



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto 118

Creación de colecciones virtuales mediante la digitalización de esqueletos de primates y otros mamíferos: utilización de visualización e impresión 3D como herramientas educativas para la transferencia de conocimientos: II

Responsable del Proyecto: Dr. Daniel García Martínez

Facultad de CC. Biológicas

Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución

## **1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.**

En el ámbito de las nuevas tecnologías, la digitalización del patrimonio para permitir el acceso remoto ha sido una tendencia creciente en los últimos años. Esta práctica ha revolucionado la conservación, la investigación y, cada vez más, la educación. Un ejemplo destacado en este campo es el consorcio DISSCO (Sistema Distribuido de Colecciones Científicas), una iniciativa que tiene como objetivo unificar digitalmente todos los activos de ciencias naturales europeos bajo un acceso común, siguiendo los principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), y así posicionando las colecciones de ciencias naturales en el centro de la excelencia científica en áreas como medio ambiente, cambio climático, seguridad alimentaria, salud y bioeconomía.

Sin embargo, a pesar de los avances logrados, el acceso en línea a las colecciones aún es limitado. Un informe de la Red Europea de Organizaciones de Museos (NEMO) reveló que solo el 20% de las colecciones de museos europeos estaban disponibles en línea en 2020. La pandemia de COVID-19, sin embargo, ha acelerado la adopción de recursos de enseñanza en línea, lo que representa una oportunidad única para integrar el acceso a las colecciones digitalizadas en la educación superior universitaria, complementando así la enseñanza presencial.

En este contexto, surge la necesidad de implementar nuevas tecnologías de digitalización de colecciones y acceso en línea para los estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Aunque la UCM ha participado en iniciativas como DISSCO, estas se han centrado principalmente en la conservación e investigación de colecciones para la comunidad científica. En este proyecto de innovación docente, desde la Unidad Docente de Antropología Física (UDAF), se pretende continuar una línea de trabajo iniciada en el curso académico 2021/2022, centrada en la digitalización de colecciones desde la perspectiva de la Antropología Virtual, con el objetivo de acercar las nuevas tecnologías a los estudiantes.

La Antropología Virtual se basa en la observación y el manejo de especímenes antropológicos en un entorno virtual, permitiendo a los estudiantes una comprensión más completa de la anatomía y morfología que las imágenes 2D convencionales. Este proyecto tiene como objetivo digitalizar e imprimir en 3D esqueletos de primates y otros mamíferos seleccionados, para su uso como recurso docente dual, tanto virtual como físico.

En cuanto a la selección de los especímenes, se escogerán primates representativos de

la variabilidad del Orden Primates, incluyendo especies como *Lemur catta*, *Tarsius tarsier*, *Cebus capucinus*, *Papio amadrias* y *Macaca fuscata*, que permitirán a los estudiantes comprender la evolución y la diversidad de este grupo taxonómico. La lógica para la selección de estos dos grupos de animales es la siguiente:

A grandes rasgos, los primates seleccionados son los representantes vivos de la variabilidad actual, permitiendo recoger información de diferentes modelos anatómicos, tipos de locomoción (ortógrada, pronógrada), líneas y adaptaciones evolutivas, ect. Estos primates representarán la variabilidad de forma y tamaño del Orden Primates al cual pertenecemos, permitiendo a los estudiantes conocer sus adaptaciones y características. El acceso a sus esqueletos es fundamental en la docencia de la evolución biológica en general y de la evolución de los primates en particular, así como para que los estudiantes se inicien a la investigación mediante el planteamiento de análisis comparativos. Esta necesidad docente se enfrenta al problema de la escasez de esqueletos de estos primates, localizados en colecciones de museos cuyo acceso está limitado a proyectos de investigación por razones de conservación de un material insustituible.

Específicamente, se escanearán los restos esqueléticos de primates que incluyen toda la variabilidad del Orden. En el esquema se muestran los diferentes grupos y los nombres de las especies a escanear:

Orden Primates

Suborden Strepsirrhini - *Lemur catta*

Suborden Haplorrhini

Infraorden Tarsiiformes

Familia Tarsiidae - *Tarsius tarsier*

Infraorden Simiiformes

Parvorden Platyrrhini - *Cebus capucinus*

Parvorden Catarrhini - *Papio amadrias* y *Macaca fuscata*

## 2. Objetivos alcanzados.

A lo largo de la ejecución del proyecto, hemos logrado alcanzar importantes hitos a pesar de los desafíos presupuestarios que se presentaron en el camino. Es importante destacar que, debido a la concesión de un presupuesto significativamente menor al inicialmente solicitado —aproximadamente un tercio del monto propuesto— fue necesario adaptar tanto los objetivos como los métodos previstos. Esta restricción presupuestaria supuso un reto considerable, pero nos permitió replantear estrategias y recursos, lo que llevó a la consecución de los siguientes resultados clave:

1. **Escaneo de especímenes seleccionados con un escáner de resolución inferior al inicialmente planteado:** La adquisición del escáner propuesto en la solicitud inicial no fue posible debido a las limitaciones presupuestarias. Como alternativa, se utilizó el escáner disponible en la Unidad de Antropología Física de la UCM, el cual, aunque de menor resolución, permitió realizar los escaneos de los especímenes seleccionados. Si bien esta decisión conllevó algunas limitaciones, especialmente en la imposibilidad de escanear los ejemplares de menor tamaño propuestos inicialmente (como el **Macaca sp.**, el **Tarsius tarsier** y el **Lemur catta**), se optimizó el uso de los recursos disponibles para maximizar la producción de material digital.
2. **Escaneo de los huesos largos, cráneos, mandíbulas y pelvis de dos especímenes:** Como parte de la adaptación a los nuevos recursos disponibles, se escanearon todos los huesos largos, así como el cráneo, la mandíbula y la pelvis de dos especímenes representativos de la variabilidad anatómica de los primates: el **Gorilla gorilla** y el **Papio sp.**. Se escanearon un total de 20 huesos por cada uno de los especímenes, lo que proporcionó una representación digital precisa y detallada de los elementos esqueléticos de ambos primates. Estos modelos digitales ahora se encuentran almacenados en el repositorio del **Laboratorio de Antropología Virtual de la UCM**, donde están disponibles tanto para la docencia como para la investigación futura, contribuyendo así a la creación de un valioso recurso pedagógico y científico.
3. **Impresión 3D de los huesos escaneados:** Como paso adicional en el proceso de digitalización, se procedió a la impresión en 3D de los huesos de ambos especímenes (**Gorilla gorilla** y **Papio sp.**). Este avance no solo ha permitido crear réplicas físicas de los huesos escaneados, sino que también facilita su uso en actividades prácticas tanto para los estudiantes como para los investigadores. Las réplicas físicas de los huesos son herramientas clave para la enseñanza de

la morfología y la anatomía, así como para el análisis comparativo de la variabilidad anatómica dentro del Orden Primates.

4. **Descarga e impresión 3D de especímenes faltantes a partir de repositorios digitales:** A pesar de la limitación presupuestaria, se buscó una solución alternativa para complementar los especímenes inicialmente planteados en la memoria. Se descargaron esqueletos de los primates faltantes (como **Macaca sp.**, **Tarsius tarsier** y **Lemur catta**) desde repositorios digitales de acceso abierto, lo que permitió cubrir la variabilidad taxonómica prevista. Estos modelos digitales fueron igualmente impresos en 3D, generando réplicas físicas de los especímenes faltantes y completando así el conjunto de huesos escaneados y accesibles para la docencia y la investigación.
5. **Optimización de recursos y resultados a pesar de la reducción presupuestaria:** A pesar de los recortes presupuestarios, se logró un ajuste eficaz de los métodos propuestos, garantizando que el proyecto siguiera cumpliendo sus objetivos. La disponibilidad de los modelos digitales y las impresiones 3D de los especímenes seleccionados no solo ha permitido generar material para la docencia, sino que también ha ofrecido nuevas posibilidades para el análisis comparativo, el estudio de la evolución primate y la investigación anatómica. La capacidad de adaptar las metodologías a los recursos disponibles ha sido un factor determinante para el éxito de este proyecto, permitiendo que las limitaciones iniciales no comprometieran la calidad de los resultados alcanzados.

A pesar de los desafíos impuestos por la reducción del presupuesto, se han alcanzado con éxito los objetivos fundamentales del proyecto. Las colecciones digitalizadas y las réplicas físicas generadas constituyen ahora un recurso valioso que enriquecerá la formación de los estudiantes y facilitará la investigación en la disciplina de la Antropología Física, impulsando el uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza y el estudio de la evolución humana y primate.

### **3. Metodología empleada en el proyecto (Máximo 1 folio)**

La metodología desarrollada durante la ejecución del proyecto se estructuró en torno al uso de tecnologías de digitalización e impresión tridimensional aplicadas a la docencia y la investigación en Antropología Física. Dada la reducción del presupuesto concedido respecto al solicitado inicialmente, fue necesario adaptar la estrategia metodológica para optimizar los recursos disponibles sin comprometer los objetivos fundamentales del proyecto.

En primer lugar, se llevó a cabo el escaneo 3D de los especímenes seleccionados utilizando los escáneres disponibles en la Unidad de Antropología Física de la Universidad Complutense de Madrid. Concretamente, se emplearon distintos modelos comerciales de escáneres de sobremesa y portátiles, como el Creality Lizard, el EinScan-SP y el Revopoint Mini 3, todos ellos adecuados para la captura de geometría detallada de elementos óseos de tamaño medio a grande. Aunque estos dispositivos presentan una resolución inferior a la del escáner originalmente propuesto en la solicitud inicial, permitieron obtener modelos digitales de alta fidelidad de los huesos largos, cráneos, mandíbulas y pelvis de dos especímenes clave: *Gorilla gorilla* y *Papio sp.* En total, se digitalizaron 20 elementos óseos por espécimen.

Como parte complementaria de la metodología, y ante la imposibilidad de escanear algunos ejemplares de menor tamaño debido a las limitaciones técnicas y presupuestarias, se recurrió a la descarga de modelos digitales desde repositorios de acceso abierto, incluyendo representaciones anatómicas de *Macaca sp.*, *Tarsius tarsier* y *Lemur catta*. Esta estrategia permitió completar la diversidad taxonómica inicialmente planteada en la propuesta.

Una vez obtenidos los modelos digitales, se procedió a su impresión en 3D mediante una impresora de resina de alta precisión, adquirida con cargo al presupuesto del proyecto. Esta tecnología de fotopolimerización permitió generar réplicas físicas detalladas de los especímenes escaneados y descargados, las cuales se integran ahora en los recursos didácticos del Laboratorio de Antropología Virtual de la UCM. Las impresiones se optimizaron para garantizar tanto su fidelidad morfológica como su resistencia en el manejo didáctico.

La combinación de estas metodologías permitió consolidar un archivo digital de morfología comparada de primates y generar un conjunto físico de modelos anatómicos que enriquecen significativamente la docencia práctica en evolución humana y primatología, al tiempo que abren nuevas posibilidades para el análisis morfofuncional y la investigación anatómica.

#### 4. Recursos humanos.

Los recursos humanos empleados fueron los descritos en la solicitud del proyecto, y las personas implicadas realizaron las siguientes tareas correspondientes a cada uno de los puntos descritos en la sección de objetivos alcanzados:

**a. Selección y traslado del material osteológico:** La selección del material osteológico de fauna primate fue llevada a cabo por los técnicos Mariano Padilla y Susana Vergara (UCM), junto con Daniel García Martínez (UCM).

**b. Escaneo y procesado de los huesos:** Daniel García Martínez (UCM), quien coordinó y formó al resto del equipo del proyecto, incluyendo a estudiantes de grado y doctorado, en el uso de los distintos escáneres 3D (Creality Lizard, Einscan y Revopoint Mini 3) y en el procesado de los modelos digitales.

**c. Impresión 3D:** Daniel García Martínez (UCM), responsable de la preparación, configuración y supervisión de la impresión 3D en resina de los especímenes, además de coordinar y entrenar al resto del equipo y estudiantes implicados.

**d. Virtualización:** Daniel García Martínez (UCM), quien lideró el proceso de generación, edición y archivo de los modelos tridimensionales, formando asimismo al equipo del proyecto y al alumnado participante en técnicas de antropología virtual.

#### 5. Desarrollo de las actividades.

Las actividades llevadas a cabo para alcanzar los objetivos del proyecto se organizaron en tres grandes fases: selección y escaneo, procesado y virtualización, e impresión 3D de los especímenes. A lo largo del desarrollo del proyecto, se combinaron recursos propios de la Unidad de Antropología Física de la UCM con el equipamiento adquirido específicamente para esta propuesta, optimizando al máximo el rendimiento del presupuesto concedido.

##### 1. Selección y escaneo de especímenes.

**a. Selección de material:** Durante los meses de septiembre a noviembre de 2024 se realizaron visitas al Museo de Anatomía Comparada de Vertebrados (MACV) de la UCM para revisar y seleccionar los especímenes que conformarían la base del trabajo. Debido a la reducción presupuestaria, se decidió centrar la digitalización en dos especies representativas de primates catarrinos: *Gorilla*

*gorilla* y *Papio sp.*, seleccionando ejemplares con una buena conservación anatómica y variedad de elementos esqueléticos.

**b. Escaneo 3D:** Entre diciembre de 2024 y marzo de 2025 se procedió al escaneo de los elementos óseos seleccionados, empleando tres escáneres disponibles en el Laboratorio de Antropología Virtual de la UCM: el Creality Lizard, el EinScan-SP y el Revopoint Mini 3. Se diseñó y aplicó un protocolo de escaneo sistemático, con especial atención a la orientación de las piezas, los parámetros de captura y la limpieza digital posterior. Se escanearon un total de 20 huesos por espécimen, incluyendo todos los huesos largos, cráneo, mandíbula y pelvis, con un total de 40 modelos tridimensionales generados.

## **2. Procesado digital y virtualización.**

Entre febrero y abril de 2025, los modelos digitales obtenidos se procesaron para eliminar artefactos, cerrar mallas y generar versiones optimizadas en formato .stl y .obj. Este trabajo se realizó con software de edición tridimensional como MeshLab, ZBrush y Geomagic Wrap. Los modelos finales fueron etiquetados y almacenados en el repositorio digital del Laboratorio de Antropología Virtual de la UCM, quedando disponibles para su uso docente e investigador.

Adicionalmente, para completar la muestra taxonómica inicialmente prevista —y debido a la imposibilidad de escanear ejemplares de menor tamaño como *Macaca sp.*, *Tarsius tarsier* o *Lemur catta*— se optó por descargar modelos digitales desde repositorios de acceso abierto (como MorphoSource o Sketchfab), respetando los derechos de uso. Estos modelos fueron igualmente limpiados y procesados para su posterior impresión.

## **3. Impresión 3D de modelos.**

**a. Preparación e instalación del equipo:** En enero de 2025, se adquirió una impresora 3D de resina con cargo al presupuesto del proyecto. Esta impresora, si bien de menor tamaño que la inicialmente contemplada, permitió obtener réplicas detalladas y anatómicamente precisas de los especímenes seleccionados. Se adquirió también el material consumible necesario (resinas fotopolimerizables, tanques de lavado y curado UV).

**b. Pruebas de impresión:** Entre febrero y marzo de 2025, se realizaron pruebas de impresión con distintos parámetros de resolución, orientación y exposición, con el fin de maximizar el detalle anatómico y minimizar el uso de soportes.

También se evaluaron diferentes colores de resina para facilitar la identificación visual de especies por parte del alumnado y el profesorado. Este proceso permitió establecer un protocolo óptimo de impresión para huesos de morfología compleja.

**c. Impresiones definitivas:** A lo largo de los meses de abril a junio de 2025, se imprimieron de forma sistemática todos los modelos generados, tanto los obtenidos por escaneo como los descargados de repositorios digitales. Las réplicas se organizaron por especie y elemento anatómico, y se almacenaron en cajas etiquetadas para facilitar su uso en actividades docentes y de investigación.

Esta planificación en fases permitió cumplir con los objetivos previstos y generar un conjunto coherente de materiales tridimensionales, tanto digitales como físicos, que fortalecen el uso de tecnologías emergentes en la enseñanza de la Antropología Física. La inclusión de alumnado en todas las etapas del proceso —desde el escaneo hasta la impresión— ha contribuido además a su formación técnica en metodologías de vanguardia.

## 6. Anexos.



**Figura 1.** Elementos escaneados e impresos del ejemplar de *Gorilla gorilla*.



**Figura 2.** Elementos escaneados del ejemplar de *Papio sp.*



**Figura 3.** Elementos descargados del ejemplar de *Macaca sp.*