



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto: 108

Anatomía de vertebrados a través de imágenes 3D. Identificación de
huesos actuales y fósiles de fauna salvaje, doméstica y extinta II

Responsable del Proyecto: Nuria García García

Facultad de Ciencias Geológicas

Departamento: Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología

Anatomía de vertebrados a través de imágenes 3D. Identificación de huesos actuales y fósiles de fauna salvaje, doméstica y extinta II Proyecto nº 108

- **Objetivos propuestos en la presentación del proyecto**

El objetivo general es acercar a la comunidad universitaria el conocimiento de la anatomía ósea de vertebrados, a través de herramientas virtuales, aumentando su atractivo en el proceso de aprendizaje. Esta propuesta se ha desglosado en seis puntos que definen de forma más específica el sentido del proyecto.

1. Diseñar un proyecto docente de anatomía virtual apoyado por modelos anatómicos 3D para impartir contenidos de tipo anatómico. El material incluido en el proyecto puede consistir en huesos actuales y fósiles de fauna salvaje, doméstica y extinta. Estos modelos podrán formar parte de la docencia tanto presencial (como refuerzo didáctico) o de forma online.
2. Estimular a los estudiantes de grado y postgrado a participar activamente en el aprendizaje de la anatomía, a través de una colección de modelos virtuales de osteología comparada de diferentes especies de interés biológico, veterinario o arqueológico.
3. Proporcionar una formación a nuestros estudiantes (de grado y postgrado) en el desarrollo y uso de estas herramientas virtuales como parte de su propio aprendizaje en herramientas 3D y que suponga una ayuda para acceder a trabajos en un mercado laboral en el que necesitarán cada vez más del conocimiento y manejo de estas técnicas.
4. Proporcionar experiencia en la formación docente a los estudiantes de doctorado, que están iniciando su carrera académica como investigadores, pero también como docentes dado que se están formando en el ámbito de la Universidad. Este proyecto les permite establecer sus propios protocolos didácticos para enseñar anatomía a alumnos de grado y máster a partir de herramientas 3D de las que ellos tienen amplio conocimiento.
5. Actualizar y poner al día, las técnicas de enseñanza en la Universidad a través de la interacción de profesores con largo recorrido y experiencia en la enseñanza en anatomía, con los futuros profesores, actualmente en formación (estudiantes de doctorado), familiarizados con novedosas herramientas 3D.
6. Creación de un repositorio para archivos digital, con proyección de futuro, es decir generar de forma progresiva una biblioteca virtual: www.ucm.es/fisioanimvet/anatomia-de-vertebrados) que incluya una selección de vertebrados (elementos craneales principalmente) en formato de usuario que atienda las necesidades del estudiante como material docente online y de apoyo a las practicas presenciales.

- **Objetivos alcanzados**

De forma general, el subfilo de los vertebrados se divide en tetrápodos y peces. Este proyecto se ha centrado en los vertebrados tetrápodos, incluyendo ejemplos de tres de las cuatro clases que reúnen su clasificación: Mammalia, Reptilia y Aves. Durante los meses de ejecución del proyecto se han alcanzado los siguientes objetivos:

- 1- Se han seleccionado ejemplares de vertebrados.
 - Dentro del grupo Mammalia, se han incluido ejemplares pertenecientes a 4 órdenes: Primates, Carnivora, Rodentia, Eulipotyphla.
 - Dentro del grupo Reptilia, se ha elegido un dinosaurio terópodo del Cretácico.
 - Dentro del grupo Aves, se han incluido ejemplares pertenecientes a 3 órdenes: Strigiformes, Accipitriformes, Falconiformes.
2. Los ejemplares seleccionados han sido posteriormente digitalizados en las instalaciones de la Facultad de Veterinaria utilizando dos equipos: un escáner 3D EinScanSP de luz estructurada con textura y un escáner 3D EinScanPro. Ambos ofrecen gran resolución en la digitalización de las piezas.
3. Se han subido los modelos 3D a una cuenta profesional en la plataforma SKETCHFAB de modelos 3D (<https://www.ucm.es/fisioanimvet/anatomia-de-vertebrados>) donde se ha llevado a cabo el etiquetado de los landmarks anatómicos, quedando este recurso de aprendizaje a disposición de los alumnos de las materias de anatomía.
4. Se ha generado una biblioteca virtual: www.ucm.es/fisioanimvet/anatomia-de-vertebrados) que incluye 9 taxones pertenecientes al subfilo Vertebrata, que suponen 16 modelos generados, considerando que en su mayoría se han escaneado el cráneo y la mandíbula.
5. Los estudiantes tanto de Grado como de Postgrado han adquirido nociones sobre el uso del escáner y el proceso de digitalización, además de proceder al etiquetado de los puntos anatómicos en la plataforma SKETCHFAB. De esta manera, no solo han adquirido competencias en anatomía y en el uso de estas herramientas virtuales sino que se ha generado una biblioteca virtual donde se han incorporado ejemplares de diferentes grupos de vertebrados. Este aprendizaje garantiza la continuidad del proyecto en futuras convocatorias.
6. Se ha puesto a disposición de los estudiantes de Grado y Máster una colección de modelos virtuales de osteología comparada.

No se han podido alcanzar el 100% de los objetivos. El proyecto incluía en los objetivos la virtualización de 25 modelos, pero finalmente el número de ejemplares procesados ha

sido de 16 aunque sí se ha mantenido la diversidad de grupos taxonómicos propuesta en la propuesta inicial. Sin embargo, esperamos incrementar la muestra en futuras convocatorias ampliando la diversidad del subfilo Vertebrata en la colección virtual. Los grupos con menos representación serán los prioritarios a la hora de completar la colección. Además, la experiencia formativa pretendía abarcar más estudiantes. En futuras convocatorias, y dado el éxito que esta formación ha suscitado entre los estudiantes (según encuestas realizadas) se intentará ampliar la capacidad formativa y que un número superior de estudiantes se beneficien de este aprendizaje.

- **Metodología empleada en el proyecto**

Diseño del estudio y recopilación de datos

Se ha formado un grupo de trabajo compuesto por profesores y estudiantes que comparten interés en la anatomía. El equipo está formado por: el Grupo 1 = profesores de anatomía; Grupo 2 = equipo de formación y Grupo 3 = estudiantes de grado y máster con interés en anatomía.

El Grupo 1 lo constituyen especialistas en diferentes grupos de vertebrados (desde dinosaurios terópodos del Cretácico hasta mamíferos del Cuaternario y modernos) y disponen de sus propias colecciones de taxones modernos relacionados con sus líneas de investigación (carnívoros, fauna doméstica, micromamíferos, primates, reptiles...), así como acceso a museos u otras instituciones. Han sido responsables de seleccionar fósiles y especímenes modernos de vertebrados actuales y extintos.

Se han utilizado dos equipos técnicos: 1) un escáner 3D EinScanSP de luz estructurada con textura y 2) un escáner 3D EinScanPro. EinScan SP es un escáner de luz estructurada que captura la información 3D de un objeto mediante triangulación trigonométrica. Consta de una placa giratoria donde se coloca la pieza que se quiere escanear. El escáner proyecta un patrón de luz sobre la pieza y la escanea desde varios ángulos según va girando la placa. De esta manera el escáner va capturando la morfología de la pieza. Previamente al escaneado de las piezas hay que calibrar el escáner, pero es un proceso rápido y automático que dura un par de minutos y sólo se tiene que hacer antes del primer escaneado del día. Dependiendo del tamaño y la morfología de la pieza a escanear se necesitarán diferentes escaneos desde distintas orientaciones para completar el modelo 3D. En cada escaneo se realizan 25 vueltas de la placa giratoria para obtener una buena resolución de la pieza. El escáner está asociado a un software intuitivo y según se va escaneando la pieza desde diferentes orientaciones, los escaneos se van alineando automáticamente y se fusionan los datos para obtener el modelo digital 3D. Cada pieza puede tardar entre 45 minutos y 1 hora dependiendo de las vistas que se necesiten para escanear completamente la pieza. El otro escáner 3D (EinScan Pro HD) de reciente adquisición por el equipo, es un modelo más moderno que usa un nuevo algoritmo de hardware y software de proyección de iluminación, capaz de escanear una gama más amplia de objetos de color oscuro o negro (caso de algunos fósiles). Ambos equipos ofrecen una gran resolución en la digitalización de las piezas y han sido utilizados por el Grupo 2 y Grupo 3 para llevar a cabo la digitalización de las piezas seleccionadas por el Grupo 1.

- **Recursos humanos** MAX 2 folio

Han participado **19** personas pertenecientes a la UCM, 6 son PDI, 12 son estudiantes (5 de doctorado, 5 de master y 2 de grado) y 1 pertenece al estamento de PAS. Las facultades implicadas son 3: Facultad de Veterinaria, Facultad de Ciencias Biológicas y Facultad de Ciencias Geológicas.

Profesores universitarios especializados en Paleontología, Fisiología Animal, Anatomía Animal y Embriología. N. García, P. Sevilla, A. Pablos y A. Torices (GEODESPAL, Fac. C. Geológicas) son especialistas de distintos grupos de vertebrados (desde dinosaurios terópodos del Cretácico hasta mamíferos Cuaternarios y serán los encargados de seleccionar las muestras de fósiles de reptiles y mamíferos actuales y extintos. También cuentan con colecciones propias de taxones modernos relacionadas con sus líneas de investigación (carnívoros, micromamíferos, primates, reptiles). Se garantiza así la presencia de especies de carnívoros tanto ibéricas (lobo ibérico, nutria, lince ibérico, gato montés...), como africanas (chacal, lobo etíope, caracal, león, hiena manchada...), pequeños mamíferos (erizos, varios tipos de roedor, insectívoros y murciélagos). Contamos además con Chimpancé, Papión y monos colobinos y pequeños monos del Nuevo Mundo. El escaneado se realizará sobre material de especies que permita al mismo tiempo profundizar en la equivalencia morfológica/dietaria entre los macro- y micromamíferos (carnívoros, herbívoros, omnívoros) . Entre la Clase Reptilia, la propuesta incluye Velociraptor y Varano. Además, tenemos acceso a las colecciones del Museo de Vertebrados (Facultad de C. Biológicas) que dispone de una rica muestra de vertebrados ibéricos. L. Revuelta, I. De Gaspar y O. del Águila, pertenecen a las Secciones Departamentales de Fisiología Animal y Anatomía y Embriología, respectivamente (F. Veterinaria). Tienen por lo tanto acceso a la colección osteológica que se emplea en la docencia reglada del Grado en Veterinaria, y serán los encargados de seleccionar las muestras de mamíferos domésticos (équidos, bóvidos, suidos y cánidos) que junto a O. del Águila veterinario especialista en fauna silvestre, completarán la muestra. Además, estos especialistas tienen contactos profesionales con entidades de conservación y reintroducción de Fauna Silvestre y Autóctona, lo que facilita el acceso a los huesos de especies de la Clase Aves ampliando el conocimiento anatómico de los vertebrados.

Cada profesor fue responsable del grupo zoológico en el que se especializan. Los docentes involucrados en el estudio tienen, ya sea directamente o a través de sus contactos profesionales, acceso a una colección relevante de huesos/fósiles que ha permitido la elaboración de la colección virtual, siguiendo su criterio en una selección apropiada de ejemplares.

El equipo de formación, lo integran 6 personas: Luis Revuelta, profesor universitario de la F. Veterinaria que supervisa la actividad y cinco estudiantes de doctorado, de los cuales, Juan

Andrés De Pablo y Andrea Miguel han sido los responsables de la ejecución de las tareas, con el apoyo de Raquel Blázquez, Mayte Pérez e Israel Jiménez. Los doctorandos están adscritos a distintos programas (F. Veterinaria, F. C Biológicas y F. C Geológicas) y tienen en común estar especializados en adquisición de imágenes y post-procesamiento en las investigaciones que realizan como parte de sus tesis doctorales.

El grupo de estudiantes de grado y máster incluye a 2 estudiantes de Grado y 5 de máster que estudian anatomía en diferentes facultades: J.P Fraga, J. Mora, R. Ramírez, M. Aragón, F. Grande, L. Cumplido y R. García. Estos alumnos cursan estudios de Geología, Biología y Arqueología. El estudiante del Grado de Geología va a dirigir su carrera profesional hacia el área de la Paleontología de Vertebrados y esta formación refuerza sus conocimientos; la estudiante de Biología finaliza 2º curso y esta formación complementará cualquier opción futura en sus estudios. El resto son estudiantes de máster, donde la anatomía es asignatura obligatoria del programa. En concreto el graduado en Arqueología se ha incorporado en este curso a un máster de Antropología en UK donde precisa de una base en anatomía de Primates.

- **Desarrollo de las actividades**

Se ha usado la clasificación de Tetrápoda *sensu stricto* (Iwabe et al 2004) que incluye las clases Amphibia, Mammalia, Reptilia y Aves, siguiendo la filogenia que incluye los grupos de tetrápodos actuales a partir de criterios biomoleculares (incluyendo *Tyrannosaurus rex* y *Brachylophosaurus canadensis*).

Selección del Material: la primera fase del proyecto ha sido seleccionar los ejemplares que integren la colección y criterios anatómicos (1 mes). Los profesores implicados en el proyecto (Grupo 1 = profesores de anatomía especialistas en diferentes grupos de vertebrados) tienen, bien a su disposición directa o bien a través de sus contactos profesionales, acceso a una colección relevante de huesos/fósiles para elaborar la colección virtual. Estos profesores trabajan con dinosaurios terópodos del Cretácico, así como con mamíferos y aves (extintos y modernos). Disponen de colecciones propias relacionadas con sus líneas de investigación (carnívoros, fauna doméstica, micromamíferos, primates, reptiles...), así como otros recursos como acceso a museos y otras instituciones. Se garantiza así la presencia de especies de dinosaurios terópodos, carnívoros tanto ibéricos (lobo ibérico, nutria, lince ibérico, gato montés...), como africanos (chacal, lobo etíope, caracal, león, hiena manchada...), pequeños mamíferos (erizos, varios tipos de roedor, insectívoros y murciélagos) y primates (chimpancé, Papión, monos colobinos...). Su tarea ha consistido en seleccionar los fósiles y ejemplares modernos de vertebrados, además, de determinar las partes anatómicas que deben ser etiquetadas, considerando un máximo de 20 etiquetas por archivo (límite de Sketchfab).

La selección final ha incluido tres clases: Mammalia, Reptilia y Aves.

Clase Mammalia: se han seleccionado 4 órdenes: Primates, Carnivora, Rodentia, Eulipotyphla.

Order Primates. Familia Cercopithecidae: *Papio* sp. (cráneo y mandíbula)

Order Carnivora. Familia Felidae: *Caracal caracal* (cráneo y mandíbula);

Familia Canidae: *Canis mesomelas* (cráneo y mandíbula);

Orden Rodentia. Familia Hystricidae: *Hystrix cristata* (cráneo y mandíbula)

Orden Eulipotyphla. Familia Erinaceidae: *Erinaceus europaeus* (cráneo y mandíbula)

Clase Reptilia. Un dinosaurio terópodo del Orden Saurischia. Familia Tyrannosauridae: *Gorgosaurus libratus* (cráneo).

Clase Aves. Familia Strigidae, Orden Strigiformes: *Bubo bubo*

Familia: Accipitridae, Orden Accipitriformes: *Aegyptius monachus*

Familia Falconidae, Orden Falconiformes: *Falco peregrinus*

Segunda fase: una vez completada la selección de ejemplares por el Grupo 1 (profesores de anatomía), el equipo de formación (Grupo 2) ha sido responsable del escaneado, digitalización y obtención de modelos 3D. Esta parte incluye no solo en estos procesos sino en impartir una serie de nociones sobre la ejecución práctica de estas tareas a estudiantes de grado y postgrado. Estas sesiones formativas se han llevado a cabo en el laboratorio 3D de Fisiología (pabellón central, F. Veterinaria) y estuvieron supervisadas por el profesor Luis Revuelta. Los responsables de la formación han sido JA De Pablo y A. Miguel, con el apoyo de R. Blázquez, M. Pérez e I. Jiménez.

El escaneado se realizó sobre material de especies que permita al mismo tiempo profundizar en la equivalencia morfológica/dietaria entre los macro- y micromamíferos (carnívoros, herbívoros, omnívoros).

Para la digitalización de los 14 ejemplares, se han utilizado dos escáneres 3D: 1) un escáner 3D de escritorio EinScanSP de luz estructurada con textura y 2) un escáner 3D de escritorio EinScanPro. Ambos escáneres ofrecen una excelente resolución en la digitalización de las piezas. Se crearon modelos anatómicos en formato STL. Los archivos digitales STL (del inglés STereoLithography) son un formato de archivo de diseño por computadora que define la geometría de objetos 3D para crear modelos y pueden ser leídos por casi todos los programas. Utilizando el software RealityCapture, se importaron los modelos 3D. Esta herramienta también incluye capacidades de renderizado para refinar el resultado final. Esto significa que se puede usar un modelo preexistente o uno nuevo creado dentro de RC, y luego emplear las funciones de renderizado del software para mejorarlo con texturas, iluminación y otros efectos visuales. La última fase del proyecto tiene un objetivo educativo. Implica que los estudiantes (de grado y master) (Grupo 3) aprendan a usar herramientas 3D (escáneres y software). Las jornadas en las que se desarrollaron dichas sesiones formativas fueron el 4 y 5 de marzo de 2025 en horario de 10:00 a 13:00. A estas sesiones acudieron los siete alumnos del grado y máster a los que se les dividió en dos grupos que fueron asignados a un equipo compuesto por un responsable y una o dos personas de apoyo (con capacidad para explicar y resolver dudas sobre la formación 3D). Cada grupo lo han constituido 2 o 3 personas del equipo de formación y 3 o 4 alumnos de grado o postgrado, proporción que ha permitido a los alumnos tener un acceso óptimo al aprendizaje, al ser grupos reducidos. Una vez que han recibido la formación, son capaces de crear ellos mismos nuevo contenido virtual. Cada grupo ha contado con un responsable, supervisados ambos por el profesor L. Revuelta y siendo coordinada la actividad por N. García.

El resultado es, el aprendizaje interactivo de los estudiantes más jóvenes que participan en esta propuesta los cuales mostraron interés en aprender y demostraron buenas habilidades en el uso de herramientas 3D. Esta es una respuesta positiva que busca que los docentes formen a nuestros estudiantes en el desarrollo y uso de estas herramientas virtuales, no solo para

aprender anatomía, sino como parte de su propio aprendizaje en herramientas 3D, lo cual puede ayudarles a acceder a un mercado laboral en el que cada vez necesitarán más conocimientos de estas técnicas. Para los doctorandos y potenciales futuros docentes que participaron en el proceso de formación, esta fue una experiencia didáctica positiva.

Finalmente, la posibilidad de contar con una colección de modelos anatómicos en 3D que permite a los estudiantes interactuar y centrarse en los aspectos de la anatomía que son más difíciles de entender, supondrá un claro aumento en el rendimiento del aprendizaje.

Además, como elemento final, y en respuesta a las necesidades sociales de conocimiento, se han incorporado los modelos a una página web de uso restringido a los usuarios UCM: www.ucm.es/fisioanimvet/anatomia-de-vertebrados.

ANEXOS

Fase 1: Selección de especímenes

Mammalia

Order Primates. Family Cercopithecidae: *Papio* sp.

Order Carnivora. Family Felidae: *Caracal caracal*

Family Canidae: *Lupulella mesomelas*

Orden Rodentia. Family Hystricidae: *Hystrix cristata*

Orden Eulipotyphla Family Erinaceidae: *Erinaceus europaeus*



Reptilia y Aves

Order Saurischia Family Tyrannosauridae: *Gorgosaurus libratus*

Order Strigiformes, Family Strigidae: *Bubo bubo*

Order Accipitriformes, Family Accipitridae: *Aegypius monachus*

Order Accipitriformes, Family Falconiformes: *Falco peregrinus*



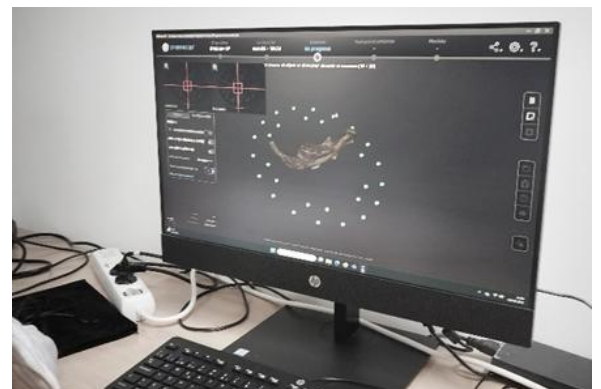
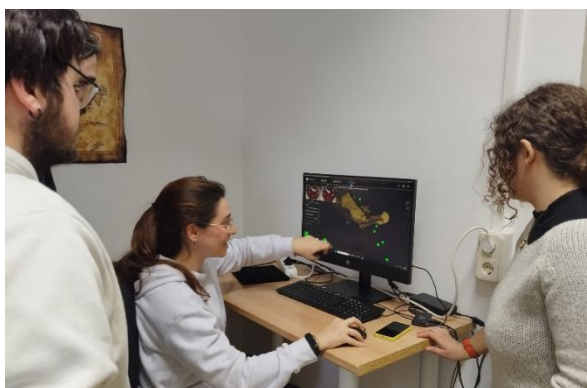
Fase 2: Proceso de Escaneado y formación.



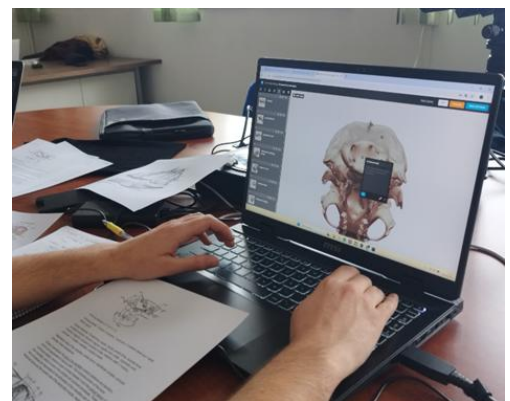
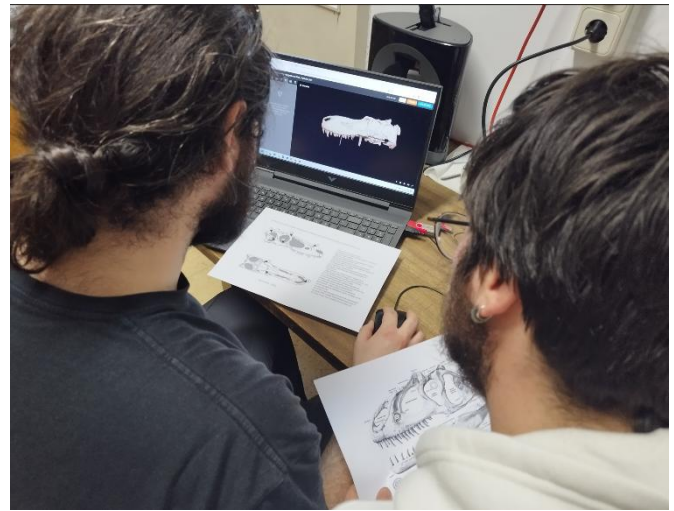
Escáner 3D scanner EinScanSP de luz estructurada con textura y escáner 3D scanner EinScanPro.



Grupos de trabajo integrados por los estudiantes y el equipo de formación.



Proceso de escaneo con el equipo EinScan SP. Andrea, estudiante de doctorado, explicando el manejo a un estudiante de grado, con el apoyo de Mayte otra estudiante de doctorado.



Aprendizaje por grupos de trabajo. Estudiantes generando las etiquetas (en la plataforma Sketchfab), con información anatómica previamente elaborada por el Grupo 1.

Creación de una biblioteca virtual: www.ucm.es/fisioanimvet/anatomia-de-vertebrados) que incluye 9 taxones pertenecientes al subfilo Vertebrata, con 16 modelos generados (cráneos y mandíbulas)

