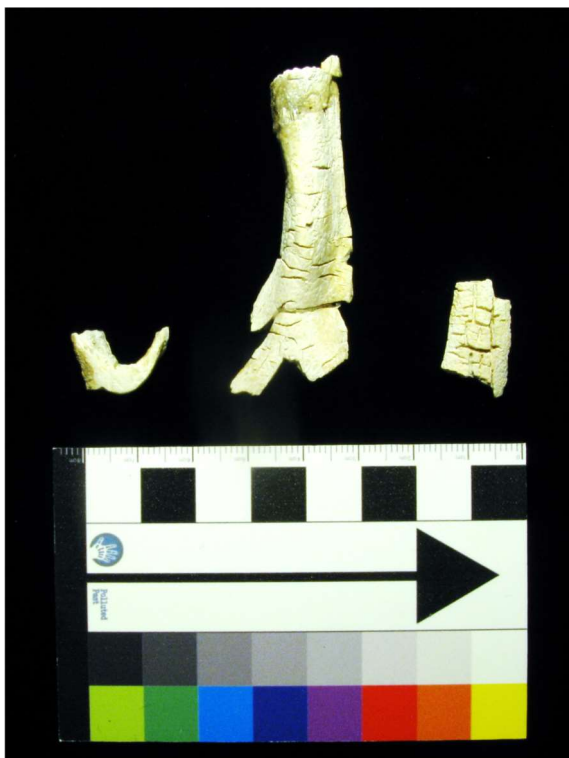
5.2-Cambios de color y fracturas



Cambio cromático de marrón a negro
Grados 2-3 según Stiner et al. (1995)



Cambio cromático de negro a blanco
Grado 5 según Stiner et al. (1995)



Ejemplos de algunos tipos de fracturas por calor en huesos largos.

Izquierda: Fractura transversa curvada (fractura concoidea o “thumbnail fracture”)

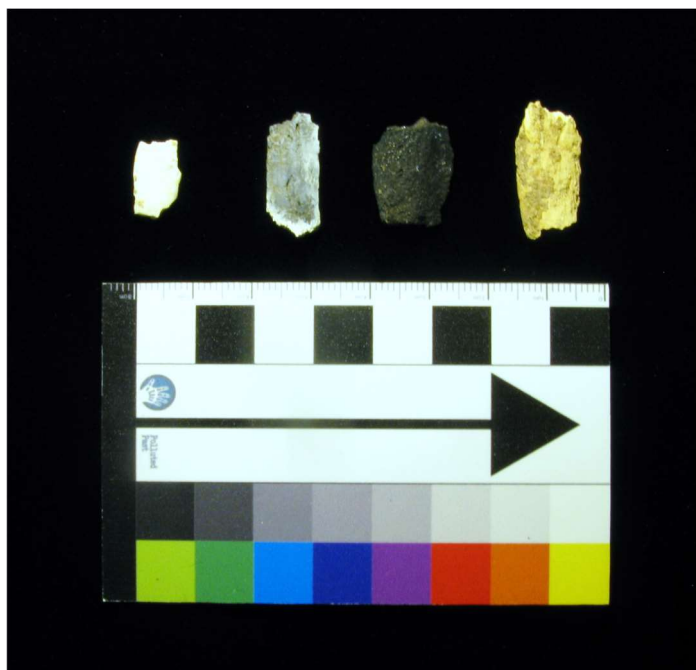
Centro: fracturas transversas

Derecha: Fracturas transversas y longitudinales

(Minozzi & Canci, 2015)

(Buikstra & Ubelaker, 1994)

5.3- Muestras:



Selección de muestras. De izquierda a derecha:

- Blanco (muestras “1”),
- Gris (muestras “4”),
- Negro (muestras “2”)
- Marrón (muestras “3”)

5.4-Tamaños de los huesos largos de ALC20

Entre los diez individuos se han seleccionado algunos fragmentos de los huesos largos de ALC20 para mostrar la diversidad de tamaños. Se trata, pues, tan solo de un ejemplo.



En las dos filas superiores huesos blancos ordenados por tamaño.

En la fila inferior huesos grises de ALC20.