



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto: 62

Modelo 3D de ecografía pulmonar en bovino

Responsable del proyecto: Michela Re

Facultad de Veterinaria

Departamento:

Medicina y Cirugía animal

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Los Graduados en Veterinaria deben haber adquirido a lo largo de su formación una serie de competencias, entre las que cobran especial importancia todas aquellas relacionadas con la práctica clínica de los animales.

Con el presente proyecto se pretende generar recursos de formación educativos en el ámbito de la docencia del Grado en Veterinaria, facilitando, en concreto, el aprendizaje de ecografía en el bovino. Además, se pretende reducir el número de animales utilizados, siguiendo las directrices de la Directiva 2010/63/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la protección de los animales utilizados con fines científicos o educativos. Se trata de crear nuevas metodologías e innovación en enseñanza semipresencial, innovando en recursos de enseñanza virtual. Además, permite no sólo la enseñanza del alumno, sino la formación del profesorado en ecografía del aparato pulmonar, permitiendo así, a su vez, la formación permanente.

El objetivo final del proyecto es la realización de un modelo anatómico interactivo del tórax de un ternero para la realización de ecografías pulmonares.

En el presente proyecto se pretende generar un modelo de ecografía pulmonar en el bovino. Para ello, es preciso vincular imágenes y videos de ecografías pulmonares, tanto en condiciones fisiológicas como patológicas, a regiones concretas del tórax bovino, usando como soporte físico una caja torácica de un ternero impresa en 3D, sobre la que se colocarán electrodos asociados a dichos archivos multimedia, así como un pulmón impreso que permita visualizar las regiones a explorar. En concreto, los objetivos de esta propuesta de Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente son:

- Elaboración de un simulador con un componente de tipo multimedia sobre la exploración ecográfica respiratoria, unificando todas las imágenes y videos ecográficos fisiológicos y patológicos del aparato respiratorio de la especie bovina.
- Facilitar el acceso a material docente útil para afianzar la técnica ecográfica, colocación de la sonda, y obtención de imágenes ecográficas pulmonares, de forma previa a su empleo en los animales vivos.
- Aprovechar el empleo del material en estrategias de individualización del proceso de enseñanza-aprendizaje, consiguiendo mejorar los contenidos explicados y los detalles visuales e incrementando el tiempo disponible para analizar conceptos y para explicar las técnicas ecográficas.
- Posibilitar el aprendizaje de técnicas de exploración que potencialmente pueden causar estrés, eliminando el empleo de animales vivos.
- Disminuir el número de animales utilizados en las prácticas docentes de distintas asignaturas del Grado en Veterinaria.

## 2. Objetivos alcanzados

A lo largo del proyecto, se han alcanzado los objetivos propuestos inicialmente, aunque se han presentado algunos desafíos técnicos que requirieron adaptaciones en el diseño original. Uno de los principales retos fue la obtención de imágenes adecuadas del costillar del ternero debido a su tamaño. Para solucionar este problema, se optó por utilizar un costillar real que, tras un proceso exhaustivo de elaboración, limpieza y pulido de los huesos, fue adaptado como base del simulador.

El costillar se reforzó mediante la aplicación de espuma y tela, incorporando conectores de cobre estratégicamente distribuidos. Estos conectores interactúan con una sonda ecográfica ficticia para simular la obtención de imágenes ecográficas según el punto de contacto, logrando una experiencia realista de aprendizaje.

Además, se diseñaron múltiples escenarios virtuales que permiten visualizar diversas patologías pulmonares en distintos puntos anatómicos, complementando así el aprendizaje práctico con una aproximación detallada de las condiciones fisiológicas y patológicas del pulmón bovino. Esto ha facilitado la consolidación de las competencias clínicas relacionadas con la técnica ecográfica en los estudiantes y ha promovido una formación más ética y eficiente al disminuir significativamente el uso de animales vivos en las prácticas docentes.

Este simulador se integrará en las prácticas regladas del Grado en Veterinaria, consolidándose como una herramienta didáctica innovadora y de alto valor formativo. Su diseño, que permite simular una variedad de escenarios patológicos, facilita a los alumnos la adquisición de competencias clave para la interpretación ecográfica, fortaleciendo tanto el entendimiento anatómico, inicialmente en su componente esquelético, como las habilidades técnicas necesarias para el manejo de esta tecnología.

Actualmente, el simulador ecográfico se centra en el hemitórax derecho, lo que ofrece una oportunidad única para complementar la formación en el hemitórax izquierdo con un enfoque inicial en la anatomía del aparato esquelético. Como parte de una nueva propuesta de proyecto de innovación docente, se ha planificado la incorporación de órganos intratorácicos, como el pulmón y el corazón, mediante técnicas de impresión en 3D. Este desarrollo permitirá a los alumnos comprender de manera más precisa la ecografía, mejorar la comprensión de la colocación de la sonda, identificando con claridad los espacios intercostales y correlacionándolos con los diferentes lóbulos pulmonares. Esta nueva iniciativa busca seguir ampliando los recursos educativos y fortalecer el aprendizaje práctico en el Grado en Veterinaria.

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

El desarrollo del proyecto se estructuró en varias fases metodológicas, orientadas a alcanzar los objetivos propuestos de manera eficiente y con un enfoque innovador.

#### **Selección de técnicas y diseño del protocolo**

El equipo de trabajo seleccionó las técnicas de ecografía más adecuadas para el aprendizaje de patologías pulmonares en bovinos y las ventanas ecográficas más didácticas.

#### **Adquisición de materiales**

Se obtuvo una caja torácica y un pulmón de ternero procedentes de un cadáver. Paralelamente, se adquirió el material necesario para la construcción del simulador, incluyendo elementos metálicos para el soporte y materiales textiles para recubrir el hemitórax.

#### **Preparación del modelo anatómico**

Caja torácica: Se realizó la disección para eliminar músculos adyacentes, obteniendo así la estructura ósea compuesta por la caja torácica y las vértebras cervicales y torácicas. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de blanqueamiento mediante inmersión en peróxido de hidrógeno para su limpieza y conservación.

#### **Montaje y adaptación del simulador**

Se diseñó y ensambló el simulador añadiendo un soporte metálico con ruedas para sujetar la caja torácica del ternero. La superficie del hemitórax fue recubierta con una tela adecuada para simular la piel y disimular las tiras de cobre.

Se incorporaron conectores de cobre estratégicamente colocados en la estructura, diseñados para interactuar con una sonda ecográfica simulada. Este sistema permite la visualización de imágenes ecográficas generadas por un software vinculado en tiempo real.

#### **Grabación y edición del material ecográfico**

Se realizaron las ecografías previamente seleccionadas, grabando cada secuencia en condiciones fisiológicas y patológicas.

El material obtenido fue revisado, y en caso necesario, se realizaron modificaciones y repeticiones. Posteriormente, se editaron los videos utilizando un programa informático para su integración en el simulador.

#### **Pruebas y ajustes finales**

Una vez completado el montaje, se realizaron pruebas para verificar la funcionalidad del simulador. Se ajustaron los parámetros necesarios para garantizar la calidad de la experiencia educativa y su utilidad como herramienta didáctica.

#### 4. Recursos humanos

El presente proyecto viene justificado por la necesidad de mejorar sustancialmente la docencia, empleando recursos tecnológicos, adaptándola así a las nuevas generaciones. El proyecto propuesto ha permitido innovar en el método de enseñanza. El alumnado no está acostumbrado a realizar ecografías debido a que los ecógrafos son aparato muy caros y delicados y el uso de un simulador ecográfico hace que el alumno adopte un papel activo adquiriendo conocimientos prácticos.

En este proyecto han participado profesores del Departamento de Medicina y Cirugía Animal, con la implicación directa de cuatro docentes a tiempo completo y dos profesores asociados. Además, se ha contado con la colaboración de la veterinaria Elena Mejías López, quien se encuentra en etapa de doctorado, y de Morgane Zanitoni, alumna colaboradora en el Servicio de Medicina y Cirugía de Rumiantes y Otros Animales de Abasto del Hospital Clínico Veterinario Complutense.

Aunque la ejecución de las tareas ha requerido la implicación conjunta de todos los miembros del equipo, se ha llevado a cabo una planificación detallada para distribuir las actividades según las competencias y disponibilidad de cada participante.

**Obtención de imágenes y videos ecográficos:** Las ecografías realizadas en animales sanos y con patologías respiratorias han sido responsabilidad de los profesores Javier Blanco, Carlos Coronel, Isabel Romero y Michela Re.

**Preparación del modelo anatómico y base metálica:** La estructura del modelo y su soporte han sido elaborados por los estudiantes bajo la supervisión del profesor Javier Moreno.

**Selección de la tela y montaje externo:** La elección y colocación de la tela que recubre el hemitórax fueron realizadas por la profesora Alejandra Villaescusa.

**Selección y análisis de imágenes:** Este proceso, que incluyó la revisión de las ecografías obtenidas y su adecuación al simulador, fue llevado a cabo por Javier Blanco, Michela Re y Elena Mejías.

**Integración de conectores de cobre:** El diseño y disposición de los conectores de cobre, fundamentales para la simulación de imágenes ecográficas según el punto de contacto, fueron planeados por Elena Mejías, Javier Moreno, Michela Re y Alejandra Villaescusa.

Además, se ha contado con el apoyo del taller de informática de la Universidad Complutense para el cableado de los conectores, los cuales interactúan con una sonda ecográfica ficticia que simula la obtención de imágenes ecográficas.

La diversidad de competencias y la colaboración interdisciplinaria entre el equipo docente, los investigadores y los estudiantes han sido clave para la ejecución exitosa del proyecto.

## 5. Desarrollo de las actividades

La realización de un simulador para la ecografía pulmonar bovina ha permitido integrar los contenidos desarrollados en las prácticas del Rotatorio Clínico, con el objetivo de mejorar la docencia práctica dentro del horario y el programa académico establecido. El programa formativo del quinto curso del Grado en Veterinaria incluye un componente esencial: el Rotatorio Clínico (15 créditos ECTS), que se realiza durante el segundo semestre del curso. Este rotatorio permite que los estudiantes integren y ejerciten las competencias adquiridas a lo largo de su formación. Una parte importante de este rotatorio se lleva a cabo en el Servicio de Medicina y Cirugía de Rumiantes y Otros Animales de Abasto, donde los alumnos tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos y habilidades en un entorno clínico real.

Una de las innovaciones introducidas es la puesta a disposición de los alumnos de un simulador que permite realizar ecografías de un pulmón sano en diferentes puntos, así como visualizar videos con diversas patologías pulmonares, incluyendo lesiones de la pared torácica, hallazgos patológicos de la pleura y presencia de adherencias, así como lesiones pulmonares tales como bronconeumonía, abscesos pulmonares, pleuroneumonía, necrosis acinar, consolidación pulmonar y atelectasia. Este simulador ofrece una oportunidad única de practicar con imágenes ecográficas realistas, lo que facilita el aprendizaje en un contexto seguro y controlado, sin la necesidad de equipos caros o el riesgo de dañar animales.

Es importante resaltar que este simulador no existe en el mercado en la actualidad, lo que hace que este proyecto sea pionero no solo para nuestra Facultad, sino también para otros centros de enseñanza. La implementación de un simulador ecográfico específico para patologías pulmonares en rumiantes es una iniciativa única, que coloca a la Universidad en una posición de liderazgo en la educación veterinaria, ya que no se encuentra disponible este tipo de simulador en otros programas de formación, ni siquiera en los cursos de posgrado.

En el rotatorio clínico, los estudiantes tienen la oportunidad de practicar con el simulador y comparar las ecografías obtenidas de terneros hospitalizados, pudiendo repasar también la anatomía esquelética de un tórax bovino. Este enfoque les permite mejorar su capacidad de diagnóstico y comprensión, asociando las imágenes ecográficas con el análisis anatómico y facilitando la identificación de patologías pulmonares de manera más precisa.

Además, en la Facultad, junto con los casos clínicos hospitalizados, contamos con animales de prácticas y un profesorado altamente capacitado en ecografía pulmonar. Este enfoque ha permitido que la Facultad se convierta en pionera en la formación de los estudiantes en la ecografía pulmonar en rumiantes, un conocimiento generalmente ofrecido solo en cursos o másteres de posgrado. Los profesores que implementan esta metodología, como Javier Blanco, Carlos Coronel y Michela Re, han diseñado e impartido prácticas específicas para los alumnos colaboradores en el servicio de rumiantes, siguiendo las técnicas descritas en la guía docente. Estas prácticas no solo han permitido que los estudiantes adquieran una formación teórica y práctica en ecografía pulmonar, sino que también han sido fundamentales para consolidar a la Facultad como un referente en esta área de enseñanza.

Finalmente, este simulador se incorporará junto con los otros simuladores del Departamento, creando una sala de simuladores que incluirá tanto equipos adquiridos por el departamento como otros fabricados por los propios profesores. Aunque esta sala aún no está completamente disponible, se tiene la intención de habilitarla para que los estudiantes, independientemente de su práctica programada, puedan utilizar el simulador en su tiempo libre, reforzando su aprendizaje de manera autónoma y continua.

Con estas acciones, se ha logrado integrar los avances del proyecto en la formación diaria de los estudiantes, asegurando que tengan acceso a material de alta calidad que mejora su comprensión en el diagnóstico de las patologías pulmonares en rumiantes. Este enfoque integral, que combina simuladores con prácticas clínicas reales, refuerza la formación académica y permite que los estudiantes adquieran una competencia profesional avanzada en esta área, promoviendo una educación veterinaria más innovadora y accesible, y posicionando a la Universidad como un pionero en la implementación de nuevas tecnologías educativas en este campo.

## 6. Anexos