

YACIMIENTOS DE ARCILLA EN LA PROVINCIA DE
GRANADA EXPLOTADOS ENTRE LOS SIGLOS XVI-XIX:
CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y PETROGRÁFICA

Lucía Rueda Quero
Giuseppe Cultrone
Carmen Bermúdez Sánchez

INCLUYE INFORMACIÓN AMPLIADA EN CD ADJUNTO

GRANADA, 2024

Publicación financiada por el Proyecto de Investigación I+D+i, (HAR2012-239512): Proyecto Terránica, del Ministerio de Economía y Competitividad.

© DE LOS AUTORES

© DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

YACIMIENTOS DE ARCILLA EN LA PROVINCIA DE GRANADA
EXPLOTADOS ENTRE LOS SIGLOS XVI-XIX: CARACTERIZACIÓN
FÍSICA Y PETROGRÁFICA.

Depósito Legal: Gr. 874-2024

ISBN: 978-84-338-7436-8

Edita: Editorial Universidad de Granada

Diseño Cubierta: Tarma, estudio gráfico

Diseño Carátula CD: Tarma, estudio gráfico

Maquetación: Carmen Bermúdez Sánchez y Lucía Rueda Quero

Imprime: Gráficas la Madraza. Albolote. Granada.

Printed in Spain Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

A los Doctores:
D. Enrique Barahona Fernández
y D. José Luis Garzón Cardenete
por sus impecables investigaciones, que
han sido aportaciones imprescindibles
para la elaboración de este trabajo

*No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de
comprender los aspectos más íntimos de su naturaleza.
Si buscas la individualidad entenderás el todo.*

L. Rueda y C. Bermúdez

ESTA PUBLICACIÓN RECOGE el aspecto fundamental de la composición de origen de los yacimientos de arcilla de la provincia de Granada, proporcionando información apreciable para el conocimiento de las características y propiedades de base de los mismos.

El interés que podría tener esta información, en nuestro caso, está directamente relacionado con el conocimiento de la materia prima y sus propiedades para la fabricación de materiales de construcción y el conocimiento de los suelos.

Los resultados de los análisis físico-químicos, o sea la caracterización, de los yacimientos históricos de arcilla de la provincia de Granada son de gran ayuda para la verificación de la calidad de un proyecto, de los materiales o suelos, entre otros, como empresa que somos de control de calidad de la construcción y obra pública, y que nos dedicamos a la realización de ensayos para determinar la calidad de los materiales, su correcta puesta en obra y, con ello, asegurar la calidad de las unidades de obra ejecutadas.

El interés es sin duda múltiple y muy recomendable para los profesionales que trabajan en este ámbito.

Sara Navarro García

Delegada de Granada

CEMOSA

CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES
Y CONTROL DE OBRA, S.A.

EN EL CAMPO DE LA INTERVENCIÓN sobre patrimonio inmueble con técnicas de construcción tradicionales, existen pocas referencias y estudios serios de caracterización de materiales, dedicados exclusivamente a la restauración. El barro suele ser uno de los materiales más variables, complejos y poco estudiados, y en cada construcción de cada municipio tienen una composición, comportamiento y propiedades diferentes.

Las tejas, los ladrillos, las cerámicas decorativas, azulejos, zócalos, terrazos, pavimentos... todos estos materiales constructivos y decorativos de barro tradicionales, antiguos y de exigida restauración deben ser reintegrados con piezas de características lo más similares posibles, y para ello necesitamos la información de la propia zona en la que fueron elaborados en el pasado.

Es por eso que este estudio exhaustivo y pormenorizado de los diferentes yacimientos históricos de arcilla de la provincia de Granada cubren un área de información muy útil y práctica para nuestro ámbito de trabajo. Nos permite conocer realmente las características de los productos de barro de las diferentes zonas y, por tanto, seleccionar el producto apropiado a cada restauración arquitectónica con técnica tradicional.

Sólo podemos desear que este tipo de estudios se amplíen al resto de provincias con la misma dedicación y claridad de resultados.

Ginés Méndez Valverde

C.E.O.

LORQUIMUR S. L. CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

ES CONDICIÓN OBLIGADA el concurso operativo interdisciplinar en los procesos de catalogación y autenticación artística dada la complejidad que acota dicha labor. Este sistema de trabajo integrador y técnico se orienta hacia el conocimiento diversificado y contrastado del objeto estudiado; un fundamento clave en cualquier juicio crítico donde sus-
tentar una propuesta o confirmación de autoría o la cronología de una obra.

Si tradicionalmente dichos puntos se han apoyado en la validez de los métodos de investigación de la Historia del Arte (análisis estilístico, documental e iconográfico), hoy se suman con fuerza, por su total relevancia, los estudios de materialidad en la caracterización de los soportes de las obras de arte.

Un material que goza de plena autonomía y desarrollo artístico, con especial significación dentro de la disciplina escultórica, es el barro o arcilla. En este particular, el estudio de los yacimientos de arcilla de la provincia de Granada, fuentes de materia prima donde se abastecían artistas locales y foráneos, ofrece una aplicabilidad de información que nos aproxima a contextos que tratan sobre la propia génesis creativa y caracteres físicos de la obra de arte.

Al campo de la catalogación y autenticación, subrayar su más definitiva contribución en la resolución de las problemáticas en torno a la data y la geografía del material.

José Javier Gómez Jiménez

Historiador del Arte
Técnico de Patrimonio Histórico y Tasador de Arte

LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA de los yacimientos históricos de arcilla de la provincia de Granada nos parece muy interesante, ya que consideramos que es imprescindible, antes de iniciar una intervención, realizar un estudio composicional y textural de los distintos materiales presentes en la obra. En el caso de las terracotas, este estudio nos aportará datos de su localización geográfica por correlación con las muestras estudiadas de las piezas a intervenir, así como los deterioros a los que son susceptibles. Éstos son datos fundamentales a la hora de decidir los tratamientos y productos a utilizar en la conservación de dichos materiales.

De todo ello se deduce que es fundamental el estudio analítico previo en toda intervención de restauración, ya que nos ofrece unos conocimientos que nos permiten plantear los procedimientos, así como nos aporta la garantía de estar actuando de la manera más adecuada, lo que al fin y al cabo, redundará en el resultado final y su futura conservación en un período de tiempo.

Julia Ramos Molina

Restauradora de Bienes Culturales

JULIA RAMOS RESTAURACION DEL PATRIMONIO S.L.

CUANDO UN BIEN CULTURAL entra en una institución para su custodia, estudio, conservación y difusión adquiere además un nivel de protección superior por la incontestable importancia que emana de su autenticidad.

Determinar la procedencia y el contexto de los bienes culturales son aspectos fundamentales en el estudio, correcto conocimiento y apreciación del patrimonio. El objetivo último es identificar, documentar su historia de la manera más completa posible, determinar su relevancia y comunicarla de forma que pueda ser accesible a todos los niveles; desde el más científico al más divulgativo.

El proceso comienza con el intento de precisar el origen de los materiales utilizados para su manufactura, es decir, la caracterización de las materias primas. Es además importante la comprensión de su proceso de fabricación, así como su uso y significado. La vida de un bien es más o menos larga y el interés radica en que a lo largo de su existencia va acumulando evidencias que le hacen merecedor de ser conservado como parte de la memoria de la humanidad. La documentación de ese proceso no es sencilla, hay muchos profesionales de diferentes disciplinas implicados y su relación y coordinación se hace imprescindible.

Esta publicación nos recoge el aspecto fundamental de la determinación del origen, proporcionándonos la descripción de la planificación, metodología científica y procedimientos utilizados para el conocimiento de un contexto muy importante de nuestro patrimonio cultural. La información obtenida es muy relevante y tendrá mucha importancia en la conservación y restauración de muchos bienes, en su registro e identificación, así como en la comprensión de su significado.

El interés es sin duda múltiple y muy recomendable para los profesionales que trabajan en el ámbito del patrimonio.

Isabel García Fernández

Museóloga
Universidad Complutense de Madrid

EL ESTUDIO DE LA CULTURA MATERIAL del pasado ha sido siempre esencial para caracterizar las culturas y los grupos humanos, no sólo en el caso de la Prehistoria sino también cuando se cuenta con fuentes escritas. Hace ya varias décadas, estos estudios se nutren del concurso de otras ciencias, en lo que se viene denominando Arqueometría.

En el caso de materiales cerámicos, diversas técnicas se aplican para caracterizar e intentar averiguar la procedencia de estos materiales y se han realizado analíticas puntuales que contrastan hipótesis de partida muy específicas. Con trabajos como éste, en el que se efectúan analíticas sistemáticas de identificación de depósitos de arcilla en un extenso territorio de la provincia de Granada, se da acceso a los profesionales de la arqueología e historiadores a una colección de muestras que permitirá establecer la relación entre producciones cerámicas, talleres y fuentes de aprovisionamiento de la materia prima.

La caracterización de los depósitos de arcillas es una herramienta indispensable para poder identificar la procedencia de un material tan representativo y tan abundante como la cerámica, elemento básico de la cultura material de los pueblos de la península en los últimos 6.000 años, facilitando así conocer las vinculaciones en cada momento con sus territorios circundantes: movimientos de población estacionales, relaciones comerciales, económicas y culturales.

El trabajo que se presenta aquí podrá ser utilizado para contrastar información de analíticas realizadas sobre materiales cerámicos de excavaciones antiguas, pero también posibilita plantear nuevos estudios más ambiciosos. Además, invita a seguir avanzando en este tipo de estudios para completar y ampliar la muestra de yacimientos de arcilla.

Trabajos como éste nos permiten seguir avanzando en el conocimiento de nosotros mismos y de nuestras culturas.

Jesús Bermúdez Sánchez

Arqueólogo. Técnico de Patrimonio Histórico
Comunidad de Madrid

María Perlines Benito

Arqueóloga. Técnica arqueóloga JCCM
J.S. Museos, Exposiciones y Difusión del Patrimonio Cultural. JCCM

Prólogo

ACEPTADA LA IMPORTANCIA que tiene el soporte material en el proceso de deterioro de cualquier tipo de bien cultural, se hace imprescindible conocer sus características y propiedades. Éste es el caso de la arcilla, material de base para una gran cantidad de producción artística, patrimonial y etnológica, que hasta el momento adolecía de una investigación tan detallada y profunda como la que se recoge en esta publicación.

Teniendo en cuenta la abundancia de yacimientos arcillosos de la provincia de Granada, y la diversidad de usos y aplicaciones a lo largo de la historia que se ha dado a este material, resultaba imprescindible el estudio completo y sistemático de sus localizaciones y de sus orígenes. Era esencial disponer de una base de conocimientos de estos yacimientos que permita establecer sus características comunes y sus diferencias composicionales, que constituya una suerte de catálogo que habilite, incluso, para fijar de manera fiable la procedencia de una obra determinada, mediante la comparación con el catálogo que se presenta en este libro.

Los autores desde su formación científica uno y humanística las otras como restauradoras del arte, han abordado estos estudios aunando procedimientos y metodologías más propios de las ciencias experimentales, y con ello se ha puesto de manifiesto que la sinergia de un esfuerzo multidisciplinar coordinado en la Restauración y Conservación del Patrimonio Cultural es el planteamiento más lógico y eficaz.

La publicación que el lector tiene entre sus manos es un compendio de una parte sustancial del trabajo de investigación que se formalizó en la Tesis Doctoral de Lucía Rueda Quero bajo la dirección de los Doctores Giuseppe Cultrone y Carmen Bermúdez Sánchez, y representa el mejor ejemplo de que los esfuerzos aunados con perseverancia y amplitud de miras proporcionan una gratificante recompensa. Con esta investigación se demuestra la fuerte vocación investigadora de personas

que atesoran una formación, una experiencia y un rigor profundo. Sus estudios sobre esculturas policromadas avalan estas opiniones justificadamente. Esta tipología de esculturas, consideradas a veces a modo de "*arte menor*", que adolecían hasta el momento actual de una investigación detallada, además de una carencia casi total de documentación y referencias acerca de su métodos de fabricación y de todos los aspectos relativos a su constitución matérica, que en definitiva es aquello que condiciona decisivamente su alteración y, por tanto, su pervivencia en el tiempo.

En esta obra se abordan de manera extensa la localización así como los estudios químicos, físicos y mineralógicos de una gran cantidad de yacimientos arcillosos utilizados históricamente entre los siglos XVI-XIX, lo cual establece una base de información muy útil y oportuna para las áreas de la arqueología, de la restauración e incluso las del ámbito de la historia del arte.

Es destacable el hecho de que este trabajo de investigación ha conseguido un notable logro gracias a la labor conjunta y coordinada de dos departamentos y disciplinas, a priori, muy alejadas, como son el Departamento de Escultura (Dra. Carmen Bermúdez) y el Departamento de Mineralogía y Petrología (Dr. Giuseppe Cultrone) ambos de la Universidad de Granada. Estos dos profesores, con sus aportaciones y contrastada experiencia investigadora en ámbitos del conocimiento tan dispares, han confirmado, con la culminación de esta memoria, la idoneidad y la eficacia del trabajo coordinado de los equipos multidisciplinarios.

Eduardo Sebastián Pardo

Catedrático de Universidad

Departamento de Mineralogía y Petrología

Universidad de Granada

Introducción

CASI TODAS LAS CULTURAS han hecho uso del barro desde la Prehistoria, a partir del Paleolítico Superior con unos 20.000 años de antigüedad, y en unas culturas con más tradición y profusión que en otras. La fabricación y especialización de objetos y materiales pervivieron en mayor o menor número fluctuando según el asentamiento de los alfareros y, por supuesto, la proximidad a grandes explotaciones arcillosas de calidad. Ello puede traducirse como una mayor especialización y perfeccionamiento de las técnicas de horneado y modos de producción alfarera de los talleres individuales, que irán cediendo paso a talleres de producción más compleja. Ésta parece ser una de las bases de mayor peso que justifican en la provincia de Granada la continuidad de la elaboración y su profusión y que deriva en el perfeccionamiento de esta producción: la riqueza y cantidad de afloramientos de tierras arcillosas.

Hay que señalar que, a pesar de la apariencia de regularidad con la que parece asentarse la producción alfarera y cerámica en la provincia de Granada, no existe a día de hoy constancia documental de ello de manera generalizada y continuada a partir de descubrimientos y estudios arqueológicos. Si bien la evolución marca unas tendencias generales, no puede considerarse lineal ni constante en unas mismas zonas desde un principio. Probablemente lo que parece reflejar este cambio es, entre otros, que la producción autóctona aumenta o disminuye proporcionalmente a la frecuencia de las piezas traídas de otros puntos, o con otras influencias, hasta asentar unos talleres de producción estable, algo que se hace más evidente en nuestra provincia entre los siglos VI al XI. A medida que avanza el tiempo las piezas encontradas en yacimientos arqueológicos tienden a concentrarse en torno a zonas determinadas, a desaparecer en unas y a aparecer marginalmente en otras. La mayoría relacionadas a producciones asociadas con actividades de la manufactura doméstica y elementos constructivos. Por poner algún ejemplo, tenemos

los descubrimientos arqueológicos del Cerro de los Infantes, en Pinos Puente, donde se descubrió un horno alfarero que habría estado en activo durante los siglos VII-VI a. C.; o la crátera de campana de figuras rojas de la cultura ibérica, datada en el siglo IV a.C. en la zona de Baza,... o las piezas encontradas a lo largo de toda la Vega de Granada como el Cerro de la Solana de la Verdeja, el Cerro del Molino del Tercio, Cerro del Sombrerete, Pago de los Tejoletes, ... Algunos de los núcleos con talleres se extinguen en unas zonas mientras en otras perviven todavía, como son los de Almuñecar, Motril, Alhama de Granada, Loja, la propia capital o Guadix, donde encontramos, por ejemplo, los cántaros tradicionales, las orzas y las llamadas jarras accitanas (llamadas así por la ciudad romana de Acci). En definitiva, podemos apreciar la evolución, seguimiento y constatación de la existencia de talleres y alfares que queda reflejada desde la enorme producción expuesta en el Museo Arqueológico Provincial hasta la colección de arte costumbrista del XIX en el Museo Casa de los Tiros, ambos en Granada. El uso que se hace de la cerámica es principalmente doméstico y para el sector de la construcción, ladrillos, tejas, azulejos y todo tipo de complementos, si bien hay paralelamente una gran producción de otro tipo de trabajos más especializados y enfocados a la producción artística, de mayor profusión en los siglos XVI al XIX.

Lo que parece muy posible es que la tradición y el trabajo del alfarero de manera continuada en la provincia de Granada se remonte incluso antes de la época medieval, apareciendo una producción bastante asentada y especializada a partir del siglo VI. Esto se constata, entre otros, por el impresionante Alfar Romano ubicado junto al río Beiro en los terrenos del Cercado Alto de Cartuja, un importante complejo de producción datado entre los siglos I y mediados del II d.n.e. con estructuras documentadas de espacios de trabajo, de preparación y almacenamiento de arcillas, canalizaciones de suministro hidráulico, puntos de vertidos, y más de diez hornos de distintos tamaños y orientaciones¹, lo más parecido a una explotación industrial de nuestros días.

¹ MORENO PÉREZ, ORFILA PONS, SÁNCHEZ LÓPEZ (2017) pág.24.

Miremos por donde lo miremos, la historia de la provincia de Granada está ligada al mundo de la alfarería desde antes de la llegada de los musulmanes que, aunque traen su propia forma de producir y elaborar piezas, parece razonable que hagan uso de la materia prima y los hornos de los alfareros que ya estaban asentados en Granada e intercambiasen maneras de trabajar. Cuando la cerámica nazarí de reflejos metálicos, considerada como una de las piezas cumbre de la cerámica esmaltada, llega desde el reino nazarí hacia el siglo XIII a la zona de Paterna y Manises, ya salían de los hornos de Granada los espectaculares jarrones de la Alhambra de dos asas planas². La excepcional forma de trabajar confirma que, aunque el mayor auge de producción cerámica parece darse en los siglos de la dominación musulmana, ya existían previamente una tradición y gran experiencia asentadas que continuará tras la reconquista, aunque con esos altibajos ya mencionados.

En Granada capital, ocurre más o menos igual que en el resto de la provincia, aunque solo está constatada por ahora la existencia de los primeros alfares y hornos desde el siglo XI en uno de los barrios más antiguos: el barrio del Realejo, un barrio ubicado extramuros siguiendo el eje de la actual calle Santiago, el Arrabal de los Alfareros³, y en el Campo del Príncipe, además del mencionado anteriormente Alfar Romano de Cartuja en el cinturón. Estos alfares fueron creados al amparo de la acequia Gorda o a un ramal de ésta, la acequia de las Tinajas, que debió ser construida por las mismas fechas. También podemos constatar otro núcleo importante en el barrio del Albaicín, cuyo origen se remonta al siglo XVI, y que pervive hasta la actualidad⁴.

La abundancia de yacimientos de arcilla existentes en la provincia de Granada y su dilatada aplicación en todos los campos a lo largo de la historia (arqueología, arquitectura, artesanía y obra escultórica), justifica la necesidad de conocer en profundidad sus características. Sin embargo, hasta la fecha no se han prodigado los estudios de estos yacimientos, sus

² <https://espanafascinante.com/lugares/pueblo-medieval-castillo/> [07/02/2024].

³ RODRÍGUEZ AGUILERA (2023), pág.36.

⁴ RODRÍGUEZ y BORDES (2001), pág. 3.

características y propiedades, que hacen de la manufactura y producción alfarera granadina algo tan característico y en muchos casos distintivo de la zona. Incluso en la actualidad pervive en ciertos tipos y tipologías de manufacturas y acabados. Algunos estudios básicos solo los podemos encontrar en el espléndido trabajo que realiza BARAHONA (1974), del que cualquier estudioso en este campo debe partir por ser el más significativo referente de la provincia. Nosotros hemos ido un poco más allá profundizando y aumentando los estudios de los yacimientos ya localizados por este investigador, actualizando su localización y estado de explotación y ampliado el número de yacimientos muestreados. Por supuesto, los estudios analíticos llevados a cabo sobre todos ellos son más amplios y rigurosos, no solo por nuestro interés en profundizar aún más en los estudios de las características y propiedades de los mismos, también por contar con la técnica e instrumental necesarios, y de los que en la época de la publicación de este autor no se disponía.

El uso y la explotación del barro, como se ha comentado, ha sido muy importante por toda la geografía granadina, al ser muy abundantes los yacimientos superficiales de tierras arcillosas. GARZÓN (2004) en su estudio sobre la fajalauza granadina actual centra su atención en la zona geográfica ubicada al noreste de la capital, al ser la de más extensa formación arcillosa y mayor tradición de explotación. Esta zona es también señalada por RODRÍGUEZ Y BORDES (2001) como el centro alfarero principal a partir del siglo XVI: especialmente los barrios de Albacín, Cartuja y San Isidro⁵, abastecidos desde los yacimientos de Víznar, El Fargue, Beiro y Jun, donde de hecho aún se conservan nombres de calles como “Ronda de los alfareros” o “Calle Fajalauza”, y donde han sido documentados talleres y fábricas hasta nuestros días. Había otro centro alfarero en la zona de El Realejo⁶, abastecido desde los

⁵ Una amplia y completa relación de todas las explotaciones y alfares presentes en estos barrios de los siglos XVI-XVIII la hace GARZÓN (2004), continuando con los alfares actuales.

⁶ RODRÍGUEZ y BORDES (2001); VILLANUEVA RICO (1961).

yacimientos del Monte de los Mártires⁷ (lindando con el Cerro de las Barreras⁸) y Cuevas de Ravé⁹, que hacia mediados del siglo XVI ya estaba en franca decadencia, trasladándose los alfareros a los barrios antes mencionados.

La determinación de los yacimientos a estudiar es muy importante ya que en ello radica su visibilidad histórica, por lo que la recopilación y cotejación de documentación específica es esencial. A partir de aquí, es indispensable su actualización, tanto del estado de explotación, como de sus datos históricos y localización exacta por coordenadas mediante la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, estructurando los yacimientos según ubicación y poblaciones de abastecimiento, y diferenciándolos según los usos y aplicaciones que se han venido dando a las arcillas tradicionalmente, en función de sus características e idoneidad.

La importancia de la investigación de los yacimientos estudiados en estos siglos se ve corroborada no sólo por la abundante presencia de artesanos alfareros, sino también por el hecho de que los artistas barristas granadinos más importantes (Hnos. García y Fray Luis de Santiago en el siglo XVII, o José Risueño en el XVIII) vivían en torno a estos mismos barrios¹⁰. De ahí que se hayan seleccionado como yacimientos más probables de extracción de arcillas aquellos que, según estudios históricos, eran más explotados por su calidad: Camino de Víznar, Camino Viejo de El Fargue, alrededores del Río Beiro y Canteras de Jun. También se ha identificado la ubicación aproximada de las zonas de extracción más antiguas, como Cerro de las Barreras y Cuevas de Ravé, procurando un material de comparación temporal, precisamente al haber confirmado un cambio de ubicación de talleres coincidiendo con el cambio de siglo XVI al XVII.

⁷ CANO PIEDRA y GARZÓN CARDENETE (2004).

⁸ GARCÍA-PULIDO (2013).

⁹ CANO PIEDRA y GARZÓN CARDENETE (2004).

¹⁰ Más información en SÁNCHEZ-MESA (1971); OROZCO DÍAZ (1956, 1941 y 1936).

La utilización de productos elaborados a partir de arcilla son muy abundantes en todos los ámbitos y a lo largo de la historia: patrimonio construido, alfarería, ajuar doméstico, ornamentación, artes y artesanías populares, escultura... Esto implica que sea un material habitualmente investigado en campos como la arqueología, centros tecnológicos para materiales de construcción o conservación de bienes muebles e inmuebles. Sin embargo, por lo general no se tiene información de comparación de la materia prima de rigen, además de que no todos los estudios que se llevan a cabo realizan análisis tan detallados como los que aquí exponemos, ni se han aplicado integralmente sobre los posibles yacimientos de origen de la provincia de Granada. El objetivo perseguido con este trabajo es, por lo tanto, la caracterización mineralógica, textural, mecánica y física de los afloramientos arcillosos explotados entre los siglos XVI al XIX. Esto supone un avance de gran interés al proporcionar una información más pormenorizada sobre los diferentes yacimientos de esta provincia, haciendo especial referencia a los explotados históricamente.

Nuestra aportación es, sin duda, imprescindible desde distintos puntos de vista. Hemos comenzado con la actualización y localización de los yacimientos de los que se han encontrado referencias escritas a lo largo de la historia y actuales, y tanto desde el punto de vista geográfico y mineralógico como histórico-artístico, relacionando la información existente referente a la localización de los distintos afloramientos y su estado de explotación. A partir de este punto, hemos extraído de cada yacimiento muestras de material de diferentes estratos, en diferentes niveles de profundidad y de distinta tipología de arcilla si se ha dado el caso. Con todas las extracciones se han elaborado las correspondientes probetas que se han sometido a distintos grados de cocción, reservando probetas en crudo. En todas se ha llevado a cabo un complejo estudio de las características físicas y compositivas, lo que ha supuesto el grueso principal de esta primera etapa de la investigación, centrándonos en los estudios para su caracterización mineralógica y conocer la composición específica de cada yacimiento, principales características físicas y químicas, posibles elementos en traza de clara influencia en su evolución mate-

rial y cualquier dato estructural o de comportamiento que, en definitiva, pudiera resultar de interés para las aplicaciones y usos de esta materia prima. En un segundo paso, y teniendo conocimiento de la existencia de oro en esculturas construidas¹¹, hemos intentado localizar las posibles zonas de origen de otros yacimientos, aún no referenciados bibliográficamente, como en el caso de la Zona Este (BC, BE y Cerro del Oro), sobre la que se ha sólo iniciado la investigación.

Destacar la importancia que puede derivarse de los resultados obtenidos, no sólo en la clasificación y muestreo de cada yacimiento, incluidos los estudios para yacimientos aún en explotación en la actualidad para uso tecnológico, también su aplicación en el campo de la historia y los procedimientos técnicos y evolutivos, relativos tanto al punto de vista de la conservación y conocimiento del Patrimonio histórico-artístico, como arqueológico, arquitectónico o de artesanía.

En una primera selección se han establecido los siguientes estudios:

- Análisis mineralógico y textural: Difracción de rayos X, Microscopía electrónica de barrido (muestra total y fracción arcilla), Microscopía óptica de polarización
- Análisis químicos: Fluorescencia de rayos X y Microanálisis por energía dispersiva de rayos X
- Ensayos físicos: Ensayos hídricos, Porosimetría de inyección de mercurio, Permeabilidad al vapor de agua, Propagación de ondas ultrasónicas, Espectrofotometría. , Contracción lineal, Pérdida de peso y Agua de amasado.

En función de los resultados a obtener, la sensibilidad y precisión de los mismos (cuantitativos o cualitativos), así como el grado de destrucción de muestra que conlleva cada estudio y su posible contaminación para los siguientes ensayos, se determinan los análisis a efectuar y su orden de realización. Y, en todo caso, proponemos su orden y selección atendiendo a que puedan ser aplicados sobre piezas históricas para posibles estudios comparativos y de evolución material, donde habrá que tener en cuenta que algunos son destructivos, por lo que hay que

¹¹ BERMÚDEZ et alii (2016), CULTRONE et alii (2017).

considerar primeramente cómo se ordenarían en una pieza histórica real para aplicarlos de igual manera sobre el supuesto o probeta realizada a tal efecto. Siempre entendiéndolos de manera parcial, ya que su completa interpretación vendría dada una vez finalizados todos los análisis y elaborados los correspondientes estudios comparativos ajustándolos de manera individualizada según cada yacimiento y no según cada método de estudio, que es como en este trabajo se especifican. Estos resultados, por tanto, ponen de manifiesto la oportunidad y eficacia de lo que puede ser el resultado final, cuando se extrapolen de manera individualizada.

El rigor de este estudio arroja datos sobre la tipología de la tierra arcillosa extraída, información histórica sobre su explotación y un completo estudio de calidad tecnológica. Así mismo, al analizar probetas con diferentes grados de cocción, se aportan referencias completas sobre su comportamiento a diferentes temperaturas y su posible relación con su evolución material.

La investigación se ha centrado, por tanto, en la caracterización de las tierras arcillosas y su composición específica, características químicas y físicas, evolución mineralógica tras la cocción y datos estructurales, de comportamiento o compositivos que resulten de interés, como la posible localización de elementos marcadores que relacionen piezas históricas con determinadas explotaciones.

La caracterización completa de los yacimientos de tierras arcillosas de la provincia de Granada, que se ha podido realizar sobre 24 yacimientos, nos permite conocer las características comunes de arcillas de alfarería y construcción, así como aseverar sus diferencias. Con esto se posibilita relacionar geográficamente los productos elaborados e, incluso, apoyar una posible autoría en obras de arte o su relación material con una procedencia geográfica.

El grueso de este estudio es producto de una parte de la Tesis Doctoral de la Dra. Lucía Rueda Quero¹². Los estudios han sido actualizados y ampliados, incorporando nuevos yacimientos a los referidos en ella.

¹² RUEDA QUERO, L. (2016): *Propuesta y establecimiento de un protocolo de actuación para el estudio de la terracota...* Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco del Proyecto Terránica (HAR2012-239512) del Ministerio de Economía y Competitividad de España, quedando demostrada y definida su precisión, asequibilidad e idoneidad, y aportando una serie de datos e información fiel y completa en todos sus aspectos.

Los resultados obtenidos se reflejan de manera integral en el CD adjunto con el objeto de que se pueda acceder a ellos más fácilmente y darles una mayor difusión. De igual manera, cada usuario puede extraer la información según precise, y realizar los estudios comparativos de manera individualizada y/o aleatoria.

Índice general

Prólogos	11
Prólogo	23
INTRODUCCIÓN	25
1. LOCALIZACIÓN DE YACIMIENTOS.....	35
1.1. GRANADA CAPITAL	37
-Camino de Víznar.....	39
-Camino Viejo de el Fargue.....	40
-Canteras de Jun	40
-Cerro de las Barreras	40
-Cuevas de Ravé	41
-Río Beiro	41
1.2. NORTE DE GRANADA	42
-Diezma	42
-Guadix	42
1.3. SURESTE DE GRANADA	43
-Monachil.....	43
1.4. ESTE DE GRANADA	44
-Barranco de Cenes	44
-Barranco de Espantazorras	45
-Cerro del oro	45
2. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS	47
2.1. JUSTIFICACIÓN DE LA CONFORMACIÓN DE PROBETAS	47
2.2. EXTRACCIÓN DE TIERRAS ARCILLOSAS	48
2.3. PROCESADO DE LA ARCILLA Y ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	51
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
3. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN	57
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA CRUDA.....	58
Difracción de Rayos X	58

Agua de amasado	63
Pérdida de peso	65
Contracción lineal	66
3.2. CARACTERIZACIÓN DE PROBETAS COCIDAS	67
Fluorescencia de Rayos X	67
Difracción de Rayos X	70
Microscopía óptica de polarización	73
Microscopía electrónica de barrido de alta resolución	
-microanálisis por energía de dispersión de rayos X	75
Ensayos hídricos	79
Porosimetría de inyección de mercurio	82
Permeabilidad al vapor	84
Propagación de ondas ultrasónicas	86
Espectrofotometría	88
4. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	97
AGRADECIMIENTOS	105
FINANCIACIÓN Y DESARROLLO	106
RELACIÓN DE LA INFORMACIÓN APORTADA EN CD	107

Índice del CD adjunto

Relación de la información aportada en formato CD	13
Presentación	14
Prólogos.....	27
INTRODUCCION	29
1. Localización de yacimientos.....	34
-Geología del área fuente de las materias primas	34
1.1. Granada Capital	36
-Camino de Víznar	39
-Río Beiro	40
-Jun	40
-Camino Viejo de El Fargue	41
-Barranco del Tejar	43
-Cerro de las Barreras	44
-Cuevas de Ravé	44
1.2. Norte de Granada	45
-Guadix	48
-Diezma	48
1.3. Sureste de Granada	49
-Monachil	51
1.4. Este de Granada	52
-Barranco de Cenes	54
-Barrando de Espantazorras	54
-Cerro del Oro	55
2. Elaboración de las probetas	57
2.1. Justificación de la conformación de probetas	57
-Extracción de muestra	58
-Procesado de la arcilla	58
-Conformación de las probetas	59
-Cocción	60
2.2. Elaboración de las probetas	60

-Extracción de muestra	60
-Procesado de la arcilla	62
-Conformación de las probetas	63
-Cocción	65
2.3. Resultados	66
2.4. Discusión de resultados	69
3. Caracterización de la materia prima arcillosa	71
3.1. Difracción de Rayos-X	72
-Muestra total sin procesar y procesada	74
-Fracción arcilla	90
3.2. Agua de amasado	103
3.3. Pérdida de peso por cocción	105
3.4. Contracción lineal	107
4. Caracterización de las probetas	110
4.1. Fluorescencia de Rayos-X	110
4.2. Difracción de Rayos-X	114
4.3. Microscopía Óptica de Polarización	129
4.4. Microscopía Electrónica de Barrido de Alta Resolución- Microanálisis por energía de dispersión de rayos X	167
4.5. Ensayos Hídricos	225
4.6. Porosimetría de Inyección de Mercurio	236
4.7. Permeabilidad al vapor de agua	247
4.8. Propagación de Ondas Ultrasónicas	252
4.9 Espectrofotometría	256
5. CONCLUSIONES	264
BIBLIOGRAFÍA	266
AGRADECIMIENTOS	272
FINACIACIÓN Y DESARROLLO	272