

El proyecto ArchAIDE para la interpretación y documentación automática de cerámicas arqueológicas: enfoque, objetivos, primeros resultados y uso de la aplicación

The ArchAIDE project for the automatic interpretation and documentation of archaeological ceramics: approach, objectives, first results and use of the application

TOMÁS TORRES GONZÁLEZ

Baraka Arqueólogos S.L. (tomastorres@barakaarqueologos.es)

MIGUEL ÁNGEL HERVÁS HERRERA

Baraka Arqueólogos S.L. (mangelhervas@yahoo.es)

DIEGO LUCENDO DÍAZ

Baraka Arqueólogos S.L. (lucen2@hotmail.com)

LUIS ALEJANDRO GARCÍA GARCÍA

Baraka Arqueólogos S.L. (luisalejandrogg@hotmail.com)

MANUEL MELERO SERRANO

Baraka Arqueólogos S.L. (mmeleroser@gmail.com)

FRANCESCA ANICHINI

MAPPA Lab – Università di Pisa (Francesca.anichini@unipi.it)

GABRIELE GATTIGLIA

MAPPA Lab – Università di Pisa (Gabriele.gattiglia@unipi.it)

Resumen: El Proyecto ArchAIDE (Archaeological Automatic Interpretation and Documentation of cEramics) es un proyecto de investigación europeo financiado por el Programa de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la Unión Europea. El objetivo principal fue crear un sistema para el reconocimiento automatizado de la cerámica arqueológica, mejorando los flujos del trabajo arqueológico de identificación de la cerámica, acelerando las tareas que consumen mucho tiempo, brindando apoyo a los no especialistas y ayudando a los usuarios a aprender más sobre cada una de las familias cerámicas incluidas. Se incluye una guía inicial con el procedimiento de uso de la aplicación.

Palabras Clave: Aplicación; Arqueología; Reconocimiento automático de cerámica.

Summary: The ArchAIDE Project (Archaeological Automatic Interpretation and Documentation of ceramics) is a European research project funded by the Horizon 2020 Research and Innovation Program of the European Union. The main intended objective was to create a new system for the automated recognition of archaeological ceramics, to improve archaeological workflows to identify pottery, speeding up time-consuming tasks, supporting non-specialists and helping users to learn more about ceramic recognition. An initial guide is included with the procedure for using the App.

Key Words: Application; Archeology; Automatic recognition of pottery.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto ArchAIDE (Archaeological Automatic Interpretation and Documentation of cEramics) es un proyecto de investigación europeo que ha sido finan-

ciado por el Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020-Reflective 6 de la Unión Europea.

Tuvo un plazo de ejecución de 36 meses que comenzó en junio de 2016 y finalizó en mayo de 2019, mediante

ARCHAIDE Partners |

Arqueólogos y desarrolladores de software

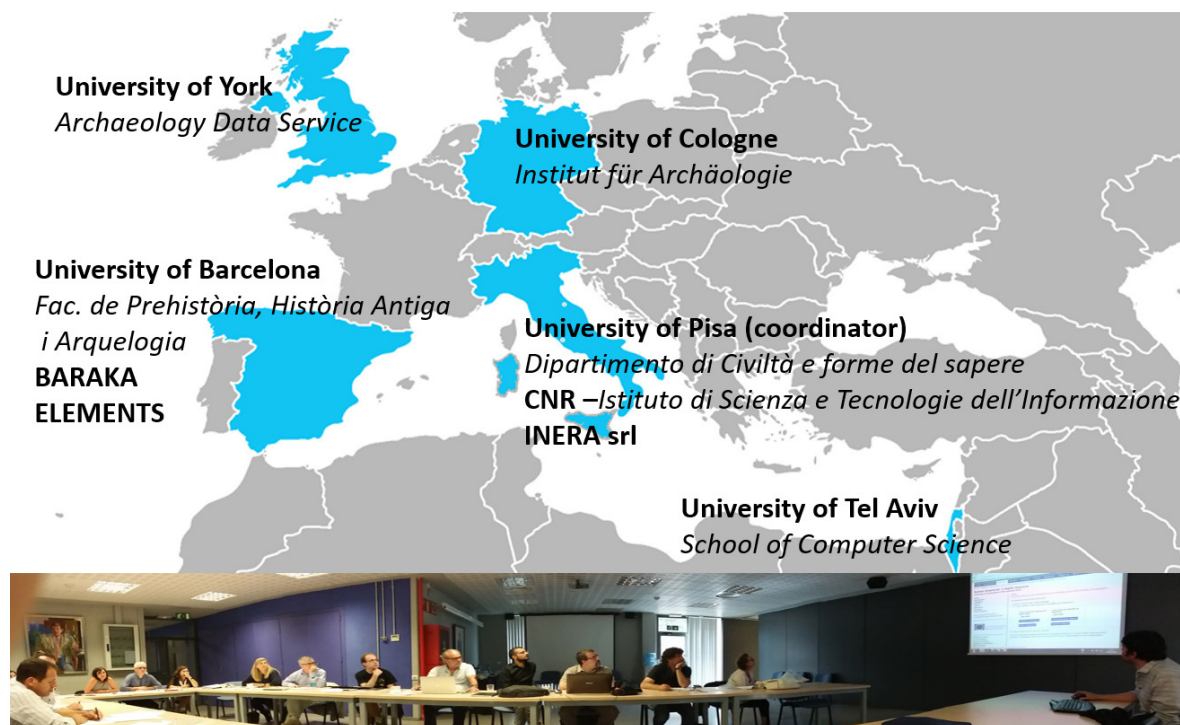


Figura 1. Partners del proyecto.

un consorcio liderado por la Universidad de Pisa (Italia) y su Departamento de Civilización y Formas del Saber, bajo la dirección de Maria Leticia Gualandi y con la coordinación de Gabriele Gattiglia y Francesca Anichini.

También forman parte del consorcio, por el ramo de la arqueología, la Universidad de Barcelona (España) y su Departamento de Arqueometría de la Facultad de Prehistoria y Arqueología (bajo la dirección de Jaume Buxeda y la coordinación de Eva Miguel y Marisol Madrid), la Universidad de York (Reino Unido) a través de su Archaeological Data Service (bajo la dirección de Julian Richards y la coordinación de Holly Wright y Timothy Evans), y la Universidad de Colonia (Alemania) a través de su Instituto de Arqueología (bajo la dirección de Michael Heinzelmann y la coordinación de Michael Remmy y Felix Kussmaul).

Como desarrolladores de software participaron en el proyecto la Universidad de Tel Aviv (Israel) a través de su Escuela de Ciencias de la Computación (bajo la dirección de Lior Wolf y la colaboración de los investigadores Barak Iktin y Nachum Dershowitz), el Consiglio Nazionale della Ricerca (Italia) a través de su Instituto de Ciencia y Tecnología de la Información (con

los investigadores Matteo Dellepiane y Marco Callieri) y la empresa italiana de desarrollo de software científico INERA SLR (bajo la dirección de Massimo Zallocco).

Por último, participaron dos empresas privadas de arqueología y patrimonio, ambas españolas: Baraka Arqueólogos S.L. (dirigida por Tomas Torres González, Miguel Ángel Hervás Herrera, Diego Lucendo Díaz, Luis Alejandro García García y Manuel Melero Serrano) y Elements Centre de Gestió i Difusió de Patrimoni Cultural (dirigida por Llorenç Vila).

2. DESARROLLO DEL PROYECTO Y CREACIÓN DE LA APLICACIÓN

La cerámica es un hallazgo omnipresente en la mayor parte de los yacimientos y estratigrafías arqueológicas y permite asignar cronologías absolutas a la secuencia de cronología relativa obtenida de una excavación arqueológica, por lo que constituye un buen fósil director. También nos permite conocer los procesos de producción a través de la tecnología empleada para su fabricación, estudiar los flujos comerciales a través del origen de esas piezas, e interpretar relaciones sociales

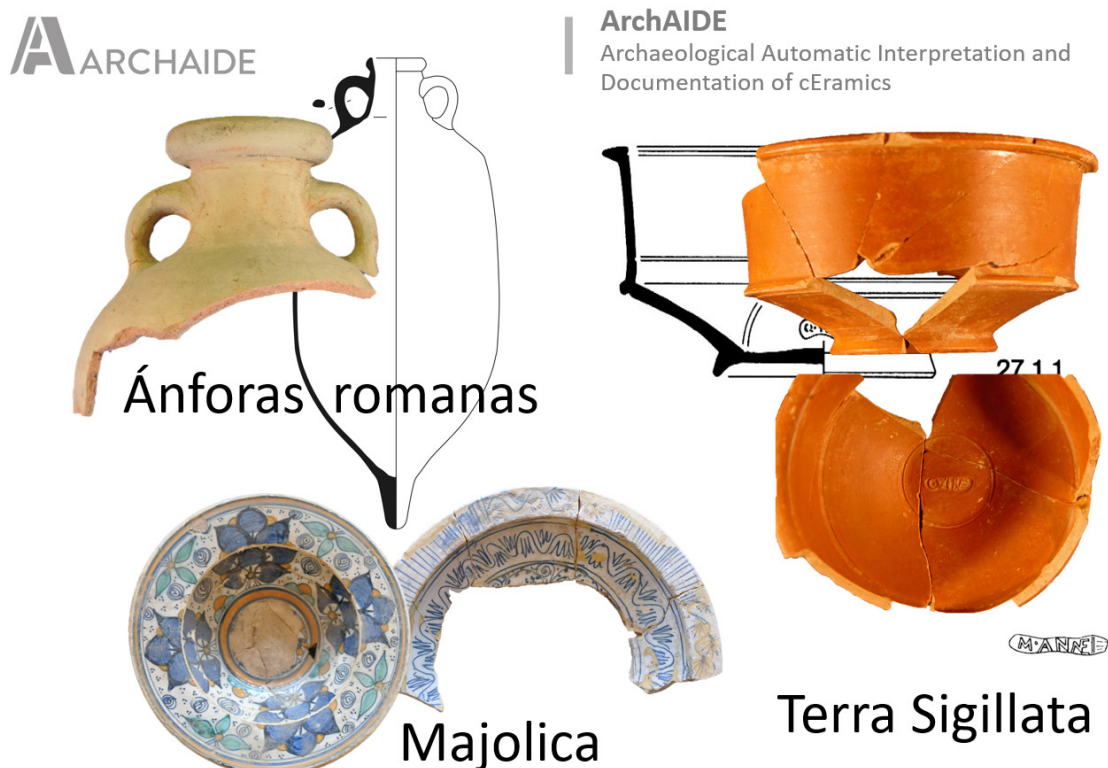


Figura 2. Las clases de cerámica elegidas para desarrollar el sistema automático de reconocimiento de cerámica.

de todo tipo: de producción, estatus socio económico, usos domésticos, horizonte cultural, etc.

Sin embargo, su estudio (lavado, clasificación, siglado, identificación de tipologías) suele requerir un alto grado de especialización y un elevado consumo de recursos (principalmente tiempo de trabajo), lo que incide de forma directa en los costes, sobre todo para los arqueólogos no especialistas en el tipo de cerámica de que se trate, algo que sucede muy a menudo en la arqueología preventiva o de gestión.

El proyecto ArchAIDE ha desarrollado una aplicación Android para tabletas y smartphones que automatiza, en la mayor medida posible, el trabajo de clasificación y adscripción cultural y cronológica de los fragmentos cerámicos que aparecen en una excavación. Se ha logrado crear y desarrollar una herramienta útil y versátil que permite que el trabajo con la cerámica arqueológica sea más rápido y fácil, ayudando a los no especialistas y a los estudiantes a aprender más sobre el reconocimiento de los fragmentos y tipos cerámicos. Además, el manejo de la aplicación facilita el aprendizaje a los investigadores no especialistas. Recalcamos la idea de que no se pretende sustituir el trabajo de los ceramólogos, sino desarrollar una herramienta útil y versátil que agilice el trabajo de campo y que comple-

mente y ayude en los flujos y metodologías de trabajo ya establecidos.

La aplicación, basada en redes neuronales, ha sido desarrollada mediante la última tecnología de reconocimiento automático de imágenes. A grandes rasgos, el sistema analiza la imagen de un fragmento y la compara con las colecciones digitales que se encuentran en la base de datos de la propia aplicación, recuperando una lista de resultados que permite al usuario elegir entre las tipologías más probables. Una vez identificados los fragmentos, el usuario puede guardar las imágenes de estos y su clasificación en la base de datos de la aplicación, y relacionar con ellos automáticamente toda la información disponible sobre ese tipo de cerámica. La cerámica reconocida puede organizarse en conjuntos digitales vinculados a yacimientos arqueológicos específicos, lo que permite compartir la geolocalización y la información de diferentes asentamientos (Anichini *et alii* 2020: 11).

Se trata de una herramienta pensada para crecer indefinidamente y a largo plazo. Inicialmente fue planteada para el reconocimiento de las ánforas romanas (el Archaeological Data Service de la Universidad de York ya disponía de una completísima clasificación de las mismas), de la *terra sigillata* romana (la Universidad

Generación de modelos 3D a partir de dibujos

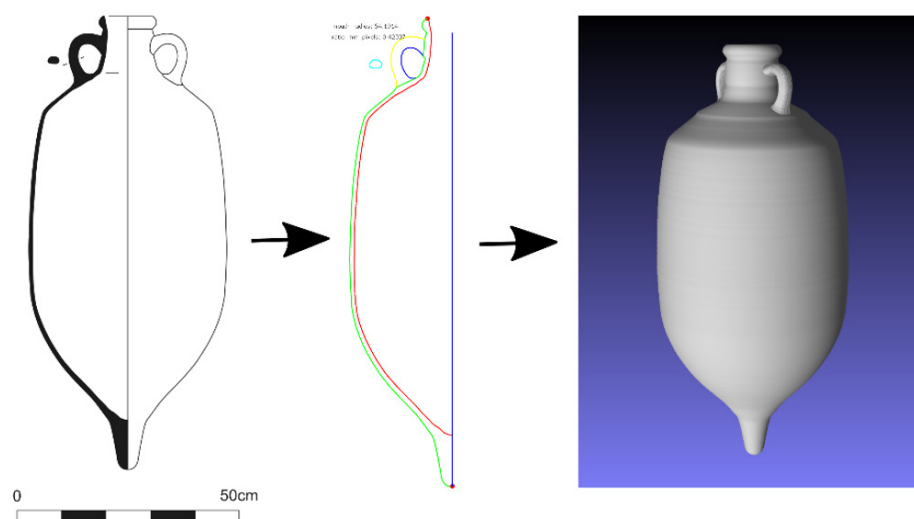


Figura 3. Generación de modelos 3D a partir de los dibujos de las tipologías.

de Colonia contaba con el proyecto Ceramalex de clasificación de cerámicas del arco mediterráneo) y de la Maiolica de Montelupo (de la cual existe una valiosa colección en la Universidad de Pisa).

Una vez elegidos los casos de estudio, fue necesario crear las bases de datos de las que se servía la herramienta para poder identificar todos aquellos fragmentos que le fueran presentados. Para ello, se comenzó con el desarrollo de una completa base de datos que sirvió de soporte básico. Se digitalizaron todos los catálogos y colecciones de referencia publicados en papel hasta la fecha, desde el Catálogo de ánforas romanas del Archaeological Data Service de York hasta el corpus documental del proyecto Ceramalex de la Universidad de Colonia para la TS del arco mediterráneo, pasando por el Conspectus para la TS Itálica, el catálogo de Mayet para la TS Hispánica, el de Medri para la TS tardoitálica decorada, así como los catálogos de Dragendorff y Berti, o textos de Bustamante, Gempeler, Hayes, Keay... y el catálogo de Fornaciari como compendio de maiolica de Montelupo de la Universidad de Pisa (Anichini *et alii* 2020: 16-17).

Uno de los primeros problemas observados fue el de la falta de uniformidad de los catálogos, tanto en la forma de presentar los dibujos arqueológicos de materiales como en la de organizar el texto. Existían catálogos muy bien estructurados, como el Conspectus, donde la información de cada tipo cerámico estaba dividida en categorías según una ficha tipo común a todo

el catálogo, pero otros presentaban la información de una manera muy heterogénea.

Los informáticos del proyecto comenzaron con el diseño de herramientas digitales que permitieran automatizar el proceso de digitalización de catálogos y de extracción y organización de la información. Por lo que respecta al material gráfico, se llevó a cabo en primera instancia la extracción de los dibujos de las piezas de cada catálogo, se convirtieron las líneas en vectores, y se obtuvieron, por rotación, modelos digitales 3D huecos de cada tipo, lo que permitió, a su vez, obtener secciones de cualquier parte de la pieza (Anichini *et alii* 2020: 17-18). En cuanto a la información escrita, se aplicaron sistemas de reconocimiento automático de caracteres (OCR) a tramos concretos del texto de cada catálogo, que posteriormente eran clasificados de forma manual por el personal del proyecto para insertarlos en una ficha modelo común a todos los tipos cerámicos.

A continuación, fue necesario entrenar el sistema en la identificación de piezas, enseñándole a establecer las correspondencias correctas entre los dibujos de los catálogos y las fotografías de fragmentos reales hallados en las distintas excavaciones. Para ello se realizaron varias campañas fotográficas. La Universidad de Pisa trabajó con fondos de Montelupo Fiorentino, Ostia Antica, Roma, Perugia y Spoleto. La Universidad de Barcelona trabajó con los fondos del Museo de Historia de Barcelona y el Museo "González Martí" de Valencia. La Empresa Elements trabajó con fondos

Montelupo (UniPi)



Figura 4. Campaña fotográfica de la Universidad de Pisa.



Figura 5. Toma de fotografías en el Museo Provincial de Ciudad Real.

de Palma de Mallorca, Andratx, Son Mas y Pollentia y, por último, Baraka Arqueólogos S.L. trabajó con materiales de Mérida, Segóbriga, Miróbriga Turdulorum, La Ontavia, Alhambra, y hasta una veintena más de yacimientos con ocupación romana cuyos materiales se encuentran depositados en el Museo Provincial de Ciudad Real.

La finalidad de estas campañas fotográficas era la de conseguir fotografías de al menos diez fragmentos diferentes de cada tipo o subtipo cerámico existente, según un procedimiento común prefijado que contemplaba la inclusión de una escala gráfica y el uso de un fondo azul. De cada fragmento se tomaron varias fotografías, de modo que el sistema pudiese disponer, al menos, de una imagen de cada sector del fragmento: cara exterior, cara interior, vista cenital del borde, ambos perfiles, perfiles de asas, etc. A partir de estas tomas, el sistema aprendía a relacionar los dibujos y modelos 3D de cada

pieza de catálogo con las fotografías de fragmentos reales (Anichini *et alii* 2020: 22-28).

Una vez digitalizadas las tipologías de la bibliografía existente y realizadas las fotografías de los distintos tipos cerámicos, comenzó el diseño de la base de datos de ArchAIDE. Está compuesta por dos entidades diferenciadas: la base de datos de referencia y la de resultados. La primera es la que se forma con los catálogos digitalizados y las fotografías de entrenamiento, y está destinada a ser un recurso estático permanente. La segunda consiste en un conjunto de datos dinámico que se forma a partir de la participación de todos los usuarios de la herramienta. Los fragmentos fotografiados y clasificados por cada usuario darán lugar a un resultado por parte de la aplicación que quedará registrado e incorporado a ese conjunto de datos de resultados, que podrá ser revisado por especialistas para generar un flujo continuo de aprendizaje por parte de la herramienta.

Posteriormente se definió un vocabulario multilingüe, en inglés, alemán, italiano, castellano y catalán, utilizando el Tesaurus Getty de Arte y Arquitectura del Instituto de Investigación Getty, un vocabulario estructurado para indexar y describir cualquier tipo de elementos relacionados con las artes, la arquitectura y la cultura material en general (Getty Research Institute (Getty AAT) – <http://getty.edu/research/>) (Anichini *et alii* 2020: 19-21)..

La clasificación y descripción automática de fragmentos cerámicos se consigue a través de múltiples descriptores. Muchos de ellos son difíciles de insertar en un sistema automático debido a que se necesitan conocimientos previos y a que derivan de razonamientos de alto nivel, por ejemplo, tipos y color de pastas, tamaño de desgrasantes, técnicas de cocción, torno rápido o lento, etc. Pero existen dos descriptores que pueden ser utilizados sin dificultad por la tecnología disponible actualmente: por un lado, el aspecto o la apariencia (reconocimiento de imagen), y por otro, la forma (identificación de correspondencias geométricas en el perfil de las piezas). El reconocimiento basado en la apariencia trabaja con las coincidencias existentes dentro de cada sistema decorativo. También puede, en el caso de la TS, identificar los sellos de los productores para establecer su procedencia y cronología. El reconocimiento basado en la forma ha exigido el desarrollo de procedimientos específicos para aislar el perfil de la pieza de forma que el sistema pueda reconocerlo. Sin embargo, requiere que el usuario proporcione algunos datos cuya obtención no puede ser automatizada por la aplicación, en es-

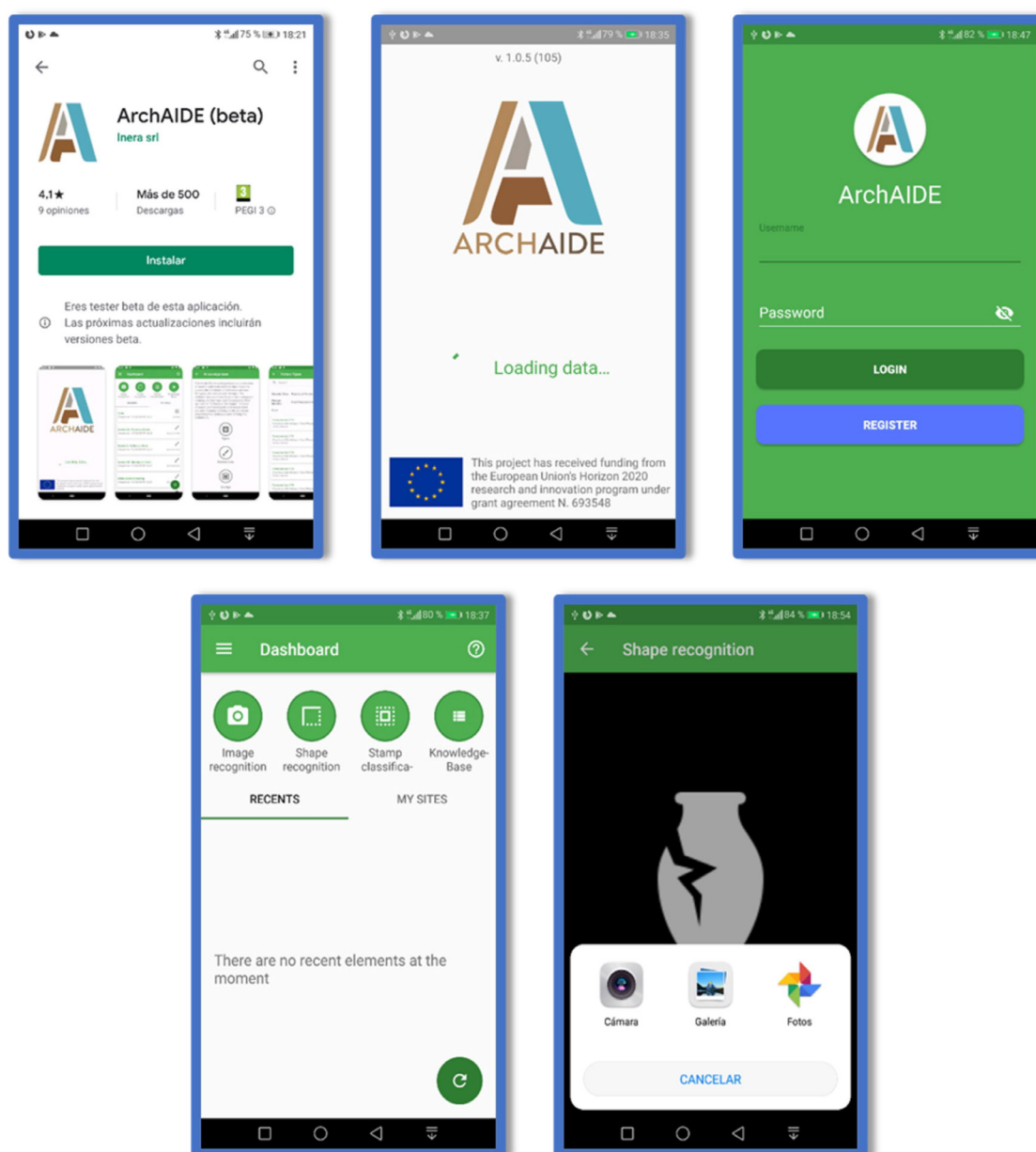


Figura 6. Pasos iniciales en la aplicación.

pecial sobre algunos atributos tecnológicos tales como el tipo de pasta o el tipo de cocción.

En definitiva, la base de datos está estructurada en función de una serie de definiciones de referencia relativas a los tipos, las decoraciones y los sellos, y servirá como referencia para realizar consultas sobre las cerámicas incluidas en su catálogo. De esta forma quedan recogidos en una única aplicación los principales catálogos y publicaciones sobre los materiales cerámicos objeto de estudio. Con su uso generalizado, la aplicación progresará en su capacidad de identificar automáticamente los tipos cerámicos a partir del reconocimiento de imágenes en sistemas decorativos y sellos, y a partir del hallazgo de correspondencias geométricas en los perfiles

de los fragmentos, lo que constituye el aspecto tecnológicamente más avanzado de la aplicación.

Debido a la complejidad de la metodología aplicada y del proceso de creación de la aplicación, remitimos al lector a los artículos específicos ya publicados que aparecen en la bibliografía final. (Gualandi *et alii* 2016, Banterle *et alii* 2017, Gattiglia 2018, Anichini *et alii* 2018 y 2020).

3. USO DE LA APP

La aplicación ArchAIDE está disponible en la plataforma Android de Google Play o en la App Store de

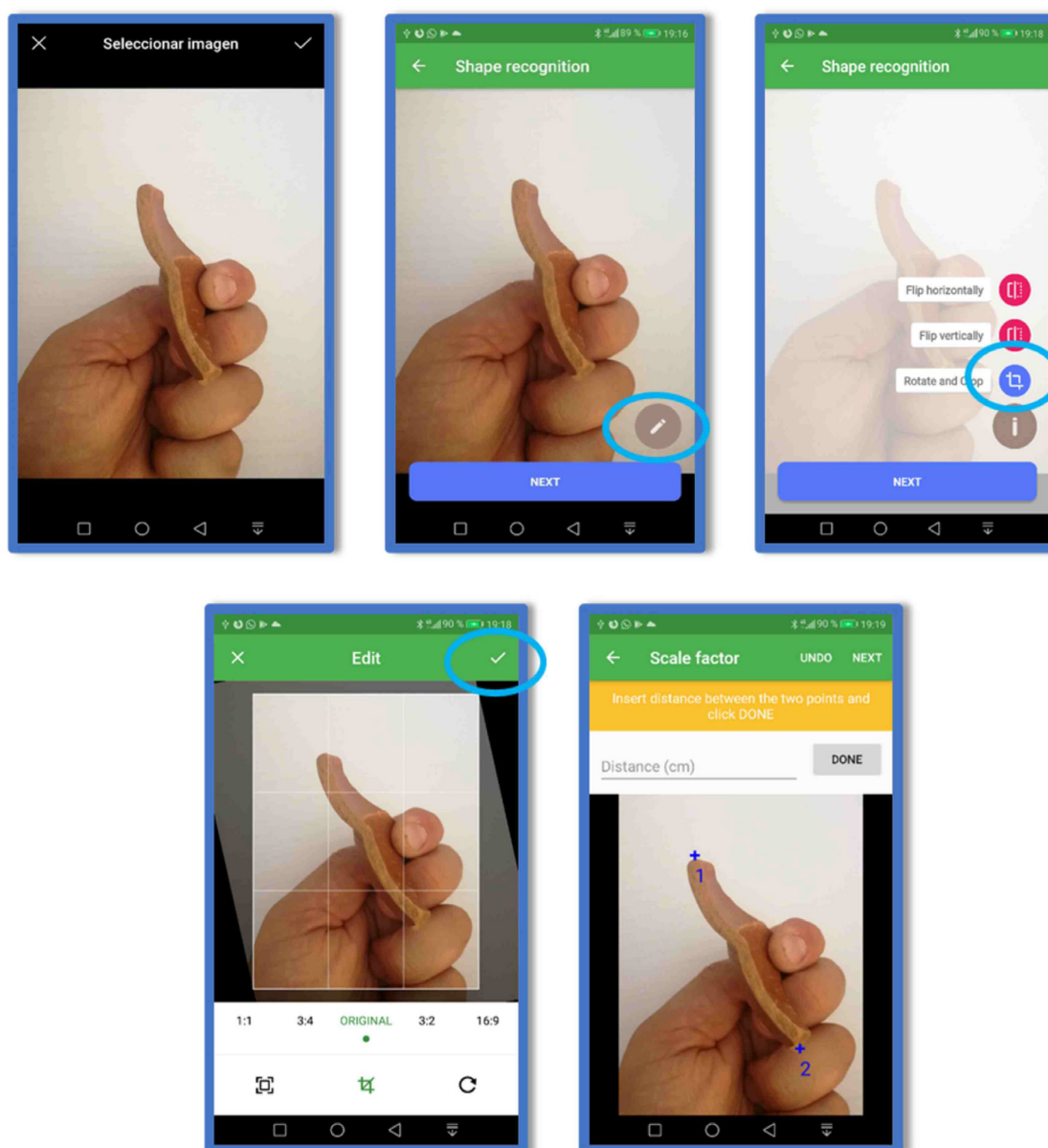


Figura 7. Proceso de orientación y escalado del fragmento.

Apple, desde donde puede descargarse a cualquier dispositivo móvil (smartphone o tableta).

Aunque de momento solo contiene catálogos y puede trabajar únicamente con tres tipos de cerámica (Maiolica di Montelupo, ánforas romanas y *Terra Sigillata*) el posterior desarrollo de esta permitirá incluir, progresivamente, nuevas producciones cerámicas de cualquier cronología y adscripción cultural.

Una vez instalada y abierta la App, concedidos los permisos solicitados y finalizado el proceso de registro del usuario, puede comenzar el proceso de reconocimiento de fragmentos cerámicos. Para ello es necesario pulsar en "Shape recognition", que da acceso a una

pantalla en la que se puede elegir entre realizar una fotografía con la cámara del dispositivo, o utilizar una imagen previamente cargada en la memoria del mismo. El proceso de reconocimiento del fragmento comienza con la correcta orientación del mismo. Al pulsar en aceptar, se accede a la siguiente pantalla, en la que se introduce de forma manual al menos una medida del fragmento para que la aplicación pueda escalarlo.

En la siguiente pantalla, una vez escalado el fragmento, se procede a aislar manualmente el perfil exterior mediante el marcado de un determinado número de puntos a lo largo del mismo. En la siguiente pantalla se repite este proceso con el perfil interior. Por último,

cabe la posibilidad de seleccionar, si se conoce, la clase cerámica a la que pertenece el fragmento en cuestión.

Al aceptar, aparece un listado de hasta cinco tipos cerámicos susceptibles de coincidir con el del fragmento testado, ordenados de mayor a menor probabilidad de coincidencia, con toda la información de catálogo disponible acerca de cada uno de ellos. Tras la comprobación de cada uno de los resultados, el usuario puede elegir el tipo correcto y confirmárselo al sistema, que de este modo avanza en su capacidad de reconocimiento para futuras identificaciones (Anichini *et alii* 2020: 30-32).

4. CONCLUSIONES

El Proyecto ArchAIDE cumplió finalmente con todos los objetivos marcados en un principio. Se ha creado una aplicación para dispositivos móviles capaz de identificar automáticamente los tipos cerámicos a los que pertenecen los fragmentos de cerámica sometidos a análisis, con el consiguiente ahorro de tiempo en los trabajos de clasificación. Los algoritmos generados para ello, sumados a los mecanismos de automatización del proceso de digitalización de catálogos, permitirán en el futuro la ampliación indefinida de la herramienta, que podrá incorporar catálogos de cerámicas arqueológicas de cualquier cronología y adscripción cultural. Para ello, no obstante, será necesario contar con la colaboración y el compromiso de la comunidad científica. Este es, probablemente, el principal reto de futuro del proyecto, cuyo éxito y originalidad fueron reconocidos con el Heritage Motion Award, concedido a ArchAIDE en Lubjiana (Eslovenia) el 20 de septiembre de 2019 por Europea y la European Museum Academy (EMA).

BIBLIOGRAFÍA

- Anichini, F., Wright, H. y Vila, L. 2018: "Talking about the revolution. Innovation in communication within the ArchAIDE Project", en A. Castillo (ed): *Actas del III Congreso Internacional de Buenas Prácticas en Patrimonio Mundial. Acciones Integrales*, Mahón, 651-666.
- Anichini, F., Banterle, F., Buxeda, J., Callieri, M., Deshowitz, N., Dubbini, N., Lucendo, D., Evans, T., Gattiglia, G., Green, K., Gualandi, M. K., Hervás, M. A., Itkin, B., Madrid, M., Miguel, E., Remmy, M., Richards, J., Scopigno, R., Vila, L., Wolf, L., Wright, H. y Zallocco, M. 2020: "Developing the ArchAIDE Application: A digital workflow for identifying, organising and sharing Archaeological pottery using automated image recognition", *Internet Archaeology* 52 <https://doi.org/10.11141/ia.52.7>
- Banterle, F., Dellepiane, M., Evans, T., Gattiglia, G., Itkin, B. y Zallocco, M. 2017: "ArchAIDE Project: results and perspectives after the first year", en G. R. Sablatnij y B. Stular (eds.): *Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, Golsar, 161-164.
- Gattiglia, G. 2018 : "Classificare le ceramiche: dai metodi tradizionali all'intelligenza artificiale. L'esperienza del progetto europeo ArchAIDE", en D. Malfitana (ed.): *ARCHEOLOGIA QUO VADIS? Riflessioni metodologiche sul futuro di una disciplina. Atti del Workshop Internazionale. Catania, 18-19 Gennaio 2018*, Catania, 285-298.
- Gualandi, M.L., Scopigno, R. Wolf, L., Richards, J. Buxeda, J., Heinzelmann, Hervás, M. A., Vila, L. y Zallocco, M. 2016: "ArchAIDE – Archaeological Automatic Interpretation and Documentation of ceramis", en C. E. Catalano y I. de Luca (eds): *Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, Golsar, 203-206.