

Memoria Final del Proyecto de  
Innovación Docente 2019-2020.

DESARROLLO EN FLASH DE UN SIMULADOR  
PARA EL ESTUDIO-APRENDIZAJE  
INDIVIDUALIZADO EN LAS CLASES PRÁCTICAS  
DE LA ANATOMÍA CLÍNICA DEL TÓRAX

JOSÉ CARRETERO GONZÁLEZ

ENRIQUE BLANCO BARCO

MIGUEL SANTOS DEL REY

BELÉN PELÁEZ PECCI

JUAN LUIS BLÁZQUEZ ARROYO

MANUEL RUBIO SÁNCHEZ

LEONARDO CATALANO INIESTA

MARTA CARRETERO HERNÁNDEZ

JOAQUÍN BENITO DÍAZ

SIXTO CARRERO GARCÍA

CRISTINA SOFÍA BAZ VILLORIA

## Introducción:

Presentamos a continuación la memoria final del proyecto de innovación docente que tenía como objetivo el desarrollo de una aplicación en flash que permita al estudiante seguir un proceso de aprendizaje durante las prácticas de Anatomía del Tórax.

En él se pretendía que a partir de imágenes de alta calidad obtenidas por: disección cadavérica, disección de los órganos torácicos, secciones axiales, coronales y sagitales del tórax; tomografía computarizada y 3D; resonancia magnética y ecocardiografía; programar en flash los escenarios necesarios para: establecer correlaciones entre las imágenes cadavéricas y las obtenidas por TC y RM, entre las imágenes de ecocardiografía y secciones anatómicas del corazón humano; analizar los principales elementos que se precisan conocer para la auscultación cardíaca y pulmonar, y la radiografía simple de tórax.

Con la finalidad de que el alumnado aprenda a correlacionarlos con las vísceras torácicas situadas en el interior del tórax; y para comprender y estudiar los principios anatómicos de la broncoscopia y la electrocardiografía. Junto a escenarios de autoevaluación que conducen, en base a un sistema repetitivo de error/acierto, hacia la respuesta correcta. Conjuntando todos los escenarios en un simulador de la anatomía clínica del tórax.

## Resultados obtenidos

Para una mejor comprensión de los resultados, a continuación los iremos exponiendo de acuerdo al plan de trabajo y de evaluación previstos.

## Desarrollo del Proyecto:

A continuación presentamos imágenes comentadas que ilustran el trabajo llevado a cabo

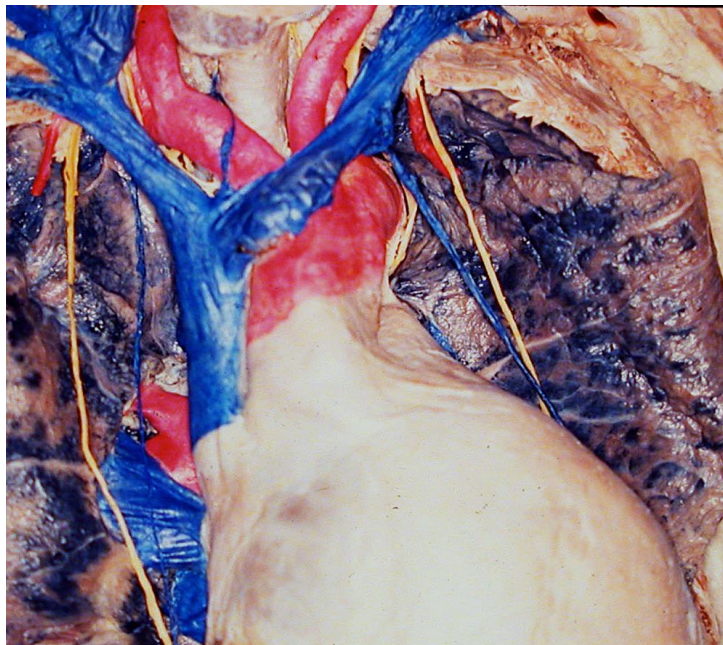
*Realización de disecciones cadavéricas; extracción y disección de piezas anatómicas; obtención de secciones axiales, coronales y sagitales del tórax (si no se obtuvieran secciones de calidad se plantearía utilizar las secciones comerciales de Nasco) y fotografiado de todo el material.*

Hemos realizado disecciones cadavéricas minuciosas, en algunos casos coloreadas (vasos y nervios) para mejor identificación de las estructuras anatómicas. Debido al confinamiento por la pandemia, no todas las disecciones pudieron finalizarse, por lo que algunas imágenes han sido cedidas por el Catedrático de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad Complutense de Madrid, Prof. José Ramón Sañudo, al que desde aquí mostramos nuestro agradecimiento.

Visión inferior del músculo diafragma y los elementos que los atraviesan.

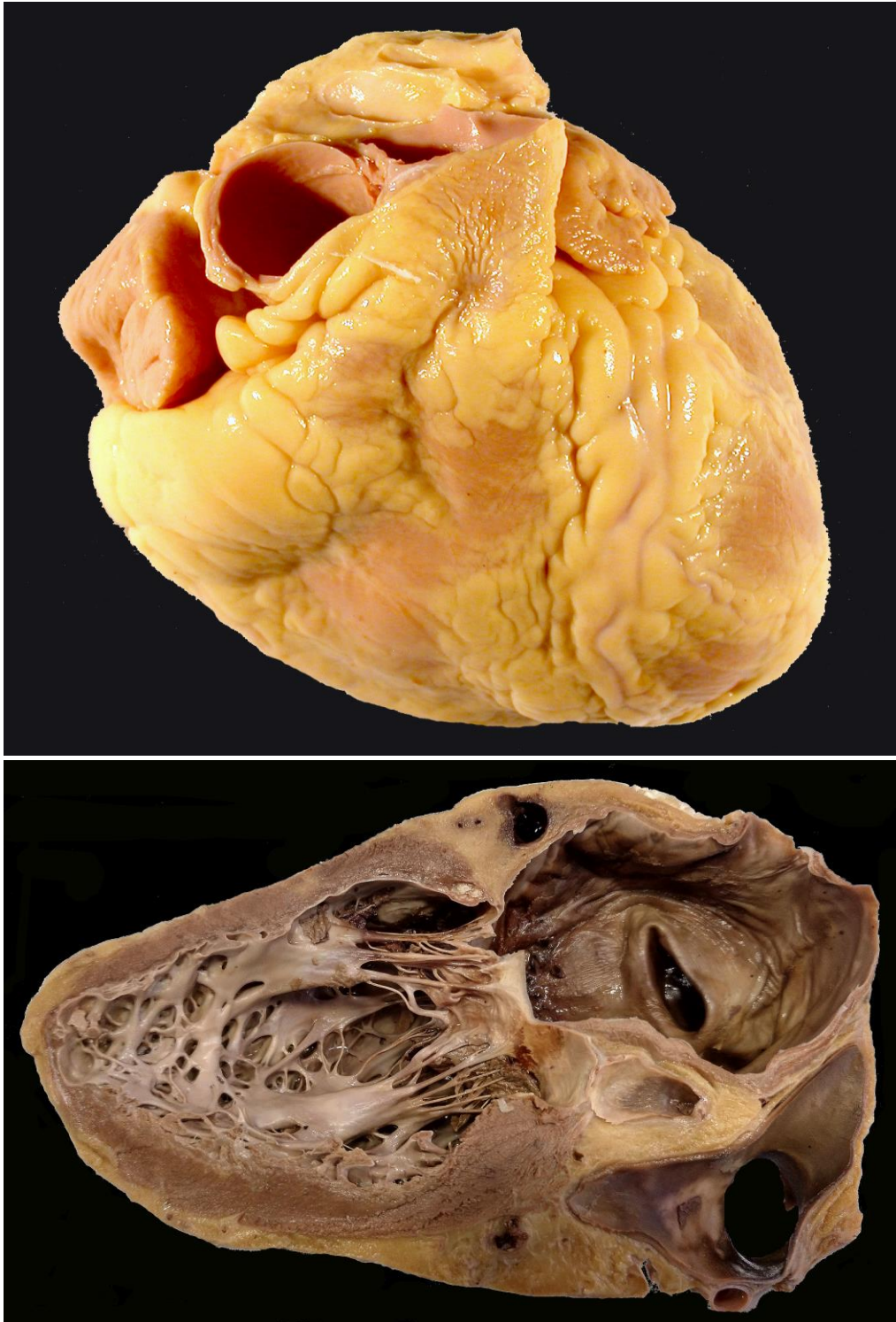


Pericardio fibroso en su posición anatómica y elementos que se relacionan en visión anterior.

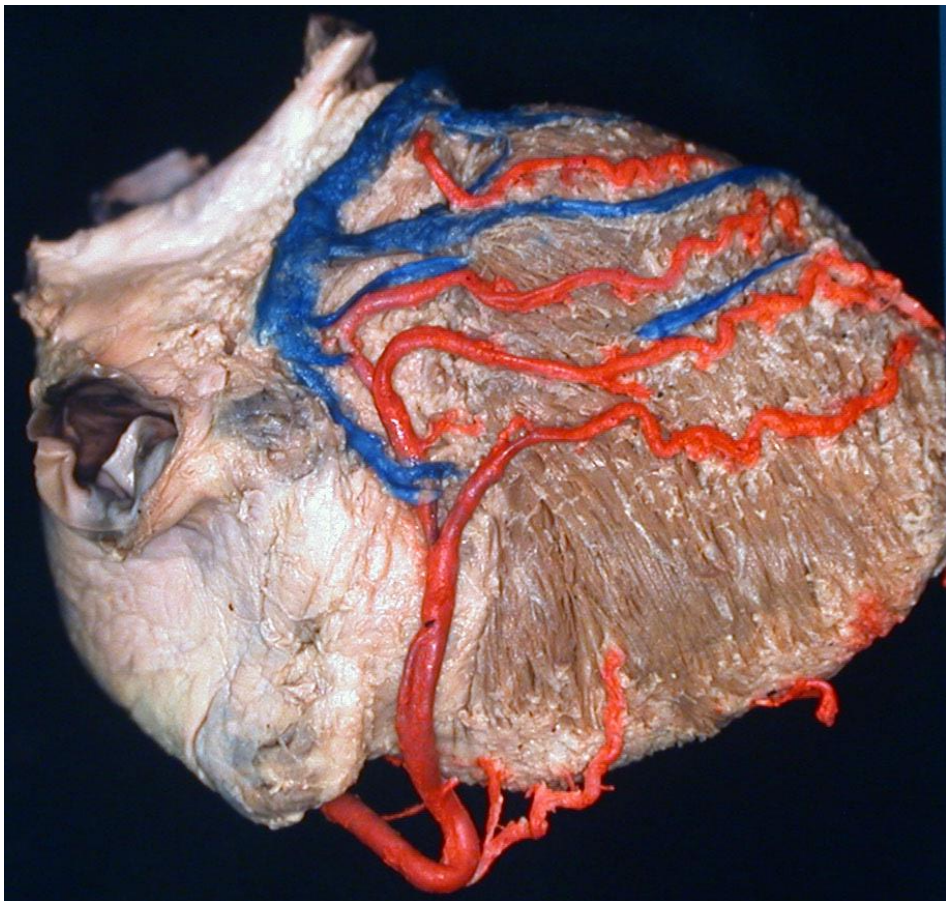


Cavidad pericárdica tras abrir el pericardio y extraer el corazón.

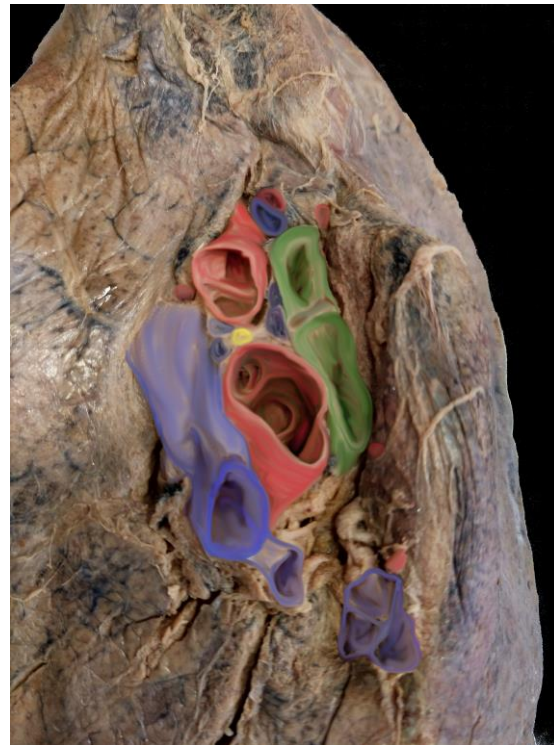




Arriba: morfología externa del corazón visto en escorzo (desde arriba y por delante).  
Abajo: Corte parasagital del corazón mostrando la aurícula derecha y el ventrículo derecho con la válvula auriculo-ventricular derecha o mitral.

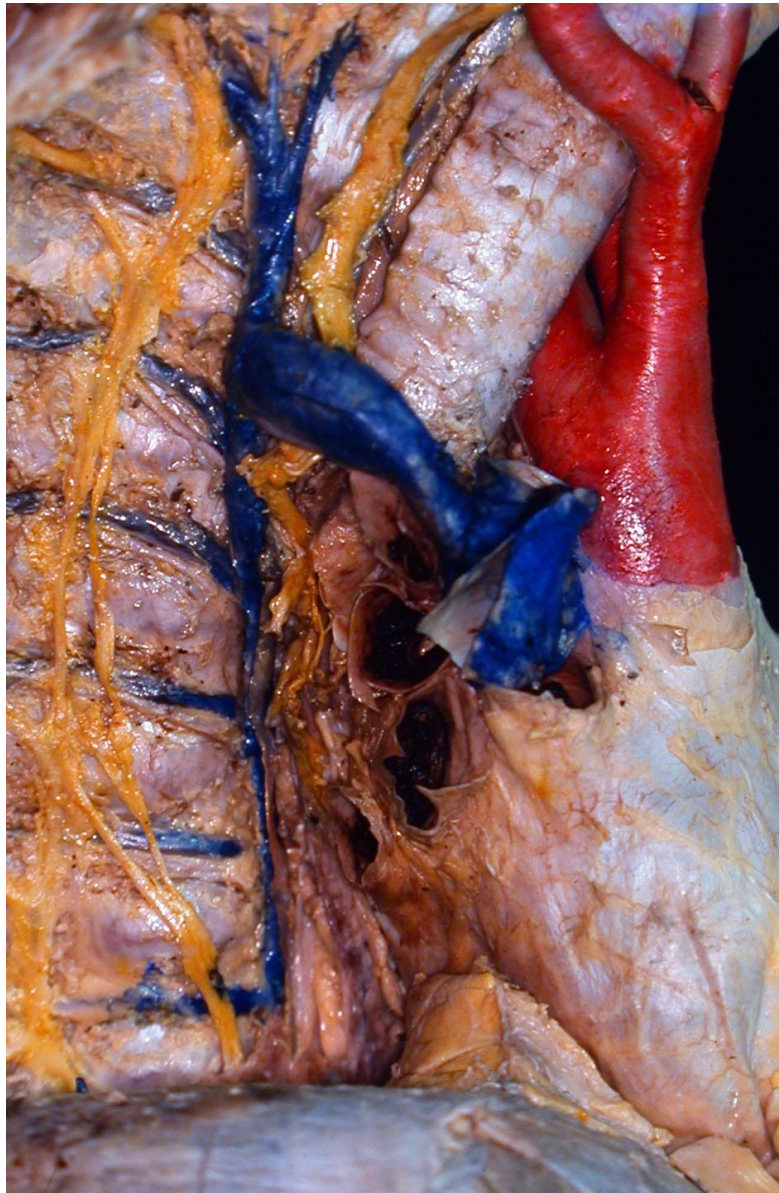


Disección de las arterias coronarias y venas cardiacas. Arriba visión anterior-derecha, Abajo visión inferior y diafragmática

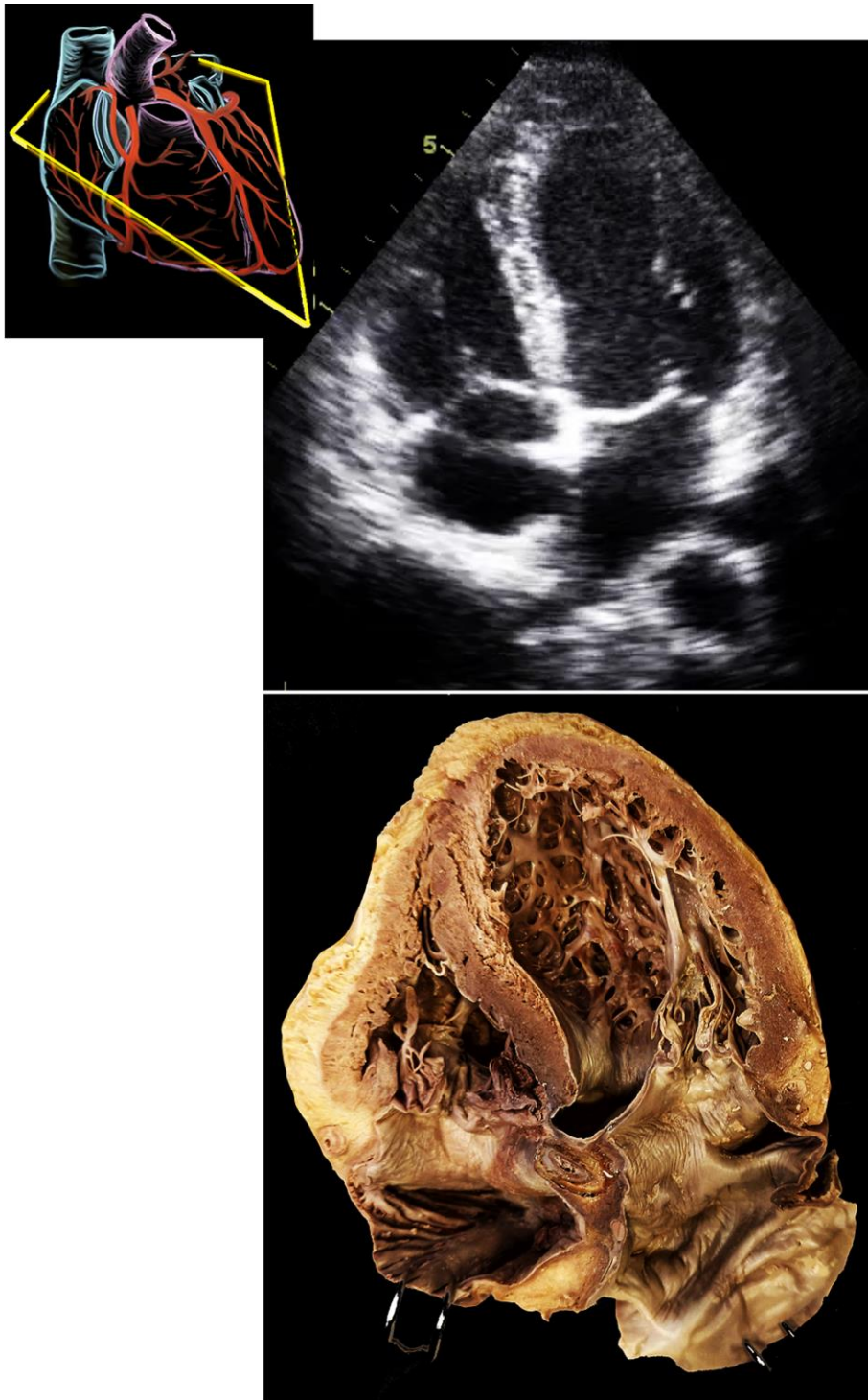


Arriba: caras costales de los pulmones derecho e izquierdo en visión anterior.  
Abajo: Cara mediastínica del pulmón derecho, en grande y coloreado el hilio del pulmón derecho con los diferentes elementos que lo atraviesan.

Disección del mediastino, visión desde el lado derecho.

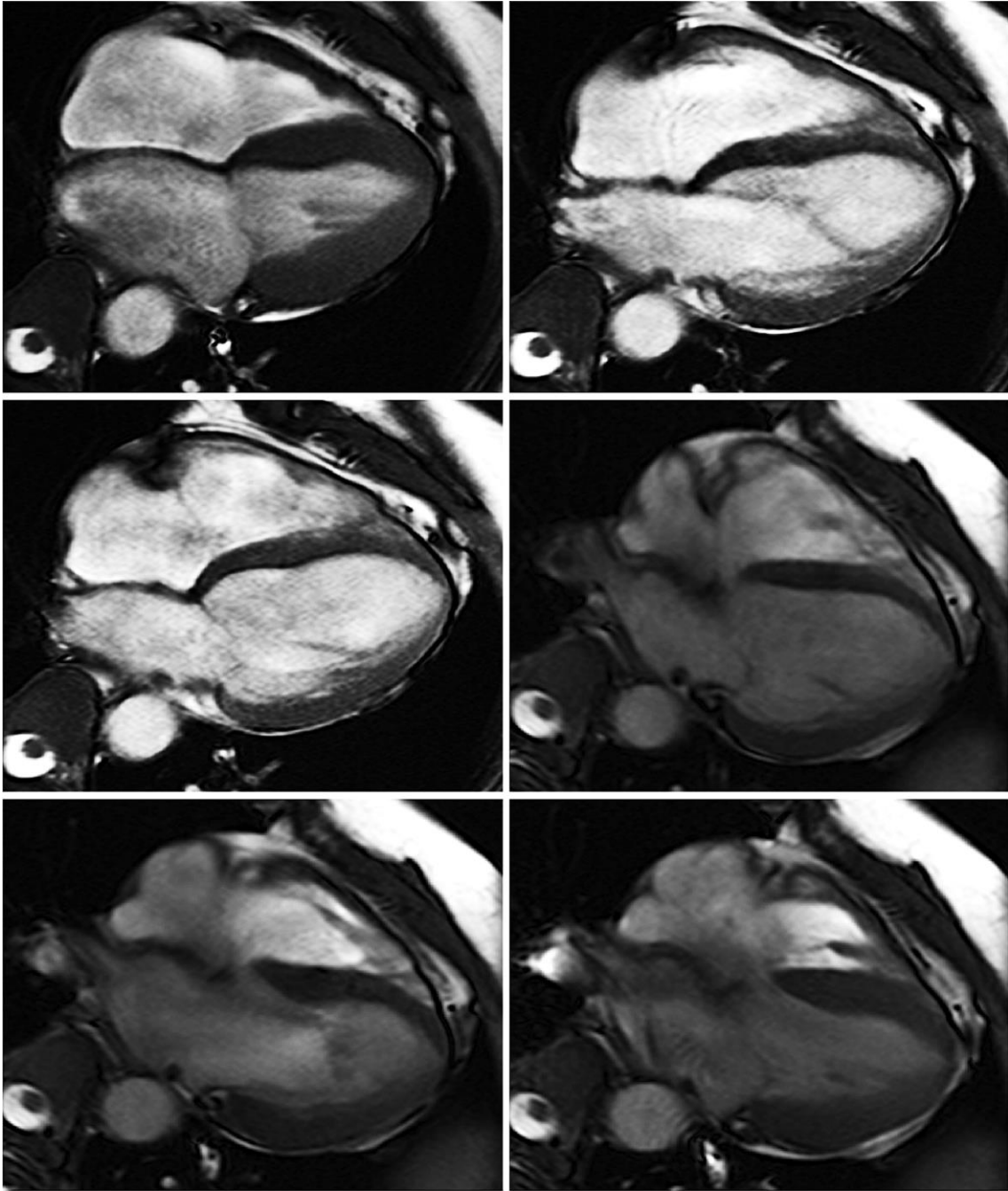


*Obtención de TC, TC3D y RM normales del tórax.*

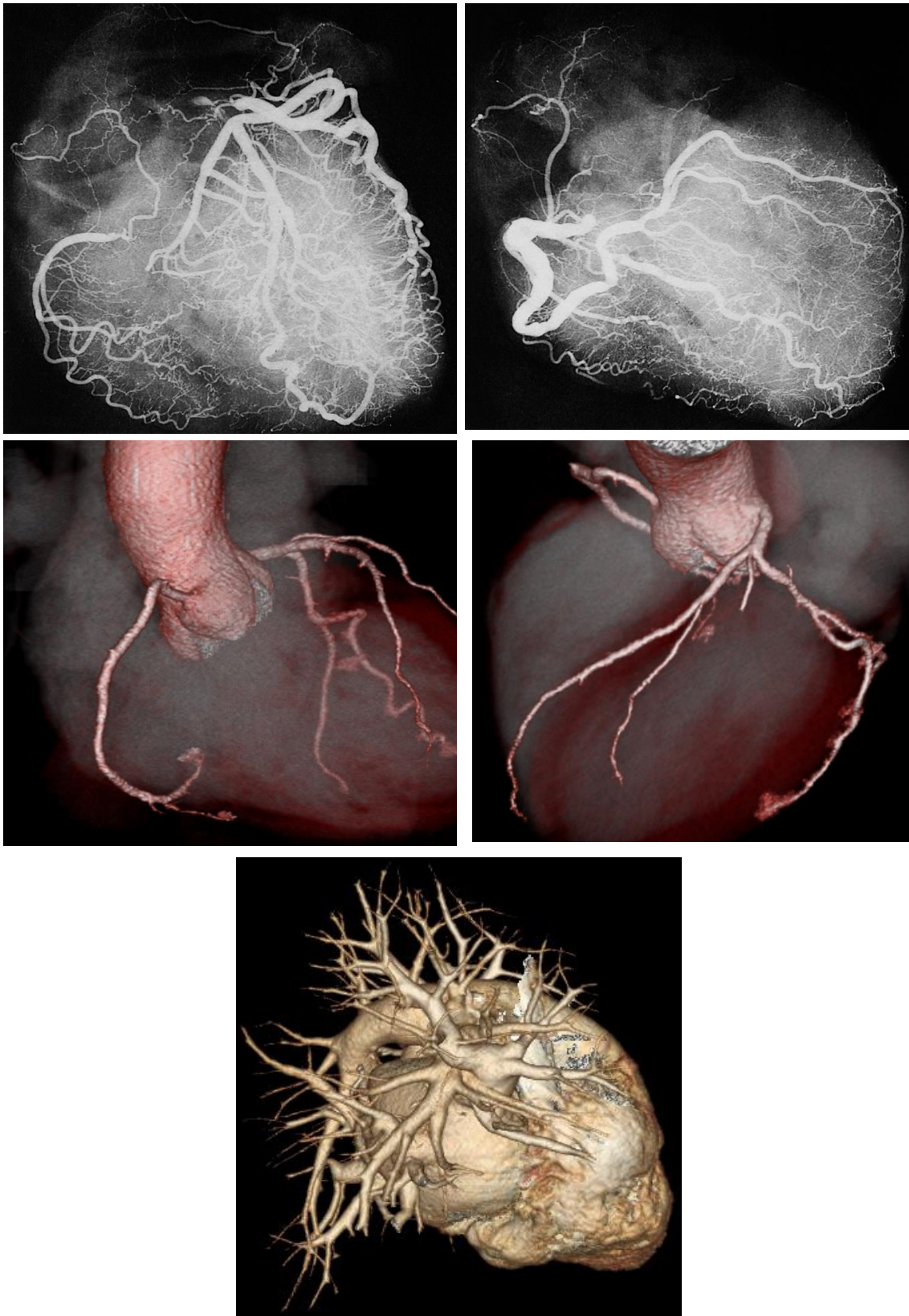


Correlación entre la ecocardiografía, el plano ecográfico y el corte equivalente del corazón.





Imágenes de resonancia funcional del corazón y los grandes vasos.



Arteriografías (arriba) y TAC helicoidal (medio) de las arterias coronarias . Tac helicoidal de los vasos pulmonares (abajo).



Imágenes de TAC helicoidal de los pulmones. Arriba pulmón derecho; abajo, el izquierdo

*Desarrollo final del simulador con la suma de escenarios y la elaboración de menús de acceso y movilidad, estableciendo los links de acceso a los archivos con los escenarios y la información.*

La siguiente imagen muestra la pantalla de acceso al inicio de la aplicación



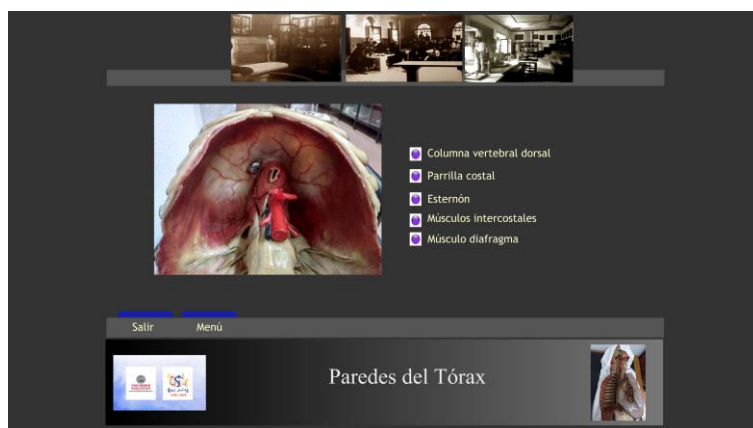
La pantalla de inicio permite acceder al estudio de las paredes del tórax, el corazón, los pulmones, el mediastino, el atlas seccional del tórax y a la evaluación.

La barra inferior es activa y a través de ella se accede a los demás menús.

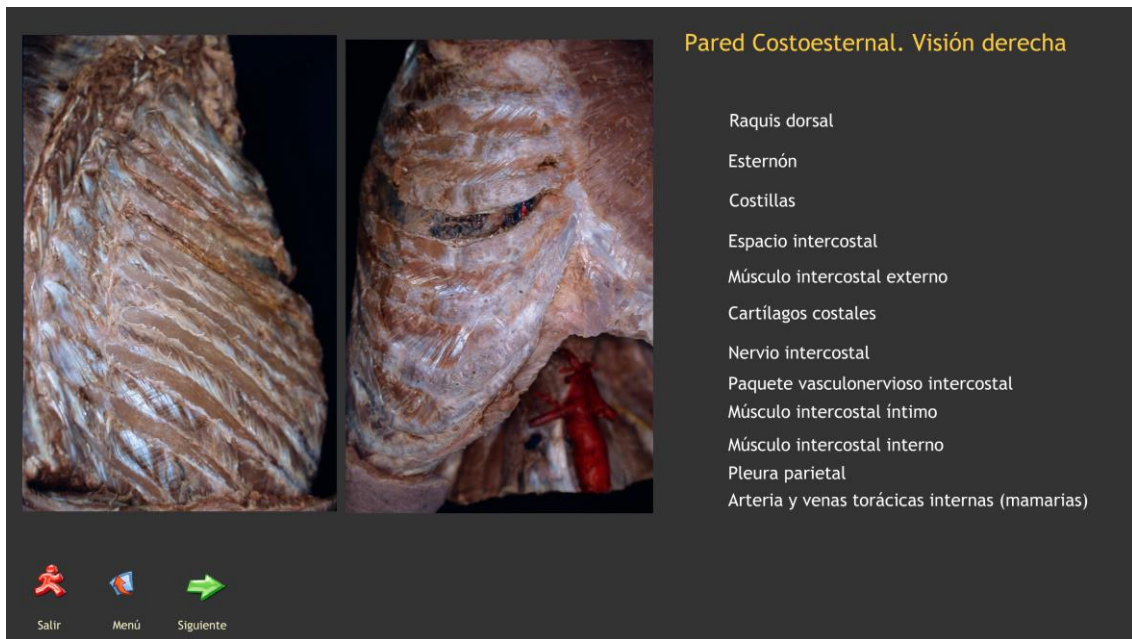
Algunos ejemplo se muestran a continuación:

Seleccionando la opción de paredes se accede a un submenú que conduce al estudio interactivo de las paredes del tórax.

En él podemos seleccionar diferentes elementos, en este ejemplo elegiremos los músculos intercostales.



Los diferentes escenarios muestran un listado de las estructuras que el estudiante debe saber identificar (las imágenes pueden mostrar estructuras secundarias cuyo conocimiento no es esencial), al posicionarse sobre los nombres (son áreas activas de la pantalla), la aplicación señala mediante flechas esa estructura en las imágenes.



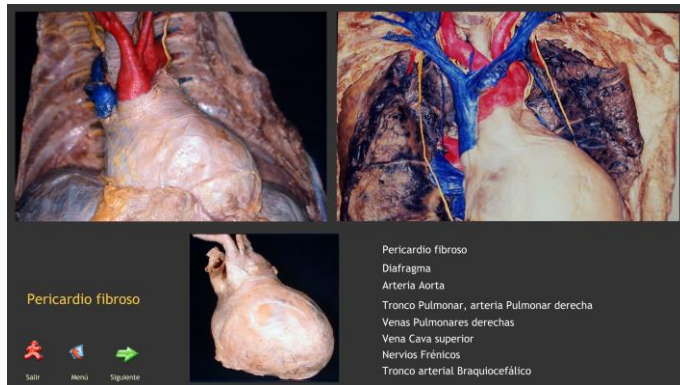
Donde el estudiante puede seleccionar elementos que la aplicación le va señalando

Seleccionando la opción Menú, volvemos al menu principal donde podemos elegir otras estructuras, por ejemplo, Corazón.

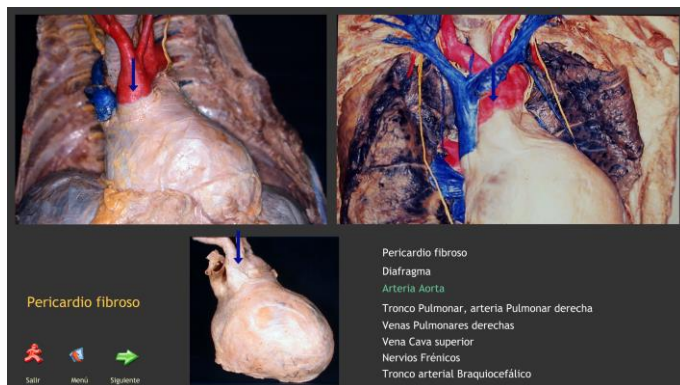


Desde el menú del corazón nos abrimos paso a muchas posibilidades, a continuación se muestran algunas de ellas.

Si se selecciona el pericardio, puede estudiarse la estructura y los elementos anatómicos que se relacionan con ella:



Como puede apreciarse al seleccionar la arteria aorta en la columna de estructuras, la aplicación señala con una flecha en las imágenes la estructura referida.

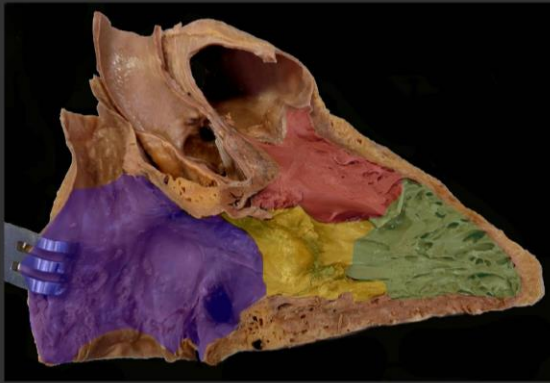


Otro ejemplo sería seleccionar el tronco pulmonar en un nuevo escenario en la que el pericardio se ha abierto para ver su contenido o la relación con los grandes vasos.



La forma de funcionar la totalidad del simulador es semejante a la que acabamos de exponer. A continuación presentaremos imágenes de escenarios de las distintas partes de la aplicación que tratan de resumir el trabajo realizado.

### Morfología Interna del Corazón Derecho



#### Cavidades y Válvulas Cardíacas

- Aurícula derecha
- Válvula Tricúspide
- Ventrículo derecho. Zona de entrada
- Ventrículo derecho. Cámara de llenado
- Ventrículo derecho. Cono de expulsión
- Válvula Sigmoidea Pulmonar
- Arteria Pulmonar. Tronco común
- Vena Cava superior
- Vena Cava inferior



Sección sagital del corazón derecho. Visión medial

### Morfología Interna del Corazón Derecho



#### Ventrículo

- Tronco arterial Pulmonar
- Cara Septal
- Cara inferior
- Segmento trabecular del ventrículo
- Pilar septal (músculo papilar septal)
- Banda Septal
- Cresta supraventricular
- Válvula Sigmoidea Pulmonar
- Lúnula de la valva
- Nódulos de Morgagni

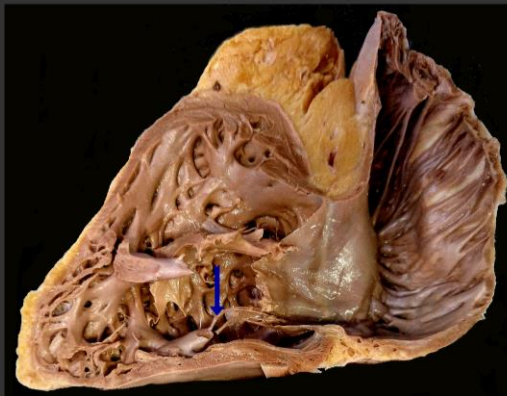
#### Aurícula

- Septo interauricular
- Fosa Oval
- Vena Cava superior
- Válvula Tricúspide, valva septal
- Vena Cava inferior
- Válvula de Eustaquio, red trabecular de Chiari
- Triángulo de Koch
- Cresta Terminal
- Orificio del Seno Coronario
- Porción membranosa del tabique interventricular
- Relieve de Todaro



Sección sagital del corazón derecho. Visión medial

### Morfología Interna del Corazón Derecho



#### Ventrículo

- Banda moderadora
- Pilar anterior (músculo papilar anterior)
- Pilar inferior (músculo papilar inferior)
- Fibras tendinosas
- Nódulos de Morgagni
- Arteria Coronaria derecha

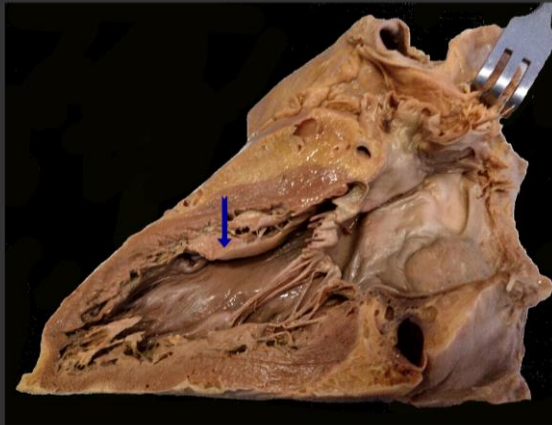
#### Aurícula

- Orejuela
- Músculos Pectíneos
- Válvula Tricúspide, valva anterior
- Válvula Tricúspide, valva inferior



Sección sagital del corazón derecho. Visión lateral

### Morfología Interna del Corazón Izquierdo



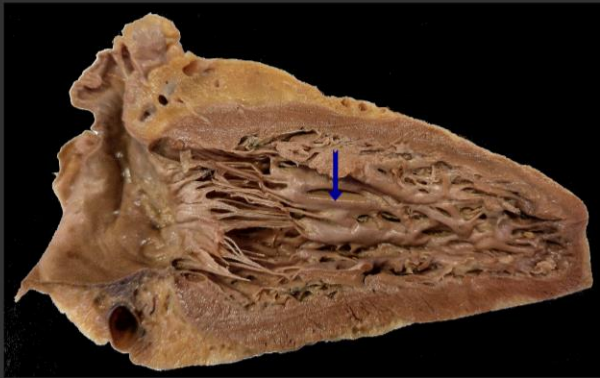
### Cavidades y Válvulas Cardíacas

- Orejuela izquierda
- Ostium Secundum (agujero oval)
- Repliegue Semilunar (válvula del agujero oval, hoz del tabique)
- Valva Septal de la válvula Mitral
- Pilar Diafragmático (posterior)
- Pilar anterior
- Cuerdas Tendinosas
- Arteria Coronaria izquierda, Circunfleja
- Seno Coronario
- Porción trabecular



Sección sagital del corazón izquierdo. Visión septal

### Morfología Interna del Corazón Izquierdo



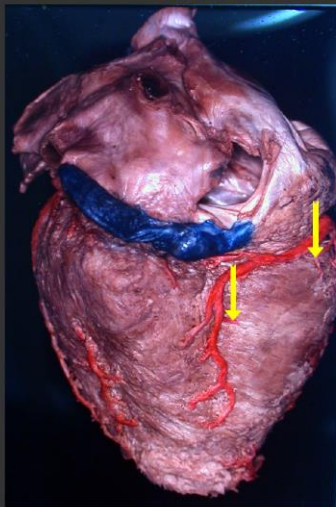
### Cavidades y Válvulas Cardíacas

- Pilar Anterior (dividido en tres, variación)
- Vena Pulmonar izquierda superior
- Vena Pulmonar izquierda inferior
- Valva Lateral de la válvula Mitral
- Pilar Diafragmático (posterior)
- Cuerdas Tendinosas
- Arteria Coronaria izquierda, Circunfleja
- Seno Coronario
- Porción trabecular



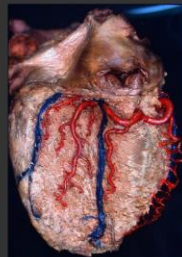
Sección sagital del corazón izquierdo. Visión lateral

### Vascularización del Corazón



### Arterias Coronarias y Venas Cardíacas

- Vena Cava Inferior
- Vena Cava Superior
- Venas Pulmonares
- Arteria Coronaria Derecha
- Seno Coronario
- Arteria Interventricular posterior
- Arteria Marginal derecha
- Arteria Marginal izquierda
- Arterias Ventriculares posteriores derechas
- Arterias Septales posteriores
- Arteria Circunfleja
- Arterias Ventriculares posteriores izquierdas
- Vena Cardíaca Mayor (magna)
- Vena Cardíaca Menor
- Vena Interventricular posterior
- Venas Ventriculares posteriores izquierdas



Dominancia Derecha



Dominancia Izquierda



Cara Diafragmática del Corazón



## Vascularización del Corazón



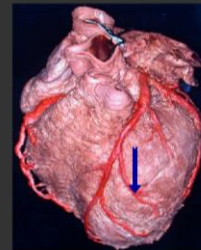
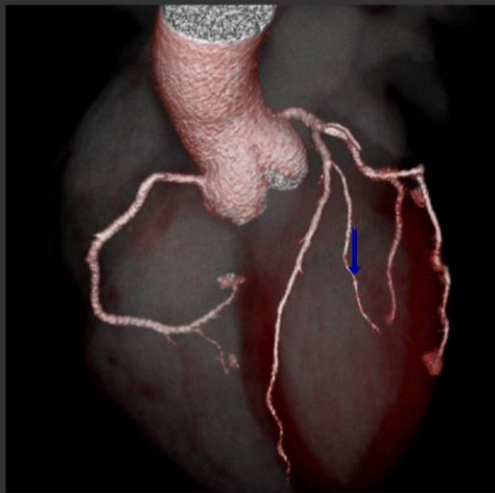
Cara Esternocotal (anterior)  
del Corazón



## Arterias Coronarias y Venas Cardiacas

- Tronco Pulmonar
- Arteria Aorta Ascendente
- Arteria Coronaria Derecha
- Arteria Coronaria Izquierda
- Arteria Interventricular (descendente) anterior
- Arteria Marginal derecha
- Arteria Diagonal
- Arterias Ventriculares anteriores derechas
- Arteria Conal derecha
- Arteria Nodal
- Arterias Auriculares anteriores derechas
- Arteria Marginal izquierda
- Arterias Ventriculares anteriores izquierdas
- Arterias Septales anteriores
- Vena Cava superior
- Formación de la Vena Cardíaca Mayor (magna)
- Formación de la Vena Cardíaca Menor

## Coronariotomografía Axial 3D



- Aorta Ascendente
- Arteria Coronaria izquierda
- Arteria Interventricular anterior
- Arteria Diagonal izquierda
- Arteria Circunfleja
- Arteria Marginal izquierda
- Arteria Coronaria derecha
- Arteria Interventricular posterior
- Arteria Marginal derecha



## Disección del Mediastino. Visión lateral derecha



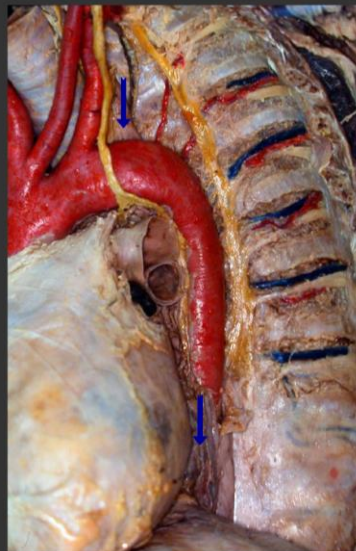
- Columna Vertebral Torácica
- Costillas derechas
- Espacios intercostales derechos
- Pericardio fibroso
- Cúpula Diafragmática derecha
- Aorta Ascendente
- Tronco Arterial Braquiocefálico
- Arteria Subclavia derecha
- Arteria Carótida Común derecha
- Cayado de la Aorta
- Arteria Carótida Común izquierda
- Vena Cava Superior
- Cayado de la vena Ázigos
- Vena Ázigos
- Venas intercostales
- Vena Supracostal
- Cadena Ganglionar Laterovertebral derecha
- Arteria Pulmonar derecha
- Venas Pulmonares derechas
- Tráquea
- Bronquio Pulmonar derecho
- Esófago
- Nervio Vago derecho
- Nervio Esplácnico Mayor
- Nervio Esplácnico Menor





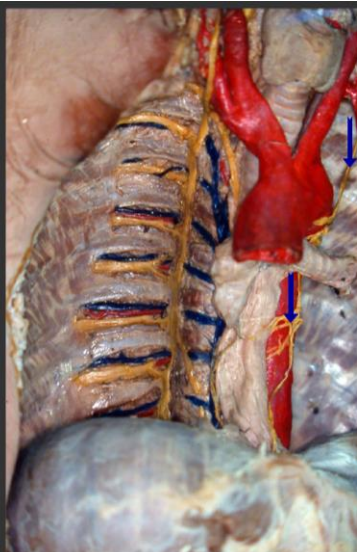
### Dissección del Mediastino, lado derecho. Visión anterior

- Aorta Ascendente
- Cayado de la Aorta
- Tronco Arterial Braquiocefálico
- Arteria Subclavia derecha
- Arteria Carótida Común derecha
- Arteria Carótida Común izquierda
- Arteria Subclavia izquierda
- Pulmón derecho
- Nervio Frénico derecho
- Nervio Vago derecho
- Cayado de la Vena Ázigos
- Tráquea
- Nervio Recurrente Laringeo derecho
- Orejuela de la Aurícula derecha
- Arteria Coronaria derecha
- Arteria Torácica interna
- Tronco arterial Pulmonar



### Dissección del Mediastino. Visión lateral izquierda

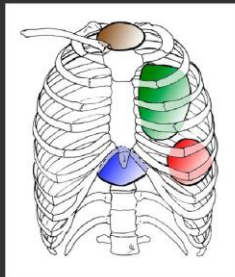
- Columna Vertebral Torácica
- Costillas izquierdas
- Espacios intercostales izquierdos
- Pericardio fibroso
- Aorta Descendente
- Tronco Arterial Braquiocefálico
- Arteria Subclavia izquierda
- Arteria Carótida Común izquierda
- Cayado de la Aorta
- Nervios Intercostales
- Arterias Intercostales
- Venas Intercostales
- Cadena Ganglionar Laterovertebral izquierda
- Arteria Pulmonar izquierda
- Venas Pulmonares izquierdas
- Tráquea
- Bronquio Pulmonar izquierdo
- Esófago
- Nervio Vago izquierdo
- Nervio Recurrente Laringeo izquierdo



### Dissección del Mediastino. Visión anterior

- Aorta Ascendente
- Aorta Descendente
- Cayado de la Aorta
- Tronco Arterial Braquiocefálico
- Arteria Carótida Común izquierda
- Arteria Subclavia izquierda
- Arteria Carótida Común derecha
- Arteria Subclavia derecha
- Nervios Intercostales
- Arterias Intercostales
- Venas Intercostales
- Cadena Ganglionar Laterovertebral derecha
- Nervio Vago derecho
- Vena Ázigos
- Tráquea
- Bronquio Pulmonar izquierdo
- Bronquio Pulmonar derecho
- Esófago
- Nervio Vago izquierdo
- Nervio Recurrente Laringeo izquierdo
- Glándula Tiroides





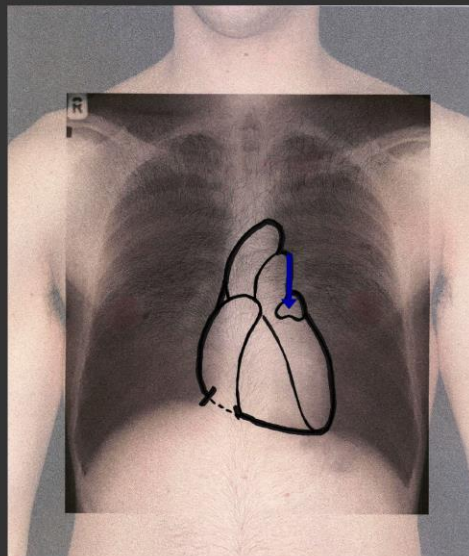
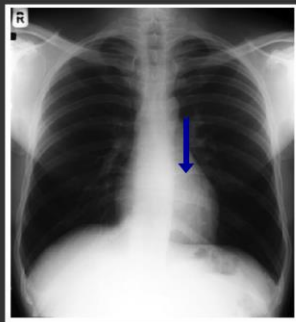
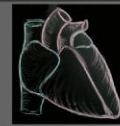
La ecocardiografía bidimensional ofrece en tiempo real y alta resolución secciones tomográficas del corazón muy útiles para obtener información de su anatomía y su fisiología. Se realiza a través de cuatro ventanas: supraesternal (marrón), paraesternal (verde), apical (rojo) y subcostal (azul).

- Apical cuatro cámaras
- Paraesternal plano corto
- Paraesternal plano largo
- Subcostal cuatro cámaras

Salir Menú



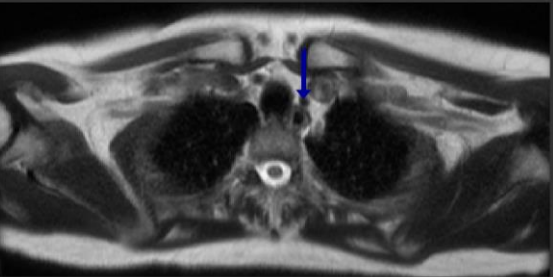
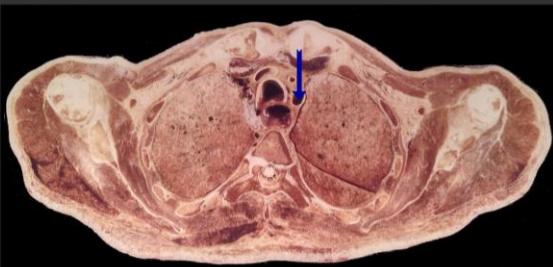
## Bases Anatómicas de la Exploración Cardíaca. Ecocardiografía



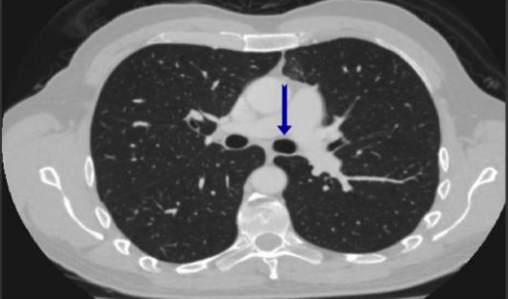
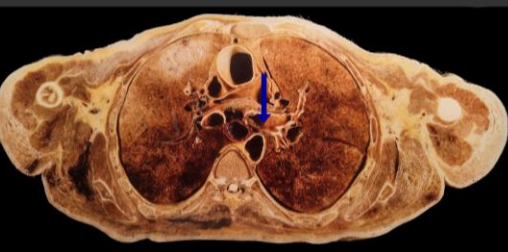
### Radiología del Tórax Silueta Cardíaca

- Aurícula derecha
- Ventrículo derecho
- Ventrículo izquierdo
- Aurícula izquierda
- Tronco de la Arteria Pulmonar
- Tronco de la Arteria Aorta
- Vena Cava superior
- Vena Cava inferior

Salir Menú Siguiete



Cuerpo 4ª vértebra torácica  
 Médula Espinal  
 Lóbulo superior del Pulmón derecho  
 Vena Braquiocefálica derecha  
 Tronco Arterial Braquiocefálico  
 Vena Axilar  
 Tráquea  
 Arteria Carótida común izquierda  
 Arteria Subclavia izquierda  
 Arteria Torácica interna  
 Costillas 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª  
 Esófago  
 Lóbulo superior del Pulmón izquierdo  
 Plexo Braquial  
 Arteria Axilar  
 Músculos Intercostales  
 Fisura oblicua del Pulmón izquierdo  
 Lóbulo inferior del Pulmón izquierdo



### Corte Axial del Tórax a la altura de la Séptima Vértebra Torácica

Cuerpo 7ª vértebra torácica  
 Médula Espinal  
 Lóbulo superior del Pulmón derecho  
 Fisura oblicua del Pulmón derecho  
 Lóbulo inferior del Pulmón derecho  
 Arteria Axilar  
 Vena Axilar  
 Bronquio Pulmonar derecho  
 Vena Cava superior  
 Arteria Aorta ascendente  
 Arteria Torácica Interna (y vena)  
 Arteria Pulmonar derecha  
 Esófago  
 Arteria Pulmonar izquierda  
 Vena Pulmonar izquierda  
 Bronquio Pulmonar izquierdo  
 Lóbulo superior del Pulmón izquierdo  
 Fisura oblicua del Pulmón izquierdo  
 Lóbulo inferior del Pulmón izquierdo  
 Arteria Aorta torácica descendente



### Corte Axial del Tórax a la altura de la Séptima Vértebra Torácica

Cuerpo 7ª vértebra torácica  
 Médula Espinal  
 Lóbulo superior del Pulmón derecho  
 Fisura oblicua del Pulmón derecho  
 Lóbulo inferior del Pulmón derecho  
 Arteria Axilar  
 Vena Axilar  
 Bronquio Pulmonar derecho  
 Vena Cava superior  
 Arteria Aorta ascendente  
 Arteria Torácica Interna (y vena)  
 Arteria Pulmonar derecha  
 Esófago  
 Arteria Pulmonar izquierda  
 Vena Pulmonar izquierda  
 Bronquio Pulmonar izquierdo  
 Lóbulo superior del Pulmón izquierdo  
 Fisura oblicua del Pulmón izquierdo  
 Lóbulo inferior del Pulmón izquierdo  
 Arteria Aorta torácica descendente



## Evaluación del proyecto.

*En el proyecto se proponía que: Una vez finalizado el desarrollo del simulador, se intentará que de forma voluntaria estudiantes de las diferentes titulaciones empleen el simulador y realicen una encuesta de satisfacción en la que se resaltarán, si encuentran utilidad en su empleo comparado con las prácticas que ya han realizado sin el simulador, qué aspectos les resultan más interesantes y qué sugerencias de cambio proponen.*

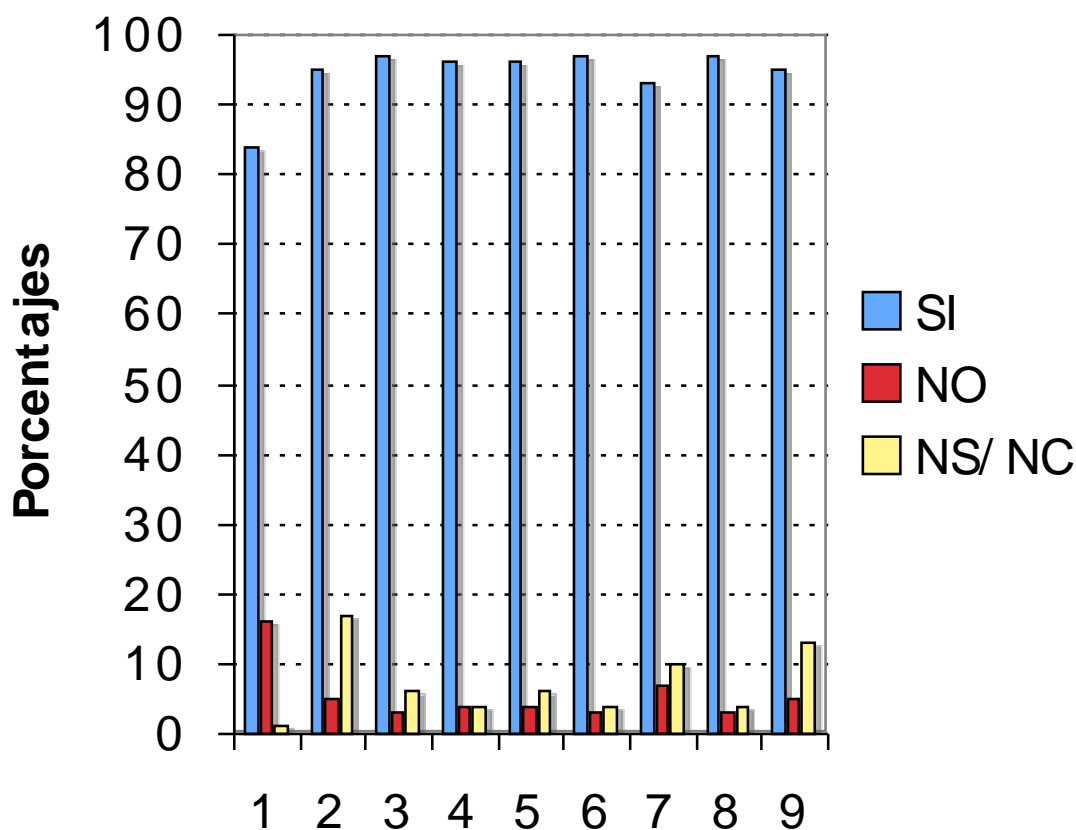
Hemos desarrollado una encuesta de satisfacción online que ha sido respondida por 71 estudiantes de los 288 matriculados en la asignatura, lo que supone un 24,65%.

El enunciado y la apariencia de las preguntas fue la que se muestra en la imagen siguiente:

The image shows a screenshot of an online survey form. It consists of ten numbered questions, each in a separate box. Each question box has a title 'posición X' with a small icon of a pencil and a red 'X' in a circle, and a status indicator '[Sí/No] (X)'. The questions are:

- 1 ¿El acceso y la navegación dentro del simulador le ha resultado sencilla?
- 2 ¿La secuencia derivada del uso de los menús le ha parecido lógica?
- 3 ¿El empleo de esta herramienta de aprendizaje le ha resultado útil para comprender la Anatomía Humana del Tórax?
- 4 ¿La herramienta le ha resultado útil para entender y complementar la docencia teórica?
- 5 En su opinión ¿el empleo del simulador facilita el aprendizaje práctico en la asignatura?
- 6 ¿Le parece conveniente ampliar el simulador al resto de los bloques que forman la asignatura de esplanología, anatomía topográfica y bioscópica?
- 7 ¿Cree que, para su posible aplicación a lo largo de los estudios del Grado, los apartados de anatomía clínica que contiene el simulador pueden tener relevancia?
- 8 ¿Aconsejaría el uso del simulador para estudiar y aprender mejor la asignatura?
- 9 Teniendo en cuenta que una de las principales competencias a adquirir en esta asignatura es el reconocimiento de las estructuras anatómicas ¿opina que el simulador ha facilitado de forma importante la adquisición de esta competencia?
- 10 De forma breve puede añadir las sugerencias que desee para la mejora del simulador

La siguiente gráfica resume los resultados obtenidos en la encuesta:



Los resultados obtenidos sugieren una gran aceptación por parte de los estudiantes en relación con como está construida la aplicación y su utilidad para el aprendizaje.

Mayoritariamente, las sugerencias de mejora recibidas se refieren a la adaptación del simulador a ordenadores Apple.

Por otro lado, las respuestas en la pregunta 6 nos animan a continuar con el desarrollo de esta herramienta para el resto de los bloques de la Anatomía Humana en futuros proyectos de innovación docente.

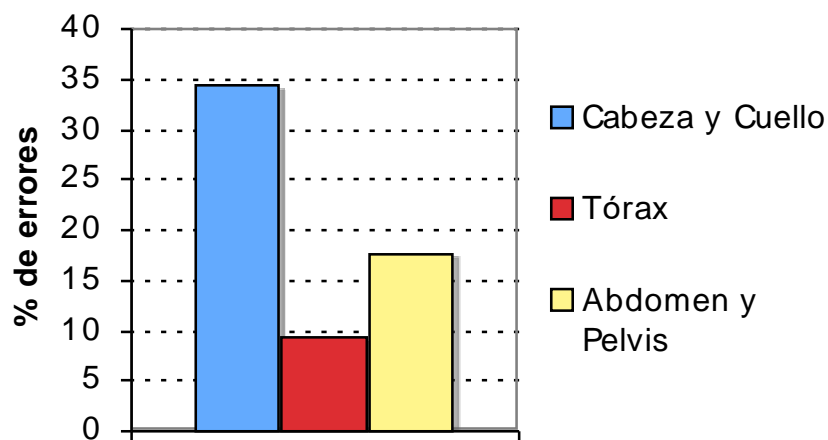
*En el proyecto se proponía que: Mensualmente se realizará un proceso interno de control en el que se procederá a valorar si la secuencia temporal establecida se lleva a cabo y si hubiera que realizar o no correcciones en la misma, evaluando si cada objetivo se ha ido consiguiendo y las dificultades habidas para ello.*

La pandemia de la COVID-19 nos ha impedido desarrollar el proceso de control puesto que el confinamiento ha impedido al presencialidad y por lo tanto el acceso directo al alumnado. Hemos intentado paliarlo en base a una reprogramación en ejecutables que pudieran ser colgados en Studium y utilizados por el alumnado.

Aunque sabemos que los estudiantes han utilizado los ejecutables, los procesos de control (horas, consultas directas, etc.) no han podido llevarse a cabo.

Debido a que la asignatura de Esplacnología y Anatomía Topográfica y Bioscópica del Grado de Medicina tiene tres bloque bien diferenciados: Cabeza y Cuello, Tórax, y Abdomen y Pelvis, hemos podido realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos en la evaluación de las prácticas entre el bloque de Tórax (que contaba con el simulador) y los demás bloques de la asignatura, siempre con los mismos estudiantes y en el mismo día de las pruebas.

La siguiente gráfica resume los resultados obtenidos, expresándolos como el porcentaje de errores en los cuestionarios prácticos:



Los resultados obtenidos sugieren que el simulador es una herramienta muy útil para el Aprendizaje de la Anatomía y el Reconocimiento de Estructuras Anatómicas, Competencia fundamental en las prácticas de las asignaturas de Anatomía Humana.