

Memoria de proyectos de innovación y buenas prácticas docentes

A. Datos generales del proyecto de innovación y buenas prácticas docentes

Título	Repli-Fósil-3D: Aplicación técnicas de replicación 3D para la mejora de las colecciones utilizadas en la docencia práctica del área de Paleontología		
Código	22-121	Fecha de Realización:	Curso académico 2022-2023
Coordinación	Apellidos	García-Alix Daroca y Minwer-Barakat Requena	
	Nombre	Antonio y Raef	
Tipología	Tipología de proyecto	Básico	
	Rama del Conocimiento	Paleontología	
	Línea de innovación	Línea 3.1. Mejora de las competencias docentes en la universidad actual. Línea 3.4. Digitalización y virtualización de la docencia.	

B. Objetivo Principal

El objetivo principal del proyecto es que el alumnado mejore el grado de aprendizaje y conocimiento de una serie de grupos fósiles que, por diversos motivos (escasez de muestras en nuestros laboratorios de prácticas, tamaño o fragilidad), no podían ser correctamente observados y estudiados. Las herramientas materiales utilizadas para llevar a cabo este objetivo principal han sido: 1) modelos de fósiles en 3D (obtenidos de repositorios online o producidos por nuestro equipo) y 2) réplicas de fósiles impresas en tres dimensiones. Al mismo tiempo, se pretende mejorar las competencias del profesorado incluido en el equipo para aplicar nuevas tecnologías a la docencia práctica.

C. Descripción del proyecto de innovación y buenas prácticas docentes

Resumen del proyecto realizado: Objetivos, metodología, logros alcanzados, aplicación práctica a la docencia habitual, etc.

En este proyecto se ha pretendido perfeccionar la docencia práctica de las asignaturas del ámbito de la Paleontología y de las actividades divulgativas impartidas por el departamento de Estratigrafía y Paleontología, y por lo tanto mejorar el grado de aprendizaje del alumnado, mediante el uso de modelos y réplicas impresas en 3D de diferentes grupos fósiles que, por diversos motivos (escasez de muestras en nuestros laboratorios, tamaño o fragilidad), no pueden ser correctamente observados y/o manipulados por el alumnado. Esto ha permitido al profesorado del área de Paleontología adaptar las prácticas docentes y actividades divulgativas a los requerimientos de la sociedad y universidad actuales.

Para conseguir este objetivo general, se han logrado cuatro objetivos específicos:

1. Perfeccionar las herramientas docentes para el desarrollo de la docencia práctica del área de Paleontología mediante el uso de modelos y réplicas 3D de ejemplares fósiles.
2. Posibilitar la observación en muestra de mano de grupos fósiles que hasta ahora estaban escasamente representados en los laboratorios de prácticas del área de Paleontología.
3. Permitir el estudio de la morfología externa de microfósiles y de estructuras internas de cualquier grupo de organismos, gracias a la impresión de réplicas a escala ampliada.
4. Difundir los resultados obtenidos en el proyecto, permitiendo el acceso del alumnado y de otras personas interesadas a los modelos 3D generados.

Los principales equipos utilizados en este proyecto han sido: 1) las impresoras del servicio Bibliomaker de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias. En estas impresoras se han hecho las impresiones de todas las réplicas de fósiles. 2) El microtomógrafo de Rayos X del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada, con el que se han escaneado microfósiles para ser después imprimidos en escala aumentada. Los modelos 3D que no han sido generados mediante esta técnica, se ha descargado de repositorios online o de webs

institucionales de museos, universidades y centros de investigación.

Durante este curso académico (2022-2023) se han podido aplicar ya los resultados de este proyecto al alumnado en las asignaturas de Geología y Paleontología del Cuaternario, Paleobiogeografía y Bioarqueología del Grado en Arqueología, Paleontología, Ampliación de Paleontología y Micropaleontología del Grado en Geología y Paleobiología del Grado en Biología. Las réplicas 3D también se han utilizado en la actividad divulgativa "Los fósiles de tu Ciudad" que se ha realizado en el contexto de la Semana de la Ciencia de la Facultad de Ciencias y en el curso "Los fósiles nos cuentan el pasado" del Aula Permanente de Formación Abierta de la Universidad de Granada (APFA), dirigido a la formación continua de mayores 55 años. Adicionalmente, gracias a la realización de un Trabajo de Fin de Máster del "Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas" (TFM-MAES) de la Universidad de Granada, se ha realizado también una prueba piloto de esta herramienta en la asignatura de "Biología y Geología" de 4º curso de la ESO. La respuesta del alumnado al que se han presentado los recursos producidos en el seno de este proyecto de innovación docente, con perfiles académicos y edades muy variadas, ha sido muy positiva.

Summary of the Project (In English):

The aim of this project has been to improve the practical teaching of subjects in the field of Paleontology and in other dissemination activities carried out by the Department of Stratigraphy and Paleontology, in order to enhance the student learning. To do so, this project printed 3D models and replicas of different fossil groups which, for various reasons (scarcity of samples in our laboratories, size or fragility), cannot be correctly observed and/or manipulated by students. This has allowed the teaching staff of the Paleontology area to adapt their teaching practices and dissemination activities to the requirements of today's society and university.

In order to achieve this general objective, four specific objectives have been achieved:

1. To improve the teaching tools for the development of practical teaching in the area of Paleontology through the use of 3D models and replicas of fossil specimens.
2. To make it possible to observe fossil groups scarcely represented in the laboratories of the Paleontology area in hand specimens.
3. To allow the study of the external and internal morphology of microfossils.
4. To disseminate the results from the project to students and general public by allowing the access to fossils 3D models.

The main equipment used in this project has been: 1) 3D printers of the Bibliomaker service of the Library of the Faculty of Science. All fossil replicas were printed on these printers. 2) The X-ray micro-CT scanner of the Centre for Scientific Instrumentation of the University of Granada. Microfossils were scanned and then printed at a larger scale. The 3D models that have not been generated in this project were downloaded from online repositories or from institutional websites of museums, universities and research centres.

It has already been possible to apply the results of this project in the current academic year (2022-2023) in the subjects of Quaternary Geology and Paleontology, Paleobiogeography and Bioarchaeology of the Degree in Archaeology, Paleontology, Advanced Paleontology and Micropaleontology of the Degree in Geology and Paleobiology of the Degree in Biology. The 3D replicas have also been used in the outreach activity "The fossils of your city" from the Science Week of the Faculty of Science and in the course "Fossils tell us about the past" of the "Aula Permanente de Formación Abierta" of the University of Granada (APFA), aimed at the continuing education of people over 55 years. Additionally, the development of a Master's Thesis of the "Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas" (TFM-MAES) at the University of Granada, has allowed the use of this tool in the subject "Biology and Geology" of the 4th grade of ESO (Compulsory Secondary Education). The response of the students, with a wide range of academic profiles and ages, has been very positive.

D. Resultados obtenidos

A. Resultados materiales/productos derivados del proyecto:

31 réplicas de fósiles en 3D:

MAMÍFEROS (CRÁNEOS)

- Arsinoitherium zitteli* (embitópodo)
- Plesiadapis cookei* (primate plesiadapiforme)
- Paranthropus boisei* (primate homínido)
- Homo erectus* (primate homínido)
- Homo habilis* (primate homínido)

Delphinidae indet. (delfín)
Stephanomys sp. (roedor)

REPTILES (CRÁNEOS)
Stegoceras validum (dinosaurio)
Corallus sp. (serpiente)

BRIOZOOS
Calpensia nobilis
Smittina cervicornis

CRINOIDES
Crinoidea indet.

POLIQUETOS
Spirobranchus triqueter

FORAMINÍFEROS
Elphidium sp.
Bulimina sp.
Globigerina sp.
Peneroplis sp.
Orbulina sp.
Marginopora sp.
Vaginulinopsis baggi
Hopkinsina magnifica

RADIOLARIOS
Acrosphaera spinosa
Theocorythium trachelium
Lamprocyclus maritalis

PLANTAS (GRANOS DE POLEN)
Hordeum murinum
Tilia cordata
Quercus robur
Scorzoneroides autumnalis
Hedera helix
Betula pendula

PLANTAS (FRAGMENTOS MACROSCÓPICOS)
Sigillaria sp.

Algunas réplicas, como las de los foraminíferos, se han imprimido dos veces para mostrar la superficie externa del espécimen y una sección longitudinal de su morfología interna.

Cuatro modelos tridimensionales generados por microtomografía: *Peneroplis* sp., *Orbulina* sp., *Marginopora* sp. y *Stephanomys* sp.: <http://www.ugrestratig.es>

Participación en un programa divulgativo de Canal Sur:
<https://www.canalsur.es/television/programas/tesis/noticia/1907126.html>

Un Trabajo de Fin de Máster (en desarrollo) del Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas con el título: "Impresiones de fósiles 3D para acercar los fósiles al aula", dirigido por Antonio García-Alix y Javier Carrillo Rosúa.

B. Resultados docentes:

El profesorado implicado en el proyecto ha adquirido las competencias necesarias para:

- 1) Buscar modelos 3D en repositorios online de los grupos fósiles que se tratan en las distintas asignaturas impartidas por el departamento de Estratigrafía y Paleontología.
- 2) Generar archivos .stl a partir de restos fósiles mediante microtomografías axiales, en el caso de los microfósiles, o mediante una cámara fotográfica/teléfono móvil/escáner 3D, en el caso de macrofósiles.

- 3) Manipular y trabajar con estos archivos para generar distintos cortes mostrando secciones internas y externas de los fósiles.
- 4) Usar software específico para visualizar y mostrar modelos 3D en las presentaciones de clase.
- 5) Imprimir las réplicas de los modelos de fósiles 3D a distintas escalas para poder ser utilizadas en clase.

Además, el profesorado implicado en el proyecto ha mejorado la calidad de su actividad docente al contar con herramientas óptimas para explicar determinados tipos de estructuras o características morfológicas de algunos fósiles (por ejemplo, a través de réplicas a escala aumentada), y al disponer de ejemplares de grupos fósiles hasta ahora inexistentes en las colecciones del departamento.

El alumnado ha visto favorecido su aprendizaje al contar en sus clases prácticas con réplicas tridimensionales de fósiles correspondientes a grupos a los que de otra forma no habría podido tener acceso. Además, en todas las asignaturas donde se ha utilizado esta herramienta, se ha animado al alumnado para que también hagan uso de estas herramientas y se les han facilitado las direcciones web de distintos repositorios y algunos modelos .stl de fósiles, fomentando así el uso de estas nuevas tecnologías y el estudio de estos grupos fósiles fuera del aula, ya sea mediante réplicas 3D o manipulando el modelo digital mediante software en un ordenador o tablet.

Results obtained (In English)

A. Material results/outputs derived from the project:

MAMMALS (SKULLS)

Arsinoitherium zitteli (embryopod)
Plesiadapis cookei (plesiadapiform primate)
Paranthropus boisei (hominid primate)
Homo erectus (hominid primate)
Homo habilis (hominid primate)
Delphinidae indet. (dolphin)
Stephanomys sp. (rodent)

REPTILS (SKULLS)

Stegoceras validum (dinosaur)
Corallus sp. (snake)

BRIOZOOS

Calpensia nobilis
Smittina cervicornis

CRINOIDS

Crinoidea indet.

POLYCHETES

Spirobranchus triqueter

FORAMINIFERA

Elphidium sp.
Bulimina sp.
Globigerina sp.
Peneroplis sp.
Orbulina sp.
Marginopora sp.
Vaginulinopsis baggi
Hopkinsina magnifica

RADIOLARIA

Acrosphaera spinosa
Theocorythium trachelium
Lamprocyclus maritalis

PLANTS (POLLEN GRAINS)

Hordeum murinum
Tilia cordata
Quercus robur
Scorzoneroidea autumnalis

Hedera helix
Betula pendula

PLANTAS (MACROSCOPIC FRAGMENTS)
Sigillaria sp.

Some replicas, such as those of the foraminifera, have been printed twice to show both the external morphology of the specimen and a longitudinal section of its internal structure.

Four three-dimensional models generated by microtomography: *Peneroplis* sp., *Orbulina* sp., *Marginopora* sp. and *Stephanomys* sp.: <http://www.ugrestratig.es>

Participation in an TV programme of Canal Sur:
<https://www.canalsur.es/television/programas/tesis/noticia/1907126.html>

A Master's Thesis (in progress) of the "Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas" with the title: "3D fossil prints to bring fossils closer to the classroom", supervised by Antonio García-Alix and Javier Carrillo Rosúa.

B. Teaching results:

The teaching staff involved in the project have acquired the necessary skills to:

- 1) Search for 3D models of different fossil groups in online repositories.
- 2) Generate .stl files from fossil remains by means of axial microtomography, in the case of microfossils, or by means of a camera/mobile phone/3D scanner, in the case of macrofossils.
- 3) Manipulate and work with these files to generate different slices showing external and internal sections of the fossils.
- 4) Use specific software to visualise and display 3D models in presentations.
- 5) Print replicas of the 3D fossil models at different scales.

In addition, the teaching staff involved in the project has improved the quality of their teaching activity by having specific tools to explain certain types of structures or morphological characteristics of some fossils (for example, through replicas at an enlarged scale), and by having specimens of fossil groups hitherto non-existent in the department's collections.

Students have benefited from having three-dimensional replicas of fossil groups that were absent in the collections of the department of Stratigraphy and Paleontology. Moreover, students have been encouraged to make use of these tool in order to study of these fossil groups outside the classroom, either through 3D replicas or by manipulating the digital model using software on a computer or tablet.

E. Difusión y aplicación del proyecto a otras áreas de conocimiento y universidades

Las impresiones de fósiles 3D no solamente se han aplicado en el ámbito de la Paleontología/Geología, también se han empleado en otras disciplinas como la Arqueología y la Biología a través de la docencia en las asignaturas impartidas por los miembros del proyecto.

Además, los resultados materiales del proyecto (modelos e impresiones 3D) se han utilizado en diversas actividades divulgativas que organizan los integrantes del proyecto, como la actividad "Los fósiles de tu ciudad" de la Semana de la Ciencia de la Facultad de Ciencias de la UGR, o en el curso "Los fósiles nos cuentan el pasado" del Aula Permanente de Formación Abierta de la Universidad de Granada (APFA), dirigido a la formación continua de mayores 55 años. Además, gracias a la dirección de un TFM por parte de uno de los coordinadores del proyecto, se ha podido aplicar esta herramienta a la docencia de la asignatura "Biología y Geología" de 4º de la ESO.

Los modelos 3D generados en archivos .STL se depositarán en un repositorio institucional donde estarán disponibles de forma gratuita para nuestro alumnado y también para cualquier usuario que pueda estar interesado en su visualización. El enlace a este repositorio se indicará en la página web del Departamento de Estratigrafía y Paleontología (<http://www.ugrestratig.es>). Actualmente, debido a un problema surgido con el tamaño de los archivos 3D generados, se ha incluido un mensaje para que las personas interesadas contacten con los coordinadores del proyecto para solicitar los modelos 3D.

La presencia de una pequeña exposición en el aula museo del Departamento de Estratigrafía y Paleontología con parte del material impreso facilitará la difusión de los resultados obtenidos con este proyecto entre el alumnado,

visitantes, o participantes en actividades divulgativas.

Dissemination and application of the project to other areas of knowledge and universities (In English)

The 3D fossil replicas have not only been applied in the field of Palaeontology/Geology, but have also been used in other disciplines such as Archaeology and Biology.

In addition, the material results of the project (3D models and replicas) have been used in various dissemination activities organised by the project members, such as the activity "The fossils of your city" of the Science Week of the Science Faculty of the UGR, or in the course "Fossils tell us about the past" of the "Aula Permanente de Formación Abierta" of the University of Granada (APFA), aimed at the continuing education of people over 55 years. In addition, thanks to the direction of a TFM by one of the project coordinators, it has been possible to apply this tool to the subject "Biology and Geology" of the 4th grade of ESO (Compulsory Secondary Education).

The 3D models generated in .STL files will be deposited in an institutional repository where they will be available free of charge for our students and also for any other user. The link to this repository will be indicated on the website of the Department of Stratigraphy and Paleontology (<http://www.ugrestratig.es>). Currently, due to a problem with the size of the 3D files, a message has been included to contact the project coordinators to request the 3D models.

The presence of a small exhibition in the museum of the Department of Stratigraphy and Paleontology with some of the printed material will facilitate the dissemination of the results obtained with this project among students, visitors, or participants in dissemination activities.

F. Estudio de las necesidades para incorporación a la docencia habitual

Una de las razones que nos impulsaron a solicitar este proyecto fue su fácil implementación en las asignaturas implicadas. La aplicación de los resultados de este proyecto a la docencia habitual del profesorado del área de Paleontología no ha requerido ninguna modificación de las guías docentes de estas asignaturas, ya que en todas se contemplaban prácticas de laboratorio utilizando muestras de mano de restos fósiles. La única modificación que se hizo en el desarrollo de las sesiones prácticas consistió en explicar el proyecto docente en el seno del cual se habían realizado las réplicas y modelos 3D de fósiles utilizados en las sesiones. Posteriormente se procedió a mostrar/explicar los contenidos con estas réplicas y modelos. De igual manera, al finalizar las clases se dialogó con los estudiantes preguntándoles qué les había parecido el uso de estas réplicas/modelos 3D, si habían echado algo en falta, y pidiéndoles posibles recomendaciones para mejorar el uso de estos modelos tridimensionales en futuros cursos académicos.

La organización entre los miembros y coordinadores del proyecto, así como el reparto de tareas, ha sido fundamental para la implementación exitosa del proyecto, ya que ha permitido el uso de estos materiales didácticos incluso en asignaturas impartidas en el primer semestre (meses de noviembre y diciembre). Por ejemplo, se priorizó la generación de modelos y la impresión de réplicas que se iban a utilizar en las asignaturas Geología y Paleontología del Cuaternario y Paleogeografía, impartidas durante el primer semestre en el grado en Arqueología.

G. Puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora

Un punto fuerte del proyecto ha sido el poder hacer uso de muestras de mano de fósiles (mediante las réplicas 3D) que por diversos motivos (escasez en nuestros laboratorios, pequeño tamaño o fragilidad), no podían ser correctamente observados y/o manipulados por el alumnado. Ha sido especialmente útil la impresión a escala aumentada de ejemplares de grupos de fósiles de tamaño microscópico (foraminíferos, granos de polen, briozoos), cuyo estudio es de gran relevancia en Paleontología, pero que hasta el momento sólo podían ser observados por el alumnado mediante el uso de instrumental óptico.

Otro punto fuerte del proyecto ha sido la aceptación entre el alumnado debido a la mezcla de temáticas: fósiles y uso de tecnologías informáticas. Como en cada asignatura en la que se ha hecho uso de estas herramientas se ha explicado la naturaleza del proyecto de innovación, la mayoría de los grupos nos han solicitado que les ampliáramos esa información, que les indicáramos repositorios de descarga de modelos, que les enviáramos algunos ejemplos de modelos 3D, o que les diéramos consejos para la impresión de otros ejemplares.

Las mayores dificultades que se han encontrado en este proyecto han sido sobre todo las técnicas. En primer lugar, encontrar el filamento adecuado para la impresión 3D. Elegimos un filamento tipo PLA por su versatilidad, pero después estuvimos casi un mes haciendo distintas pruebas con diferentes filamentos de este tipo. Finalmente, nos decantamos por un filamento PLA que, aunque un poco más caro que el presupuestado, ofrecía unos acabados muy buenos para las réplicas de fósiles. También hubo dificultades a la hora de encontrar los

mejores ajustes para este tipo de impresiones. Una vez encontrados los ajustes óptimos, todos los integrantes del proyecto hemos hecho uso de ellos adaptándolos a cada uno de los casos específicos.

Otro reto técnico fue la realización de las microtomografías axiales de rayos X; principalmente la limpieza de los archivos generados, ya que los microfósiles eran montados en una pasta para hacer la microtomografía. Esta pasta generaba píxeles erráticos en la imagen que había que borrar semi-manualmente en el post-procesado. Además, el tamaño de los archivos .stl generados era muy grande. De hecho, seguimos trabajando en este punto para reducir su tamaño sin afectar a la calidad del modelo. Este es el motivo por el que no podemos añadir todavía un link de descarga en la web del departamento, y solo hemos añadido un mensaje en la página web del departamento de Estratigrafía y Paleontología (<http://www.ugrestratig.es/>) para que las personas interesadas contacten con los coordinadores del proyecto para poderse los facilitar. Un nuevo software para procesar grandes volúmenes de datos generados en modelos 3D recientemente adquirido por la unidad de Microtomografía de Rayos X del Centro de Instrumentación Científica mejorará con creces este problema de implementación del proyecto.

Finalmente, otro problema fue coordinar la implementación de este proyecto en las distintas asignaturas, priorizando las impresiones que se realizaban en función de la distribución anual de cada materia. Por ejemplo, como las clases del Paleontología del Cuaternario del grado en Arqueología impartidas por nuestra área eran durante los meses de noviembre y diciembre, hubo que mejorar la técnica de impresión de primates fósiles y priorizar estos ejemplares en el tiempo.

Actualmente estamos imprimiendo todos los fósiles en filamento blanco, por ser el color más parecido a los restos fósiles de huesos, dientes o conchas. Sin embargo, la ausencia de textura (color) podría ser un problema para la visualización y el aprendizaje por parte del alumnado. En futuros proyectos de temática similar, el problema del color/textura se puede solucionar aplicando pintura/betún en la superficie de la réplica. Ésta es una técnica muy empleada para mejorar la visualización de la superficie en este tipo de impresiones.

Una opción de mejora interesante viene dada por el propio planteamiento de este proyecto, que fue concebido desde su origen como un proyecto exploratorio para comprobar la aplicabilidad de esta tecnología a la docencia del área de Paleontología. Dado este carácter preliminar, se han imprimido réplicas de grupos fósiles muy diversos: dinosaurios, foraminíferos, radiolarios, primates, pólenes, briozoos, micromamíferos, etc., sin profundizar especialmente en ningún grupo en particular. Futuros proyectos de innovación docente podrían mejorar este escollo si se centran en grupos fósiles específicos de los que tenemos pocos o ningún ejemplar real en el laboratorio de prácticas del departamento, como podrían ser los dinosaurios o los primates.