UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto 342

Modelos tridimensionales reales y digitales en el proceso enseñanza-aprendizaje de la laringe equina.

Responsable del Proyecto:

Gabriel Manso Díaz

Facultad de Veterinaria

Departamento de Medicina y Cirugía Animal

Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto fue el diseño y desarrollo de modelos tridimensionales (3D), tanto físicos como digitales, de cortes anatómicos y planos de estudio de la laringe equina, obtenidos a partir de ejemplares sanos. Estos modelos se concibieron como herramientas docentes orientadas a mejorar la comprensión anatómica, funcional y clínica de esta estructura en la formación veterinaria.

A partir de este objetivo general, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollar material docente mediante la creación de modelos 3D físicos de la laringe equina, empleados en las prácticas clínicas impartidas en el Hospital Clínico Veterinario Complutense, con el fin de facilitar la comprensión espacial de la anatomía laríngea y su relación con la exploración clínica y los procedimientos diagnósticos.
2. Elaborar modelos 3D digitales de la laringe equina, utilizados como recurso docente en las clases teóricas del Grado en Veterinaria, contribuyendo a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía y patología laríngea, así como de las técnicas diagnósticas y quirúrgicas asociadas.
3. Ampliar la biblioteca digital en abierto, iniciada en proyectos previos con otros sistemas anatómicos, mediante la incorporación de nuevos recursos tridimensionales centrados en la laringe equina, facilitando el acceso a materiales docentes de calidad a estudiantes de distintas disciplinas.
4. Evaluar y comparar diferentes metodologías docentes basadas en el uso de modelos 3D físicos y digitales, con el objetivo de determinar cuál de ellas resultó más eficaz y satisfactoria para el alumnado en la asimilación de los contenidos anatómicos y clínicos relacionados con la laringe equina.

Propuesta de valor

La ejecución de este proyecto permitió:

1. Dar continuidad a la línea de trabajo que el equipo solicitante venía desarrollando en los últimos años en el ámbito de la innovación docente, aprovechando la experiencia adquirida en proyectos anteriores e incorporando nuevos miembros y estudiantes que aportaron materiales adicionales y una visión renovada sobre las técnicas y contenidos abordados.
2. Fomentar la colaboración entre profesorado, alumnado, personal investigador en formación y personal de administración y servicios (PAS), fortaleciendo el trabajo coordinado orientado a la mejora de la docencia universitaria.
3. Dinamizar y mejorar la docencia clínica en el ámbito de la clínica equina, especialmente en lo relativo al estudio anatómico, funcional y clínico de la laringe.
4. Contribuir a la proyección e internacionalización de los recursos docentes tridimensionales desarrollados en la Universidad Complutense de Madrid, mediante su incorporación a la biblioteca, con el objetivo de que puedan servir como referencia para otras universidades e instituciones.

Objetivos alcanzados

Se han cumplido todos los objetivos propuestos.

Metodología empleada en el proyecto

Metodología

El desarrollo del proyecto se estructuró en tres fases diferenciadas: obtención del material anatómico, elaboración de los modelos tridimensionales y evaluación del impacto docente de los modelos 3D en el aprendizaje de la anatomía laríngea equina.

Fase 1. Obtención y preparación del material anatómico

Para la elaboración de los modelos anatómicos se emplearon tres laringes normales de caballos procedentes de la Sala de Necropsias del Hospital Clínico Veterinario Complutense (HCVC). Todos los animales contaban con el correspondiente consentimiento informado firmado por sus propietarios, en el que se autorizaba la realización de la necropsia y el uso del cadáver con fines docentes e investigadores. Únicamente se seleccionaron animales fallecidos por causas no relacionadas con las vías aéreas superiores.

1.1. Preparación de las muestras anatómicas

Las laringes fueron separadas del cuello mediante disección anatómica, previa eliminación de la musculatura faríngea y sección de ambos huesos estilohioides a nivel medio. Posteriormente, se separaron de la tráquea a la altura del segundo anillo traqueal.

1.2. Disección y seccionado

De las tres laringes obtenidas, una de ellas fue sometida a disección anatómica: en uno de los lados se realizó una disección superficial para exponer la musculatura externa, mientras que en el lado contralateral se llevó a cabo una disección profunda, que incluyó la resección parcial del cartílago tiroides para permitir la visualización de la musculatura intrínseca.

Las otras dos laringes se congelaron a −20 °C en las instalaciones del HCVC y posteriormente se seccionaron siguiendo los diferentes planos ecográficos estandarizados.

1.3. Fijación de las piezas

Todas las piezas anatómicas se fijaron mediante inmersión en una solución de formaldehído diluido al 10 % durante un periodo de 48 horas.

1.4. Digitalización tridimensional

Tras la fijación, las piezas fueron lavadas con agua y sometidas a un proceso de escaneado 3D. En primer lugar, se registró la información geométrica y cromática mediante un escáner de luz estructurada de alta precisión. Posteriormente, se realizaron fotografías desde múltiples ángulos alrededor de cada preparación utilizando una cámara DSLR, con el objetivo de capturar la textura de color en alta resolución.

Fase 2. Elaboración de los modelos anatómicos

2.1. Generación de modelos 3D físicos

Los modelos 3D reales se obtuvieron mediante la inclusión de cada pieza anatómica, previamente fijada en formol, en una matriz de resina epoxi. Las piezas se introdujeron en moldes de metacrilato y se sumergieron completamente en la resina. El conjunto fue sometido a dos ciclos consecutivos y progresivos de vacío, con el objetivo de eliminar burbujas de aire que pudieran interferir en la visualización y de favorecer la impregnación profunda del tejido, garantizando así la durabilidad del modelo a largo plazo. Tras un proceso de curado mínimo de 48 horas, los moldes fueron desmoldados y se corrigieron posibles imperfecciones superficiales.

2.2. Generación de modelos 3D digitales

Los modelos tridimensionales digitales se generaron a partir de los datos obtenidos durante el escaneado de las piezas anatómicas. Este proceso incluyó dos etapas principales:

- **Procesado de datos**: la información capturada por el escáner 3D y la cámara DSLR se procesó de forma conjunta para obtener modelos con alta definición geométrica y cromática. Para ello se empleó el software Artec Studio 16, que permitió alinear las imágenes procedentes de ambas fuentes y generar la textura de color a partir de las fotografías de alta resolución.
- **Optimización y publicación**: una vez generados los modelos correspondientes a cada corte anatómico, se procedió a su optimización para su publicación en la plataforma Sketchfab®. Se suavizaron las superficies, se eliminaron artefactos y se redujo la complejidad poligonal de las mallas para disminuir el tamaño de los archivos. Cuando fue necesario, se generaron mapas de normales para preservar los detalles anatómicos. Finalmente, los modelos se exportaron en formato .fbx y se

configuraron en el editor 3D de la plataforma, ajustando parámetros de iluminación, fondo, textura, brillo y postprocesado. Asimismo, se incorporaron anotaciones interactivas con información descriptiva de las estructuras anatómicas visibles en cada sección.

Fase 3. Evaluación del impacto docente

Con el fin de valorar la mejora en el aprendizaje de la anatomía laríngea equina mediante el uso de modelos 3D, se diseñó un estudio comparativo con estudiantes del Grado en Veterinaria de 3.º y 4.º curso. Los participantes habían cursado previamente la asignatura de Anatomía y se encontraban matriculados en la asignatura de Diagnóstico por Imagen. Todos ellos eran alumnos colaboradores del HCVC de caballos, con especial interés en la clínica equina.

Recursos humanos

Equipo de trabajo

El desarrollo del proyecto fue posible gracias a la participación de un equipo multidisciplinar, integrado por personal docente e investigador (PDI) del Departamento de Medicina y Cirugía Animal y personal técnico de gestión, administración y servicios (PTGAS), con una sólida experiencia en distintas áreas de la clínica equina. Esta diversidad de perfiles permitió abordar el proyecto desde una perspectiva integral, combinando el conocimiento anatómico, clínico, diagnóstico y quirúrgico con técnicas avanzadas de conservación y digitalización tridimensional.

En el ámbito del Diagnóstico por Imagen participó Gabriel Manso Díaz, cuya experiencia resultó fundamental para la definición de los planos de estudio y la correlación anatómica con las imágenes ecográficas. En el área de Cirugía Equina intervinieron Javier López San Román y Jorge Izquierdo Moreno, aportando su conocimiento en la anatomía aplicada, las técnicas quirúrgicas de la laringe y su relevancia clínica. Por su parte, en el área de Medicina Interna Equina participaron Isabel Santiago Llorente, María Villalba Orero y Leire Benavente, contribuyendo al enfoque funcional y clínico de las estructuras laríngeas estudiadas.

Asimismo, el equipo contó con la colaboración de Emanuel Sterp Moga, conservador-restaurador de Patrimonio Cultural, cuya participación fue clave en los procesos de preparación, fijación, conservación y encapsulado de las piezas anatómicas, así como en las fases de digitalización tridimensional y tratamiento de los modelos 3D. Su perfil técnico permitió garantizar la calidad, durabilidad y fidelidad anatómica de los modelos físicos y digitales generados.

Además, se contó con la participación de Juan Ramón Ortiz, técnico especialista de la Sala de Necropsias del Hospital Clínico Veterinario Complutense (HCVC), quien colaboró en la obtención del material anatómico, la selección de las muestras y el manejo adecuado de las piezas durante las fases iniciales del proyecto, asegurando el cumplimiento de los protocolos establecidos y la correcta trazabilidad del material empleado.

Se contó con la ayuda de dos becarios de formación práctica y un alumno colaborador.

Alumnado colaborador

Para la fase de evaluación del impacto docente del proyecto se contó con la participación de seis estudiantes del Grado en Veterinaria.

Desarrollo de las actividades

Material docente generado y resultados obtenidos

A lo largo del desarrollo del proyecto se elaboró diverso material docente con el objetivo de ser utilizado tanto durante la ejecución del propio proyecto como, posteriormente, en las prácticas clínicas impartidas en el Hospital Clínico Veterinario Complutense (HCVC). Todo el material generado fue concebido con una clara orientación docente, priorizando la comprensión anatómica, la aplicabilidad clínica y la durabilidad de los recursos.

Cortes virtuales tridimensionales

Como resultado del proceso de digitalización y tratamiento de las piezas anatómicas, se publicaron cortes virtuales tridimensionales (3D) de la laringe equina en la biblioteca virtual. Estos modelos permitieron la visualización interactiva de las estructuras anatómicas desde distintos planos y ángulos, facilitando la comprensión espacial de la anatomía laríngea. Además, los modelos incorporaron anotaciones descriptivas que permiten al estudiante identificar de forma autónoma las principales estructuras anatómicas presentes en cada corte.

Cortes anatómicos reales conservados en resina epoxi

De forma complementaria, se elaboraron cortes anatómicos reales de laringe equina conservados en resina epoxi transparente. Este sistema de conservación permitió mantener las preparaciones cadavéricas en condiciones óptimas a largo plazo, sin necesidad de utilizar sustancias nocivas durante su manipulación. La transparencia de la resina facilitó la visualización detallada de las diferentes estructuras anatómicas, convirtiendo estos modelos en un recurso especialmente útil para la docencia práctica presencial y el aprendizaje anatómico aplicado.

Material de apoyo para la docencia teórica

Como parte del material docente generado, se elaboró una presentación en formato PowerPoint que incluyó imágenes obtenidas a partir de los modelos tridimensionales digitales. En dicha presentación se señalizaron e identificaron las estructuras anatómicas más relevantes de la laringe equina, sirviendo como apoyo visual en las sesiones teóricas y como material de estudio autónomo para el alumnado.

Participación del alumnado

Estudiantes del Grado en Veterinaria participaron activamente en este Proyecto de Innovación Educativa. Durante el desarrollo del proyecto, los alumnos trabajaron con el material generado, tanto virtual como físico, utilizando la presentación de apoyo y los cortes anatómicos tridimensionales para aprender a identificar las principales estructuras anatómicas de la laringe equina. Esta participación permitió evaluar la utilidad real de los materiales en un contexto docente y clínico.

Impacto y aportaciones del proyecto

Este proyecto contribuyó a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje a través de varias líneas fundamentales:

1. Implementación de docencia tridimensional aplicada a la laringe equina, mediante el uso combinado de modelos 3D físicos y digitales, favoreciendo un aprendizaje más visual, intuitivo y dinámico, con una clara orientación clínica.
2. Desarrollo y ampliación de una biblioteca digital interdisciplinar, incorporando nuevos recursos anatómicos tridimensionales que complementan proyectos previos y abren la puerta a nuevas aplicaciones docentes en distintas áreas de la medicina veterinaria.
3. Consolidación de una metodología docente online, que permite el acceso a los contenidos en cualquier momento y desde cualquier lugar, aportando flexibilidad y facilitando la continuidad de la docencia en situaciones de limitación de la presencialidad.
4. Incremento de la visibilidad y proyección internacional de la Universidad Complutense de Madrid, mediante la creación y difusión de una biblioteca digital

abierta con material anatómico tridimensional, susceptible de ser utilizada como referencia por otras universidades e instituciones.