



Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Estudio mediante archivos tomográficos de las alteraciones pulmonares de ovino en los casos recibidos en el SCRUM.

Research of sheep lung disease in clinical cases received at SCRUM by means of computed tomography files.

Autor/es

Laia Del Olmo Vallejo

Director/es

Luis Miguel Ferrer Mayayo  
Enrique Castells Perez

Facultad de Veterinaria

2023

## Índice:

Resumen .....	3
Abstract .....	3
Introducción.....	4
Justificación y objetivos.....	5
Metodología .....	5
Búsqueda .....	5
Animales, anatomía y fisiología pulmonar .....	6
Tomografía computarizada. ....	7
Componentes del TC .....	7
Fundamento .....	8
Unidades Hounsfield (UH) .....	9
TC en medicina veterinaria.....	11
Resultados y discusión .....	13
Patología respiratoria ovina de vías bajas .....	13
Complejo respiratorio ovino (CRO) .....	13
Lentivirus de los pequeños rumiantes.....	16
Neumonía gangrenosa .....	18
Neumonía verminosa o granulomatosa.....	20
Abscesos pulmonares por <i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i> .....	22
Adenocarcinoma Pulmonar Ovino (APO).....	24
Neumonía por <i>Mycoplasma spp.</i> .....	26
Hidatidosis pulmonar .....	28
Discusión .....	30
Conclusiones .....	31
Conclusions.....	32
Valoración personal y agradecimientos .....	33
Bibliografía .....	34

## Resumen

La tomografía computarizada (TC) es una de las técnicas diagnósticas más rápidas y precisas en la medicina veterinaria. Por su alto coste todavía está fuera del alcance de la patología individual en especies de abasto, pero no en colectividades con alto valor en conjunto y por ello, es muy usada en el Servicio Clínico de Rumiantes de la Universidad de Zaragoza con función educativa, informativa y diagnóstica. Normalmente se utiliza en clínicas de pequeños animales como diagnóstico de patologías, pero cada vez más gente tiene animales de abasto como de casa y están dispuestos a abonar su coste por tener un diagnóstico y posible cura.

Esta técnica diagnóstica es un gran apoyo para entender el origen y evolución de las patologías, y, en este trabajo, se van a evaluar los diferentes rangos de unidades Hounsfield de las imágenes de vías respiratorias bajas ovinas, haciendo también una revisión bibliográfica con los archivos de imagen de distintos casos.

## Abstract

Computed tomography (CT) is one of the fastest and most accurate diagnostic techniques in veterinary medicine. Due to its high cost, it remains beyond the reach of individual livestock pathology, but not within collectives with high overall value. Therefore, it is employed in the Ruminant Clinical Service of the University of Zaragoza for educational, informative, and diagnostic purposes. While it is typically utilized in small animal clinics to diagnose pathologies, an increasing number of people now keep farm animals as pets and are willing to bear its cost for diagnosis and potential treatment.

This diagnostic technique provides significant support in comprehending the origin and progression of pathologies. In this study, various ranges of computed tomography numbers from images of the ovine lower respiratory tract will be evaluated. Additionally, a literature review will be conducted using image files from different cases.

## Introducción

El sector ovino, por su carácter extensivo, está muy vinculado a la tierra, a la agricultura y participa en el mantenimiento de la biodiversidad. Tiene un papel fundamental en la conservación del entorno y fijación de población al medio rural. A pesar de estos beneficios que aporta, el margen coste-beneficio para los ganaderos de ovino es muy estrecho. Por tanto, es imprescindible tratar de conseguir la mejor producción y rentabilidad a través de la mejora de la sanidad animal.

Desde el año 2016, el Servicio Clínico de Rumiantes (SCRUM) utiliza de forma rutinaria la tomografía computarizada para el diagnóstico, seguimiento y control de diferentes procesos que afectan a los rumiantes.

Durante este periodo de tiempo hemos podido comprobar que la patología respiratoria ovina es uno de los principales problemas de los rebaños y, por lo tanto, representa una buena parte de los procesos recibidos y para los que se necesita más cantidad de diagnósticos tomográficos.

En estos últimos años, las técnicas de exploración clínica utilizando imágenes han evolucionado bastante en los estudios anatómicos y procedimientos diagnósticos de distintas patologías, asociadas fundamentalmente a regiones anatómicas. La tomografía computarizada ha demostrado ser una de las mejores técnicas para el diagnóstico de procesos respiratorios, así como una herramienta muy útil para evaluar la cantidad de tejido sano y afectado. Los diferentes filtros aplicados en los estudios de procesos respiratorios nos permiten saber hasta qué puntos del pulmón llega el aire y cuáles son los que han perdido su capacidad respiratoria.

No obstante, no existen trabajos en esta especie que correlacionen las texturas del pulmón afectado de diferentes patologías con las unidades Hounsfield que presentan en la tomografía.

## Justificación y objetivos

Si se pudiera observar correlación positiva entre las unidades Hounsfield de las áreas afectadas por los diferentes procesos respiratorios y los estudios posteriores de anatomía patológica, se podría dar un primer diagnóstico presuntivo sin necesidad de sacrificar al animal y antes de realizar las correspondientes necropsias. Este adelanto en el primer diagnóstico justifica plenamente el estudio a realizar.

Con todo ello se podría mejorar y ser más precisos en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento *in vivo* de los procesos respiratorios, siendo una forma más precoz y fiable de trabajo.

Los objetivos de este trabajo respecto al uso de la tomografía computarizada (TC) son:

- Describir las patologías de vías respiratorias bajas en ovino.
- Tomar datos de las unidades Hounsfield en las lesiones.
- Comparar las distintas imágenes de TC que dan las patologías descritas.

## Metodología

### Búsqueda

Esta revisión bibliográfica se ha basado en la búsqueda en bases de datos científicas como "Pubmed" y "Google Scholar". Se han revisado libros tanto en formato digital como en físico, webs y portales oficiales para extraer datos. Por último, también se ha utilizado el programa Radiant DICOM Viewer para la visualización y edición correcta de las imágenes.

Además, se cuenta con un archivo de imágenes de tomografía computarizada (TC) de numerosos casos de patologías pulmonares ovinas, cuyo diagnóstico fueron confirmados *postmortem* por el Servicio Clínico de Rumiantes (SCRUM) y el Servicio de Anatomía Patológica de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

## **Animales, anatomía y fisiología pulmonar**

Los animales y las imágenes utilizados y estudiados han creado un archivo de casos clínicos atendidos por el Servicio Clínico de Rumiantes de la Universidad de Zaragoza, casos que son remitidos por veterinarios con objetivo de tener un diagnóstico preciso, ayudando y dando solución así a la colectividad de la explotación de origen.

Antes de nada, es necesario tener conocimiento de la anatomía y fisiología pulmonar normal, para saber localizar y comprobar su integridad y así, en caso de haber alguna alteración, visualizarla fácilmente. Los pulmones son los órganos respiratorios encargados de realizar varias funciones, las más importantes: el intercambio de gases, la absorción de O<sub>2</sub> y eliminación de CO<sub>2</sub>, no solo para la respiración celular sino también para el mantenimiento del equilibrio acido-base. También se encarga de eliminar los cuerpos extraños transportados por el aire. Esto lo hace con el aclaramiento mucociliar y los macrófagos alveolares, además, tienen funciones metabólicas y endocrinas (Climent, M. comunicación personal 2023).

Los pulmones tienen forma de conos con el vértice en la parte más craneal y la base en la parte más distal, al lado del diafragma. Los dos pulmones tienen el lóbulo craneal y el caudal, ventilado con sus respectivos bronquios, el pulmón derecho es el que tiene el lóbulo medio y el accesorio. En los rumiantes el bronquio craneal derecho sale directamente de la tráquea y después, como en todas las especies, estos bronquios dan lugar a los bronquiolos que a su vez dan origen a los alvéolos en cuya pared se realiza el intercambio gaseoso (Climent, M. comunicación personal 2023).

## Tomografía computarizada.

La tomografía computarizada (TC) es una técnica de diagnóstico por imagen que utiliza los rayos X para obtener imágenes transversales de las diferentes regiones corporales. El TC mide la atenuación que sufren los rayos X cuando atraviesan los distintos tejidos del paciente. Además, tras el procesado de la secuencia permite reconstruir las estructuras anatómicas internas y la composición del organismo vivo, con gran resolución y contraste de los tejidos orgánicos, tanto de la sección transversal como corte axial, sagital y coronal, y permite también obtener imágenes tridimensionales (3D) en poco tiempo.

### Componentes del TC

Existen varios tipos de TC, pero todos tienen unos componentes básicos (fig. 1):

- Consola de control: La consola de trabajo sirve para seleccionar los diversos parámetros del equipo de tomografía. Parámetros como el campo medido, el tamaño de la matriz, el grosor de corte, el kilovoltaje (Kv) y el miliamperaje (mA) de los rayos X. Se localiza fuera de la sala de radiación X junto al ordenador. Además, permite elegir las características de la técnica, el movimiento del cabezal y de la camilla (Martin, 2022). El ordenador realiza la reconstrucción de la imagen y la transmite a la consola de visualización, pudiendo manipular en ésta algunas características de la imagen como el contraste, brillo, y visualización de áreas de interés en 3D y a color (Bushong, 2010).
- Gantry: Estructura que incluye el tubo de rayos X, la matriz de detectores, los colimadores, el generador de alta tensión, la camilla para el paciente y los soportes mecánicos. Estos componentes mandan datos al ordenador conectado, enviando las vistas de la producción y análisis de las imágenes.
- Tubo de rayos X: Consta de un cátodo y un ánodo, aunque actualmente algunos equipos trabajan con dos cátodos y dos ánodos por corte, para generar el haz de rayos X como consecuencia del choque de electrones que se mueven del cátodo al ánodo. Está forrado de plomo para evitar que se expanda la radiación y solo tiene una abertura para que cuando los Rayos X se generen salgan por ahí, aun así, algunos de los rayos salen y general radiación de fuga, dando una radiación innecesaria al paciente (García, 2015).

- Colimadores: Localizado dentro del Gantry entre el tubo de rayos y el paciente, determina el grosor del corte, dependiendo de la zona y el tamaño del paciente. Estos contribuyen a agrupar los rayos X (García, 2015).

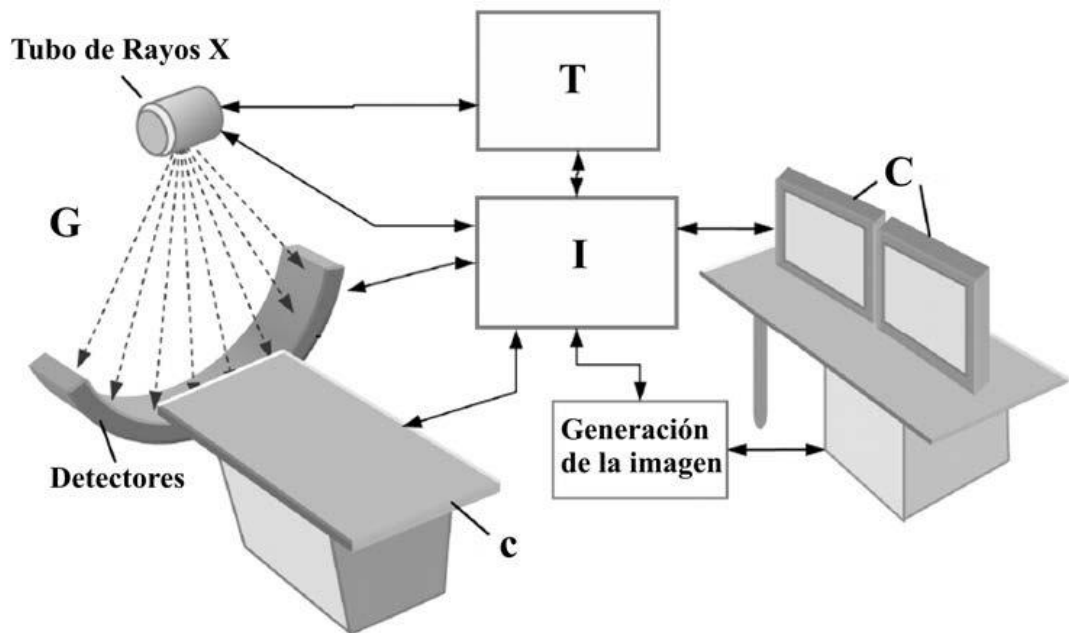


Figura 1: Esquema de composición del TC. Consola del operador (C), camilla (c), gantry (G), sistema informático o computadora (I) y generador (T).

### Fundamento

Los tomógrafos se clasifican en equipos de primera, segunda, tercera y cuarta generación. Las diferencias principales entre ellos es la tecnología empleada en cada uno, que ha permitido ir mejorando la calidad de las imágenes, acortando el tiempo de barrido, posibilitando diagnósticos cada vez más precisos de los procesos patológicos y planificando más correctamente sus tratamientos (Hathcock y Stickle, 1993).

El tubo de rayos, como se ha mencionado anteriormente, está compuesto por un cátodo, un ánodo y una fuente de poder. El cátodo normalmente es un filamento de tungsteno, que se calienta y eleva la energía de los electrones lo suficiente para que se liberen del átomo. Los electrones anteriormente liberados se aceleran hacia el ánodo atraídos por la diferencia de potencial y por ello, adquieren una energía cinética, que al chocar contra el ánodo, siendo también un filamento de tungsteno, pierden esta energía cinética mediante excitación, energía empleada para mover electrones a capas más



exteriores de átomo, ionización, energía suficiente para mover un electrón de un átomo, o radiación, energía para crear un fotón (Ramírez et al., 2008), lo que hace la creación de los rayos X.

Este haz de radiación es atenuado al atravesar al paciente y sus tejidos. Esta atenuación, depende del grosor de la región corporal y de la naturaleza de las estructuras anatómicas atravesadas, ya que, el rayo X tendrá más dificultad para atravesar un hueso que un tejido blando. La atenuación es medida por los detectores, la cual asigna un número al haz saliente del paciente según su intensidad, este número es el que la consola utiliza para calcular el coeficiente de atenuación de cada voxel asignándole un determinado grado de grises a cada uno, permitiendo observar en el monitor la imagen diagnóstica (García, 2005)

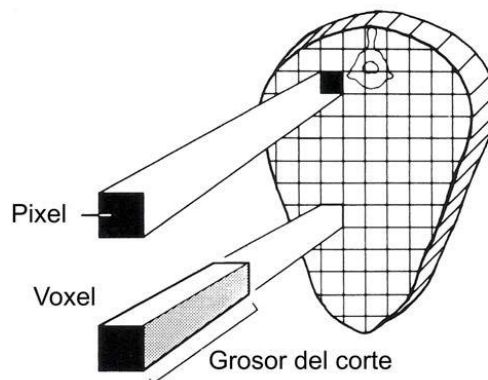


Figura 2: Representación esquemática de *Píxel* y *Voxel* (Hathcock y Stickle. 1993).

### Unidades Hounsfield (UH)

La atenuación correspondiente a cada punto estudiado es vista desde todos los ángulos y gracias a un algoritmo, se obtiene el coeficiente de atenuación lineal para cada voxel, que requiere que la consola asigne a cada píxel un número que expresa ese coeficiente de atenuación (fig.2) (Hathcock y Stickle, 1993). Estos números son las **Unidades Hounsfield** (UH), o también CT numbers (computed tomography numbers).

El rango de las UH o escala Hounsfield tiene valores de + 1000 a – 1000, siendo asignado al hueso cortical el + 1000, el 0 al agua y el – 1000 al aire, y estos números representan la escala de grises siendo el blanco la densidad ósea (+ 1000), el gris central

el agua (0) y el negro el aire (- 1000), quedando todos los tejidos repartidos en el resto de la escala de grises.

El rango de UH representadas por la escala de grises se conoce como **window width** (WW, ancho de ventana), que representa los valores por debajo y por encima del **window level** (WL, nivel de ventana) que representa el centro de la ventana, y es el valor de UH central, y por ello el gris central de la ventana (Hathcock y Stickle. 1993). Todos los tejidos con UH por debajo del límite inferior de la ventana aparecerán negros; sin embargo, los que estén por encima del superior aparecerán blancos. La manipulación del WW y del WL es lo que hace a esta técnica tan útil. Si se selecciona un WW estrecho significa que el rango de grises en el que se distribuirán los distintos tejidos será pequeño; por ello, los tejidos se diferenciarán más. Si se selecciona un WW ancho, la escala de grises se amplía en cientos de grises con lo que la identificación de distintos tejidos no será buena porque el contraste no será bueno, por el contrario, facilitaría la visualización de huesos (Hathcock y Stickle. 1993).

Para diferenciar y visualizar mejor las patologías pulmonares mediante el programa RadiAnt DICOM Viewer se ha ajustado el ancho de ventana (WW) a la opción CT Lungs, donde la imagen se visualiza en la escala de grises situada en WL de -400 y WW de 1500. Para medir las UH de la lesión, primero se ha tenido que localizar y después mediante la opción de "Ellipse" al seleccionar un área este indica la UH media, para que esta sea más precisa el área seleccionada deberá ser la más pequeña posible, normalmente se ha intentado coger áreas de unos 0.02-0.04 cm<sup>2</sup>. En cada pulmón estudiado, se han recogido 10 medidas de diferentes puntos para hacer la media de las UH de ese pulmón.

Antes de empezar con las áreas patológicas se recogieron los datos de los pulmones sanos o de zonas pulmonares sanas, para indicar las medidas UH que tendría la normalidad (fig. 3). Se recogieron datos de dos animales con pulmones sanos donde se vio que la media de las UH rondaba en torno a -450 y -550 UH. Al recoger datos de una zona sana de un pulmón afectado se vio que este era de unos - 490 UH, confirmando el rango establecido.

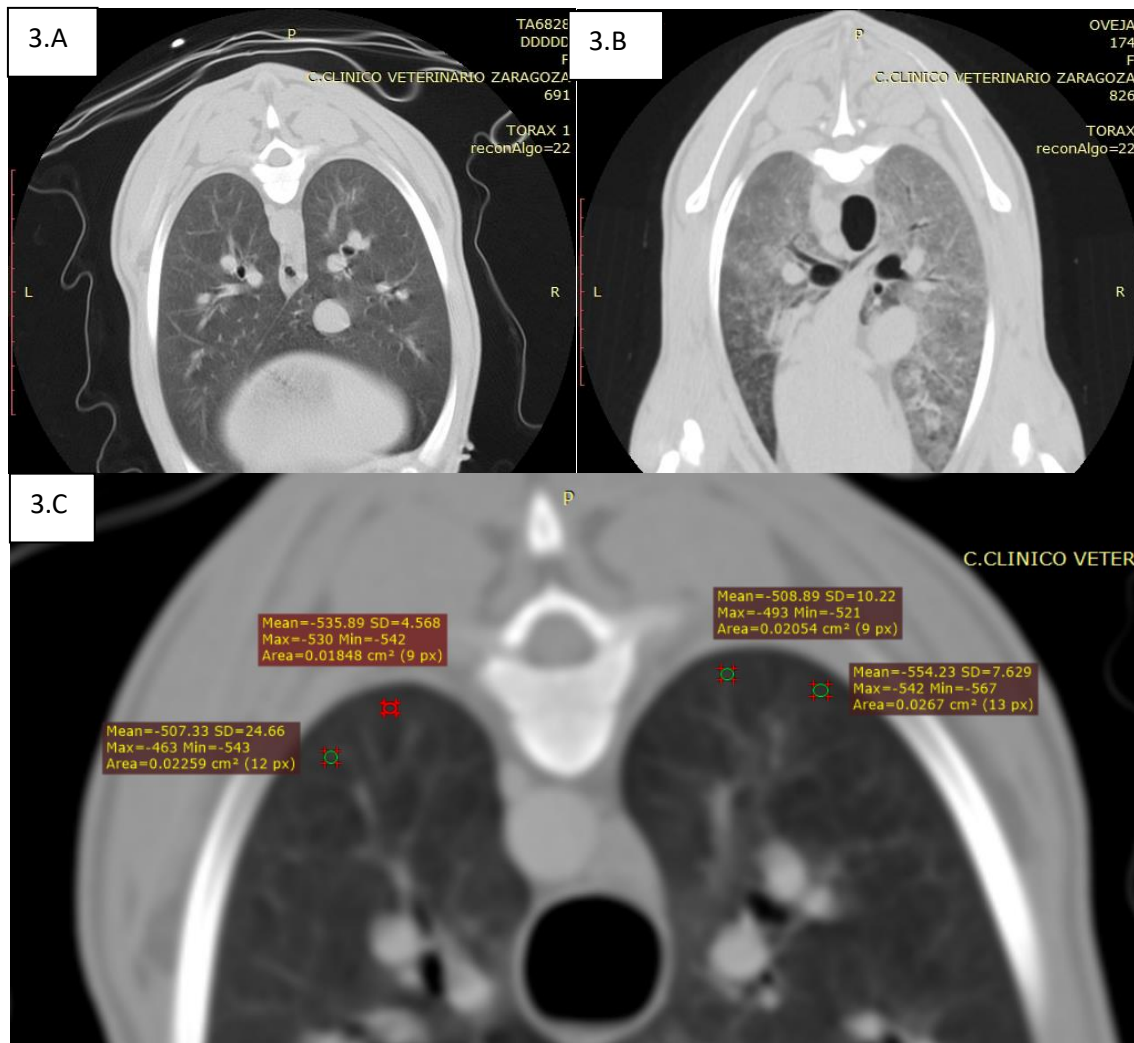


Figura 3: (A) Corte axial de la cavidad torácica de un ovino sano. (B) Corte axial de cavidad torácica de un ovino con el pulmón izquierdo sano en su zona ventral. (C) Zona típica de recogida de UH.

### TC en medicina veterinaria

La tomografía computarizada es un método diagnóstico muy utilizado en la medicina humana y desde hace años, pero en menor medida en medicina veterinaria. Esta técnica ofrece bastantes ventajas en comparación con otras técnicas diagnósticas como la radiografía o la ecografía. Entre ellas destaca que esta técnica no superpone estructuras anatómicas, se puede definir y resaltar una estructura determinada y diferenciarla con los distintos contrastes. Es un método no invasivo que se puede combinar con otros estudios y, además, la técnica del TC da posibilidad de manipular la escala de grises con la que se trabaja, pudiendo dar mayor o menor contraste a los tejidos y a las distintas áreas estudiadas.

Esta técnica también tiene alguna desventaja, la recreación de las imágenes y la utilización del equipo tiene un gran coste económico, la radiación recibida es más elevada que con la radiografía, el paciente tiene que caber en la estructura del gantry del tomógrafo y, por último, el movimiento del animal genera artefactos en la imagen, por lo que hay que realizarla bajo una anestesia general (García, 2015).

La anestesia general debe ser similar a la utilizada en los procesos quirúrgicos, un plano profundo donde incluye intubación y ventilación respiratoria asistida. La preanestesia se hace con dexmedetomidina y buprenorfina, siendo su dosis de 0.005mg/kg de dexmedetomidina y 0.01mg/kg de buprenorfina, aplicadas conjuntamente en una única inyección intravenosa, para lograr en el paciente una sedación adecuada y poder manipularlo con tranquilidad antes de la inducción. En esta fase se coloca una vía en la vena cefálica. La inducción se realiza con Propofol vía intravenosa, a dosis-respuesta, a 2mg/kg que sirve para intubar al animal. Colocando en decúbito esternal al animal y levantando la cabeza, se abre la cavidad oral, se exterioriza la lengua y, ayudándose con el laringoscopio, se introduce el tubo endotraqueal. Por último, tras subir al animal a la mesa del tomógrafo, se mantiene el plano quirúrgico anestésico, a base de gases de isoflurano en concentración media de 3%. Al finalizar la prueba tomográfica, se desconecta al animal del aparato de anestesia por inhalación y se mantienen intubados hasta que muestren los primeros indicios de despertar, así se evita al máximo la neumonía por deglución desviada. Tras esto, se trasladan de nuevo a la Facultad de Veterinaria donde son mantenidos vivos o se hace un sacrificio humanitario para su estudio anatomopatológico. (Ortiz, 2019).

También se pueden utilizar medios de contraste, ya que ayudan a resaltar ciertas estructuras y permite mejorar la visualización. En los estudios exploratorios mediante TC se emplean medios de contraste positivo, los cuales, potencian la utilidad de las técnicas tomográficas, caracterizándose por presentar un número atómico elevado y una alta densidad, que actúan absorbiendo los rayos X. Dentro de éstos hay de dos clases: iodados y baritados. En los casos estudiados en este trabajo se utiliza el contraste iodado Omnipaque 300mg Iodo/ml solución inyectable, la dosis de este varía según el tipo de exploración, edad, peso y condición general del paciente.

## Resultados y discusión

### Patología respiratoria ovina de vías bajas

#### Complejo respiratorio ovino (CRO)

El complejo respiratorio ovino es un síndrome multifactorial que necesita la presencia de varios factores predisponentes para manifestarse. Los agentes etiológicos más se aislados son *Mannheimia haemolytica* y *Bibersteinia trehalosi* junto con *Pasteurella multocida*, *Mycoplasma* spp. y *Escherichia coli* presentan el 80% de las bacterias aisladas (Navarro et al., 2019).

Los factores de riesgo o predisponentes, antes mencionados, son:

- Infecciones concomitantes: en el cebadero varias enfermedades que sufren los animales de normal pueden ser un factor predisponente para el CRO, pero las más comunes son infecciones virales como la enfermedad de la frontera e infecciones parasitarias como coccidiosis.
- Hospedador: la genética juega un papel muy importante en la resistencia del hospedador a sufrir algunas enfermedades. Además, el sexo del animal también influye en las enfermedades respiratorias, siendo el sexo masculino el que más riesgo tiene de mortalidad por enfermedades respiratorias, según los estudios de Mukasa-Mugerwa et al. (2000) y Nash et al. (1997) que encontraron un Odd ratio de 1.32 y 1.9 respectivamente demostrando así el factor del sexo en las enfermedades respiratorias (Tibbo, 2003).
- Medioambiente: los estresores medioambientales o fisiológicos son factores significantes en los procesos respiratorios, predisponiendo a los animales a que distintos patógenos o microorganismos oportunistas invadan el pulmón (Rudolph et al., 2007).
- Manejo: tras el destete los corderos se mueven a los cebaderos y centros de clasificación hasta acabar en el matadero. En esa acción hay estresores como el transporte, la mezcla de los corderos con distinto origen, la densidad... que hace que cambie es estado sanitario (Phillips y Santurtun, 2013).

El termino CRO incluye las tres presentaciones de la enfermedad: hiperaguda, aguda y crónica. Las muertes súbitas son la expresión más frecuente de las formas hiperagudas, junto con la fiebre, anorexia y depresión. Por otro lado, Las formas crónicas pueden mostrar signos clínicos respiratorios (disnea, tos, ruidos respiratorios...) así como mal aspecto general, mal estado corporal y descenso de las producciones durante un tiempo prolongado. Por último, las formas agudas se pueden expresar como una forma intermedia entre las formas hiperagudas y las crónicas; con fiebre, anorexia, taquipnea o disnea con sonidos patológicos respiratorios (estertores, ronquidos...) (Lacasta et al., 2008).

En la necropsia, las formas hiperagudas suelen estar representadas por un drenaje hemorrágico con daño importante en los nódulos linfáticos locales (especialmente de los retrofaríngeos), que generalmente corresponden a presentaciones septicémicas. Por otro lado, los patrones crónicos se caracterizan por neumonías crónicas supurativas (López y Martison, 2017) y fibrosis pleural. Y las formas agudas se caracterizan por tener un cuadro intermedio en el que predomina las zonas consolidadas, cuadros congestivos y fibrina.

Las imágenes de la tomografía computarizada muestran las áreas lesionadas del pulmón colapsadas, viéndose más opacas y blanquecinas, a diferencia del tejido sano que se ve de un color grisáceo y lleno de aire. Hay que destacar que muchas veces se queda el aire en los bronquios más gruesos y se ve rodeado de tejido afectado al rededor (fig. 4.B.C.) (Ferrer, et al. 2020).

En cuanto a las UH, se recogieron datos de cuatro animales de los cuales eran dos machos y dos hembras. Las medidas se han recogido de varios puntos de la lesión, de la zona lateral cercanas a las costillas, teniendo una media de UH entre 40-60 (fig. 4.A).

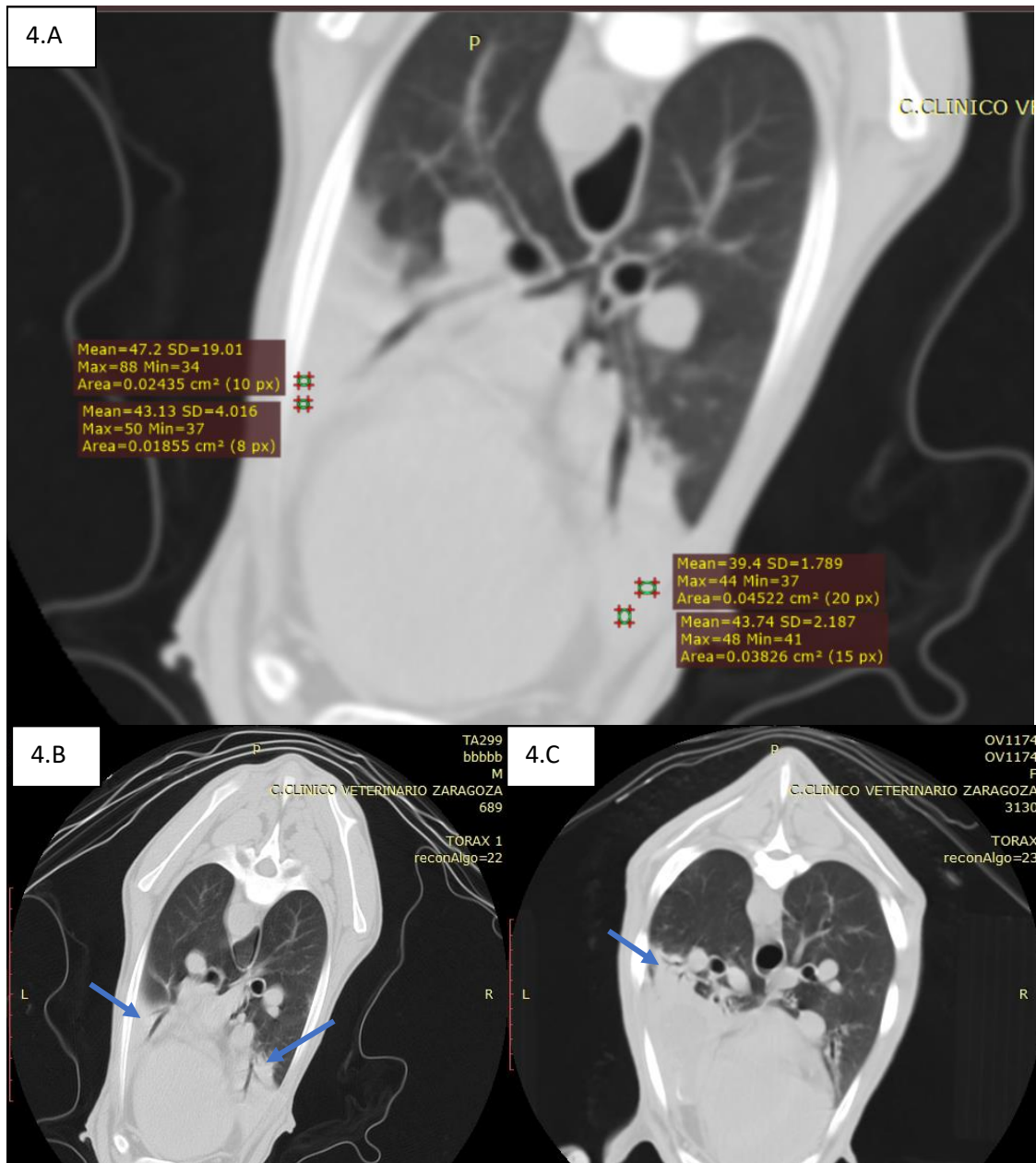


Figura 4: Corte axial del tórax de ovino con complejo respiratorio ovino. (A) Zonas de recogida de datos de UH en la lesión, (B) áreas de consolidación ventral en ambos pulmones y (C) el área de consolidación del pulmón izquierdo únicamente. (flechas azules) Bronquios gruesos con aire rodeados de tejido neumónico.

## Lentivirus de los pequeños rumiantes

La lentivirus de los pequeños rumiantes es una enfermedad viral que afecta sobre todo a ovejas y cabras, tiene un periodo de incubación largo que conduce a una infección de por vida (Kalogianni et al., 2020).

La lentivirus de los pequeños rumiantes, en ovino, tiene cuatro formas principales de manifestación que dan lesiones y sintomatología clínica distinta: respiratoria (neumonía intersticial crónica progresiva), nerviosa (encefalitis), mamaria (mastitis intersticial) y articular (artritis) (Minguijón et al., 2015). Pudiendo aparecer las distintas formas en un mismo individuo, siendo las formas respiratorias y nerviosas las que pueden causar la muerte del animal (Lujan et al., 2019).

Los síntomas necesarios para este trabajo son los que están asociados a la forma respiratoria, dando disnea, respiración abdominal, aumento de la frecuencia respiratoria, causada por la característica neumonía intersticial linfocítica. En las lesiones *postmortem*, se ven pulmones agrandados, aparentemente descoloridos, con zonas de consolidación grises en la superficie pleural y los ganglios linfáticos mediastínicos aumentados de tamaño (Kalogianni et al., 2020).

En la imagen del TC nos proporciona la visualización de un aumento de opacidad en todo el parénquima asociado a la neumonía intersticial (fig. 5. B.C). Se ven zonas más claras en la zona ventral, más oscuras en la zona dorsal y un área intermedia con una combinación de ambas (Ferrer et al., 2020).

En cuanto a las medidas de las unidades Hounsfield, tomadas de la zona más dorsal del pulmón del animal. Se analizaron veinte animales donde se vio que los rangos rondaban entre los -400 y -800. Estos rangos llegaban a ser tan diferentes por la cantidad de celularidad. Contra más celularidad haya y consecuentemente contra más afectado este el pulmón el rango rondaba entre -400 y -550, cuando la afección era media los rangos rondaban entre -550 y -700 y cuando el pulmón no estaba muy afectado y había una neumonía suave sus UH rondaban entre -700 y -800 (fig. 5.A). Los valores obtenidos fueron más negativos que los pulmones normales, esto podría significar que los pulmones con neumonía intersticial tienen más aire, demostrado porque el intersticio esta duro y los alveolos son incapaces de soltar el aire y lo retienen.



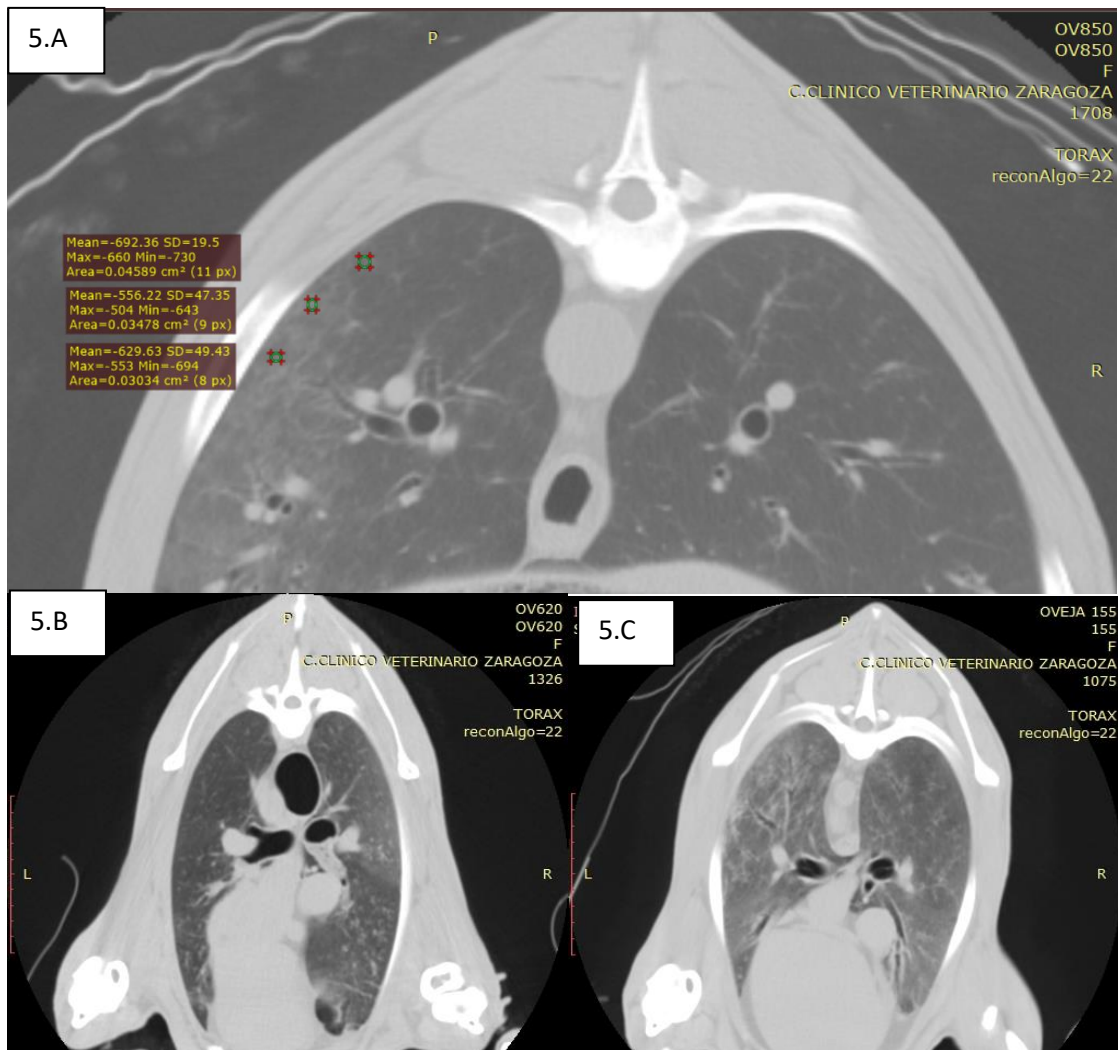


Figura 5: Corte axial de la cavidad torácica ovina. (A) Zona de recogida de las unidades Hounsfield, zona dorsal del animal y cercana al costillar (B.C) Aumento de la densidad del parénquima en ambos pulmones, asociado la neumonía intersticial.

## Neumonía gangrenosa

La neumonía gangrenosa es una infección pulmonar comúnmente causada por inhalación de cuerpos extraños contaminados con bacterias, que produce inflamación y necrosis en el parénquima del pulmón. Normalmente afecta a los lóbulos craneo-ventrales y producen, dependiendo de la materia aspirada, una bronconeumonía necrotizante de moderada a severa y de sobreaguda a subaguda. La materia extraña puede tener un origen gástrico, por una regurgitación durante una anestesia general, fallo en el sondaje esofágico, origen medicamentoso por un tratamiento antiparasitario oral o degluciones desviadas de leche o comida.

Muchos de los microorganismos que producen la neumonía gangrenosa son los que se encuentran en la nasofaringe, entre ellos están tanto bacterias aerobias y anaerobias, hongos y virus. Las bacterias más comunes son *Trueperella pyogenes*, *Pasteurella multocida*, *Mycoplasma ovipneumoniae* y *Fusobacterium necrophorum* (Lacasta et al., 2019).

Las ovejas afectadas empiezan a mostrar signos clínicos a la semana o dos de tener el cuerpo extraño en el pulmón, se separan del rebaño, muestran inapetencia, depresión, dolor, se ponen en posiciones antiálgicas y en ocasiones pueden llegar a tener fiebre. Los signos respiratorios son: tos, disnea con estertores y, cuando el proceso se prolonga, se detecta mal aliento (Biescas et al., 2009). En la necropsia, se ven los lóbulos cráneo-ventrales, principalmente, con lesiones necróticas, formando abscesos y cavernas, y afectando también a bronquios, bronquiolos e incluso a la pleura. Todo esto acompañado de un exudado gris maloliente. Además, la neumonía gangrenosa hace que se deposite amiloide en el intestino y riñones causando una amiloidosis renal (Lacasta et al., 2019).

En la tomografía computarizada se observan zonas con tejido necrótico hipodensas (oscuras o negras) con bordes difusos (fig. 6.A.B). En la zona lesionada se ven cavidades que pueden llegar a invadir gran parte del pulmón, haciendo desaparecer su estructura normal (Ferrer et al., 2020). A veces, esta zona necrosada se llena de pus que se puede o no calcificar (fig. 6.C).

Las unidades Hounfield recogidas de la pared de la caverna que crea la neumonía gangrenosa de los doce animales analizados se ve como todas están en torno a 20 y 50 UH. Cuando el contenido de este es purulento o pútrido las medidas pueden variar y al tomar medidas de esa zona central pútrida se consiguen datos en torno a 150 y 600 UH (fig. 6.D).

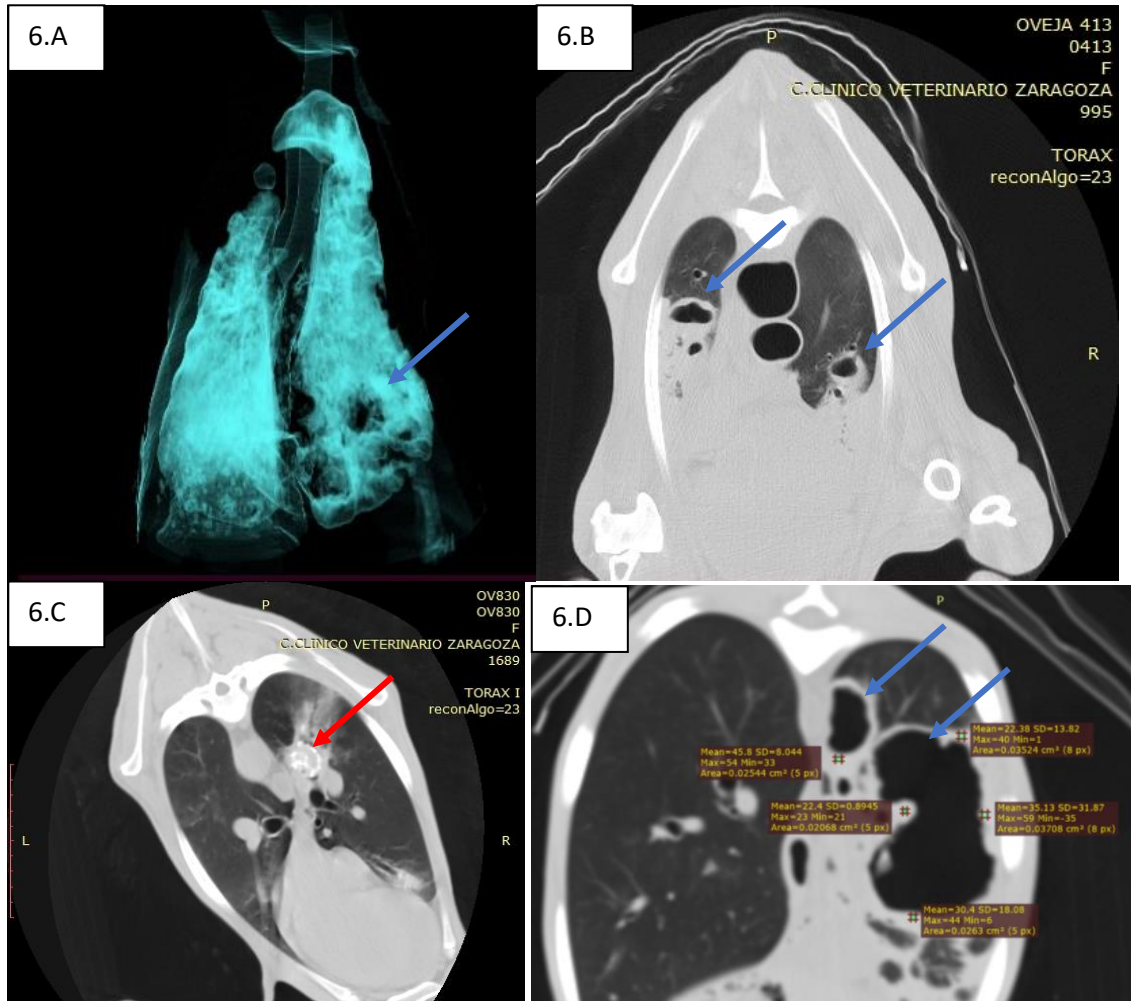


Figura 6: (A) Vista dorsal 3D con filtro de vías aéreas de torax de un ovino, se aprecia una zona ausente de aire correspondiente a la neumonía gangrenosa. (B) Corte axial del torax de un ovino, se observan dos cavernas llenas de aire (flecha azul). (C) Corte axial del torax de un ovino, se observa una caverna llena de contenido purulento, con posibles mineralizaciones del contenido, en el pulmon derecho (flecha roja). (D) Corte axial de torax de ovino, con dos cavidades llenas de aire, se indica de donde se han recogido las UH.

## Neumonía verminosa o granulomatosa

Los vermes pulmonares de los rumiantes son grandes nematodos como *Dictyocaulus* spp. y diferentes géneros de protostrongilidos, como *Muellerius*, *Neostrongylus*, *Cystocaulus* y *Protostrongylus* (Ventura, J. A. 2018). En España las temperaturas medias y la humedad ambiental son óptimas para la supervivencia de muchos parásitos, como los parásitos de la familia *Protostrongylidae*, además el sistema de pastoreo facilita mucho la infección de estos parásitos (López, 2011).

Las infecciones ovinas normalmente son asintomáticas, pero en las infecciones masivas causan pérdida de peso, incremento de la mortalidad y alteración del intercambio del gas pulmonar, así como disnea, taquipnea y descarga nasal (López, 2011).

En la necropsia, la localización de las lesiones en los pulmones es en los lóbulos caudales y se diseminan principalmente en el parénquima subpleural dorsal. Cuando el parásito que afecta al animal es el *Muellerius*, se ven lesiones nodulares, firmes y grises a veces incluso volviéndose negras, cuando el parásito que afecta es el *Protostrongylus* las lesiones macroscópicas consisten en la congestión extensa de los bronquios y dan color de rojo oscuro a gris (Panayotova-Pencheva y Alexandrov, 2010) y cuando el parásito que afecta es *Dictyocaulus* spp. se localiza en la zona caudal del pulmón en los lóbulos diafragmáticos, los bronquios contienen masas de parásitos mezclados con exudado espumoso además genera una oclusión localizada del árbol bronquial con atelectasia (Hernández y Díaz, 2022).

En la tomografía computarizada se observan zonas con un aumento de espesor, más hiperdensas en las zonas que se localiza el parásito (fig. 7.B.C). Siendo normalmente las localizadas en las áreas caudales y diafragmáticas los afectados por *Dictyocaulus* y los de la zona dorsal pulmonar los afectados por *Protostrongylus* (Ferrer et al., 2020).

Se cogieron las medidas de dos animales, de la zona central de la zona hiperdensa que crea el parásito y las UH recogidas rondaban entre -100 y -300 (fig. 7.A).

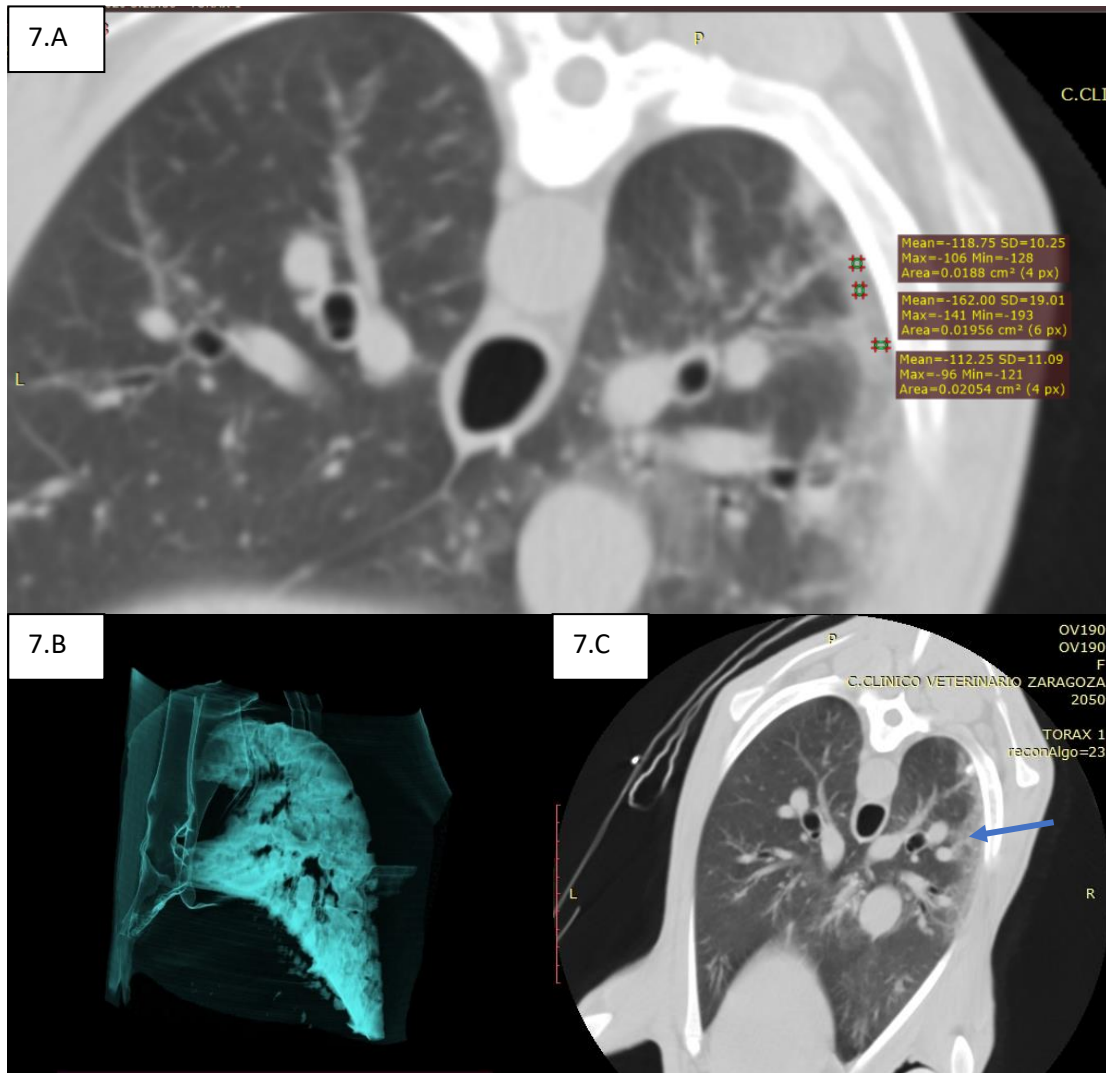


Figura 7: (A) Corte axial del tórax ovino, se observan zonas de medida de UH en la zona central de la lesión creada por el parásito (B) Vista lateral 3D con filtro de vías aéreas del tórax de un ovino, se observa área de color negro, en la superficie pulmonar, por la ausencia de aire por la presencia de nódulos. (C) Corte axial del tórax ovino, se observa áreas hiperdensas en el parénquima dorso-lateral del pulmón derecho (flecha azul).

### **Abscesos pulmonares por *Corynebacterium pseudotuberculosis***

La linfadenitis caseosa es una patología causada por *Corynebacterium pseudotuberculosis* y se presenta de dos formas distintas; la forma superficial y la visceral. La forma superficial se caracteriza por afectar principalmente a los animales más jóvenes y desarrollarse abscesos en los linfonodos más superficiales; la forma visceral, en cambio, afecta a los animales más adultos y los abscesos se desarrollan en los linfonodos internos (Lacasta, D. et al, 2019). La prevalencia de esta enfermedad depende de los factores ambientales como la pobre higiene, el tamaño del rebaño, el alojamiento de este y las heridas que puedan tener en la piel (Burmayan y Brundage, 2021).

La forma visceral es más difícil de detectar clínicamente, a nivel respiratorio se detecta disnea y tos seca, y progresivamente el animal pierde peso y ocasionalmente provoca timpanismo ruminal recurrente crónico (Lacasta, D. et al, 2019). Además de provocar el deterioro en la condición física del animal, hace que haya desórdenes reproductivos y pérdida en la producción de leche, carne y lana, haciendo que se decomisen las canales y cree grandes pérdidas económicas (Rodríguez et al, 2021). Esta patología también puede dar complicaciones como los abortos, las infecciones recurrentes y ocasionalmente la muerte (Burmayan y Brundage, 2021).

En la necropsia se ven afectados los linfonodos internos, tanto del hígado como del riñón, pero sobre todo y los que más clínica dan son los linfonodos del mediastino e incluso el parénquima pulmonar, que se ven aumentados de tamaño y piogranulomatosos (Lacasta et al, 2019).

Con la tomografía computarizada se puede localizar el absceso producido por la linfadenitis caseosa, esta suele ser de forma redondeada e hiperdenso (fig. 8.B.C). A veces, alrededor del absceso se ve el tejido de más afectado y dentro de este una mineralización (fig. 8.A) (Castells et al., 2019).

Para el análisis de UH se han utilizado ocho animales, de los cuales cuatro de ellos tenían el centro calcificado, dos estaban en proceso de calcificarse y los dos restantes todavía no tenían calcificaciones en el linfonodo mediastínico. Para el análisis se midieron las UH de la zona más externa y no calcificada del linfonodo y para hacer la comparativa se

analizó también la zona central calcificada, dando así un rango entre 10 y 60 en la zona externa y un rango entre 150 y 600 en la zona central calcificada y entre 100 y 200 en la zona en proceso de calcificación (fig. 8.D).

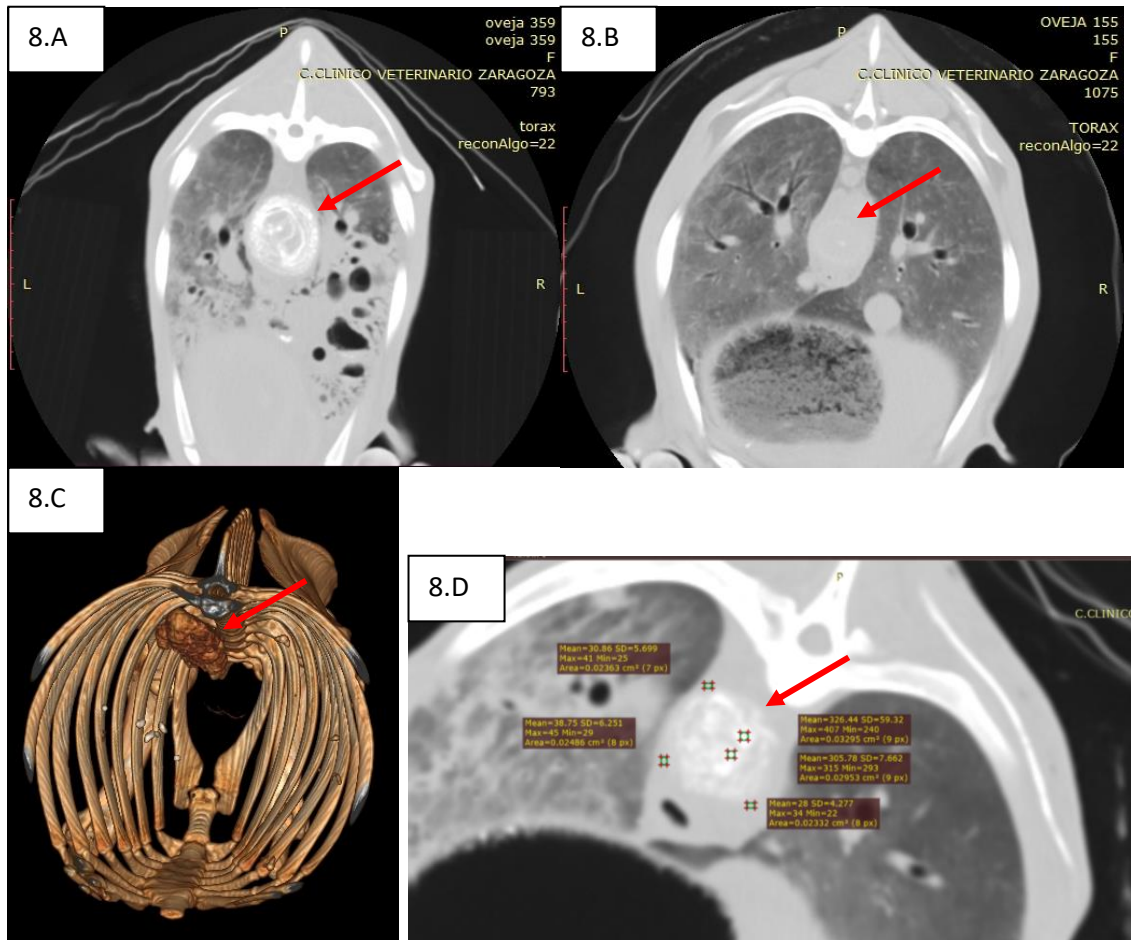


Figura 8: Corte axial del tórax ovino con una masa en la zona central (flecha roja). (A) Se observa una masa de límites definidos y calcificación central. (B) Se observa una masa de límites definidos sin calcificación central. (C) Corte axial 3D del tórax ovino, con una masa céntrica correspondiente al linfondo mediastínico. (D) Zona de recogida de medidas UH, en la zona externa del linfondo y céntrica.

## Adenocarcinoma Pulmonar Ovino (APO)

El adenocarcinoma pulmonar ovino es una neoplasia pulmonar contagiosa que afecta tanto a las cabras como a las ovejas. El agente causal de esta patología es el retrovirus jaagsiekte (JSRV) que induce a la transformación de la secreción de las células epiteliales del tracto respiratorio distal (Ortín et al., 2019). Tras esto, el pulmón es mucho más susceptible a contaminarse con otras bacterias oportunistas y secundarias y dar enfermedades respiratorias crónicas. Aunque muchos animales estén infectados con el JSRV solo una pequeña proporción desarrolla los tumores que se instauran en el pulmón.

Cuando el tumor es pequeño el animal no presenta signos clínicos, pero según va progresando los síntomas van apareciendo. Inicialmente, los animales afectados se les ve menos activos y letárgicos, más adelante se ve disnea y sonidos respiratorios húmedos a causa del acumulo de fluidos en el tracto respiratorio. En los estadios finales se ve una descarga nasal abundante cuando se le baja la cabeza al animal al levantar las extremidades posteriores, esta prueba se llama “descenso cefálico o prueba de la carretilla” y es muy característica de la patología (Ortín et al., 2019).

En la necropsia se ven lesiones macroscópicas mayoritariamente en los pulmones, pero a veces los ganglios linfáticos torácicos también se ven afectados. El APO tiene dos formas que se diferencian macroscópicamente; la clásica y la atípica. En cuanto al APO clásico, los pulmones aparecen agrandados y no se colapsan al abrir la caja torácica, la lesión neoplásica se localiza normalmente en la parte craneoventral del pulmón, estos se ven difusos o nodulares, de color gris o morados, no protruye en la superficie y la consistencia se ve aumentada. La superficie suele estar húmeda y sale liquido espumoso de los bronquios y bronquiolos, en los casos avanzados, el área afectada es de color blanco, muy sólido y dura como resultado de la fibrosis. El APO atípico tiende a ser más nodular y suele afectar más a los lóbulos diafragmáticos, son de color blanquecino y muy duros en consistencia, a la sección se ve muy delimitado del parénquima que lo rodea y su superficie es seca (De Las Heras y Sharp, 2003).

La tomografía computarizada da una imagen clara del tumor primario, con unos nódulos satélite que aparecen cuando la enfermedad llega a la fase metastática (fig. 9.A.B) (Ferrer et al., 2020).



Los datos de las unidades Hounsfield se tomaron de tres animales, se cogieron medidas del tumor primario de la zona más externa de este y de los nódulos satélite, saliendo un rango entre -5 y -30 en la zona del tumor y entre -90 y -200 en la zona metastásica (fig. 9.C).

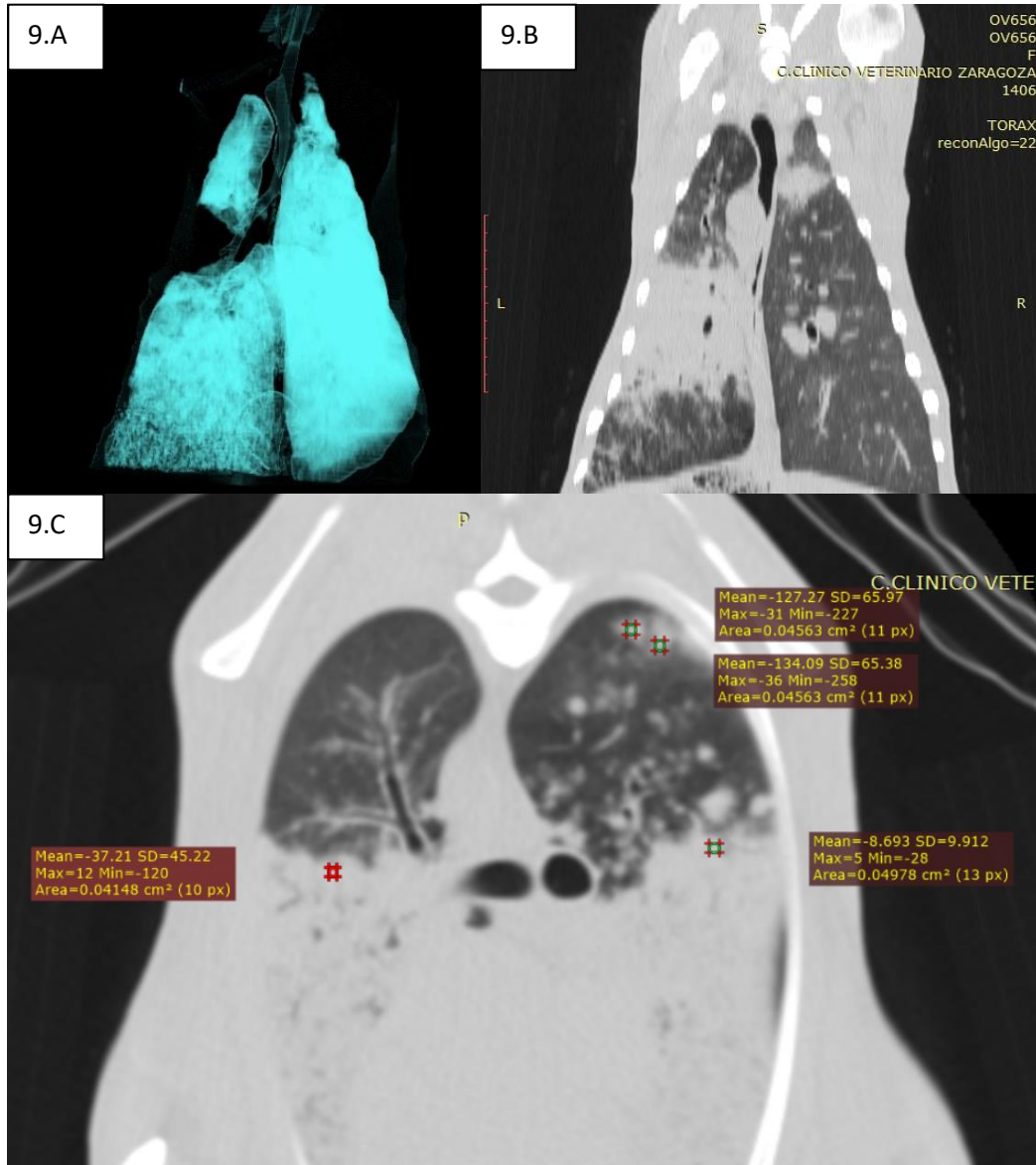


Figura 9: (A) Vista dorsal 3D con filtro de vías aéreas del tórax de un ovino, se observa una zona con ausencia de aire por presencia tumoral. (B) Corte coronal del tórax ovino, se observa en el pulmón izquierdo una zona hipodensa correspondiente al tumor principal. (C) Corte axial del tórax de un ovino, se observa la zona de recogida de UH en la zona más externa del tumor primario y de los nódulos satélite.

### Neumonía por *Mycoplasma* spp.

La neumonía y la pleuroneumonía debidas a infecciones por *Mycoplasma* spp. causan graves problemas de salud y pérdidas económicas notables en los pequeños rumiantes. Los rebaños afectados suelen tener alta morbilidad, baja mortalidad y unos portadores sanos que tienen gran importancia en la epidemiología de estos (Daee et al., 2019).

*Mycoplasma ovipneumoniae* es uno de los agentes causantes, ocasiona enfermedad crónica no progresiva que afecta a los ovinos y caprinos de todas las edades. La infección de *M. ovipneumoniae* provoca ciliostasis en las vías respiratorias, lo que da lugar a una neumonía polimicrobiana que incluye a las bacterias de la familia Pasteurellaceae (Dudek et al., 2022). El *M. ovipneumoniae* puede aislarse tanto en el pulmón como en la tráquea o las fosas nasales tanto de ovejas afectadas como sanas. Por otra parte, está *Mycoplasma arginini* que normalmente se aísla junto al anterior en caso de neumonías atípicas, pero todavía tiene un papel incierto en la etiología de la enfermedad.

Macroscópicamente en la necropsia se observa consolidación irregular con patrón lobulillar o lobar en los lóbulos pulmonares desde cráneo-ventrales a caudales. El color de las áreas consolidadas varia desde rojo oscuro a rosa grisáceo o gris. Además, en ocasiones se puede observar una fina capa de fibrina de color amarillo, impresiones de costillas en superficies costales de los lóbulos diafragmáticos y abscesos con pus (Daee et al., 2019).

Histológicamente, presentan una neumonía broncointersticial con engrosamiento del tejido intersticial entre los alveolos por infiltración de linfocitos y células plasmáticas o bronconeumonía desde purulenta hasta fribrinopurulenta, viéndose áreas de necrosis multifocal causadas por la cantidad de fibrina, neutrófilos y macrófagos en bronquios y alveolos (Daee et al., 2019).

Con la tomografía computarizada, se puede observar la neumonía intersticial asociada a *Mycoplasma* spp. el parénquima pulmonar homogéneo gris claro en la zona ventral, que corresponde a la zona sana del pulmón y más oscuro en la zona dorsal que corresponde a la zona afectada (fig. 10.B.C) (Ferrer et al., 2020).

Las unidades Hounsfield analizadas de un animal afectado indica la diferencia entre la zona sana y la zona afectada por la bacteria. Siendo la zona patológica una zona con

menos celularidad y en consecuencia con UH mucho más negativos y bajos, su rango es entre -750 y -820. A diferencia de la zona no patológica donde se alcanzan UH dentro de la normalidad de un pulmón sano, en este caso un rango entre -450 y -550 (fig. 10.A). Como en el caso de la lentivirus de los pequeños rumiantes, al tratarse de una neumonía intersticial los alveolos podrían retener el aire y por ello los valores saldrían más negativos que en un pulmón sano.

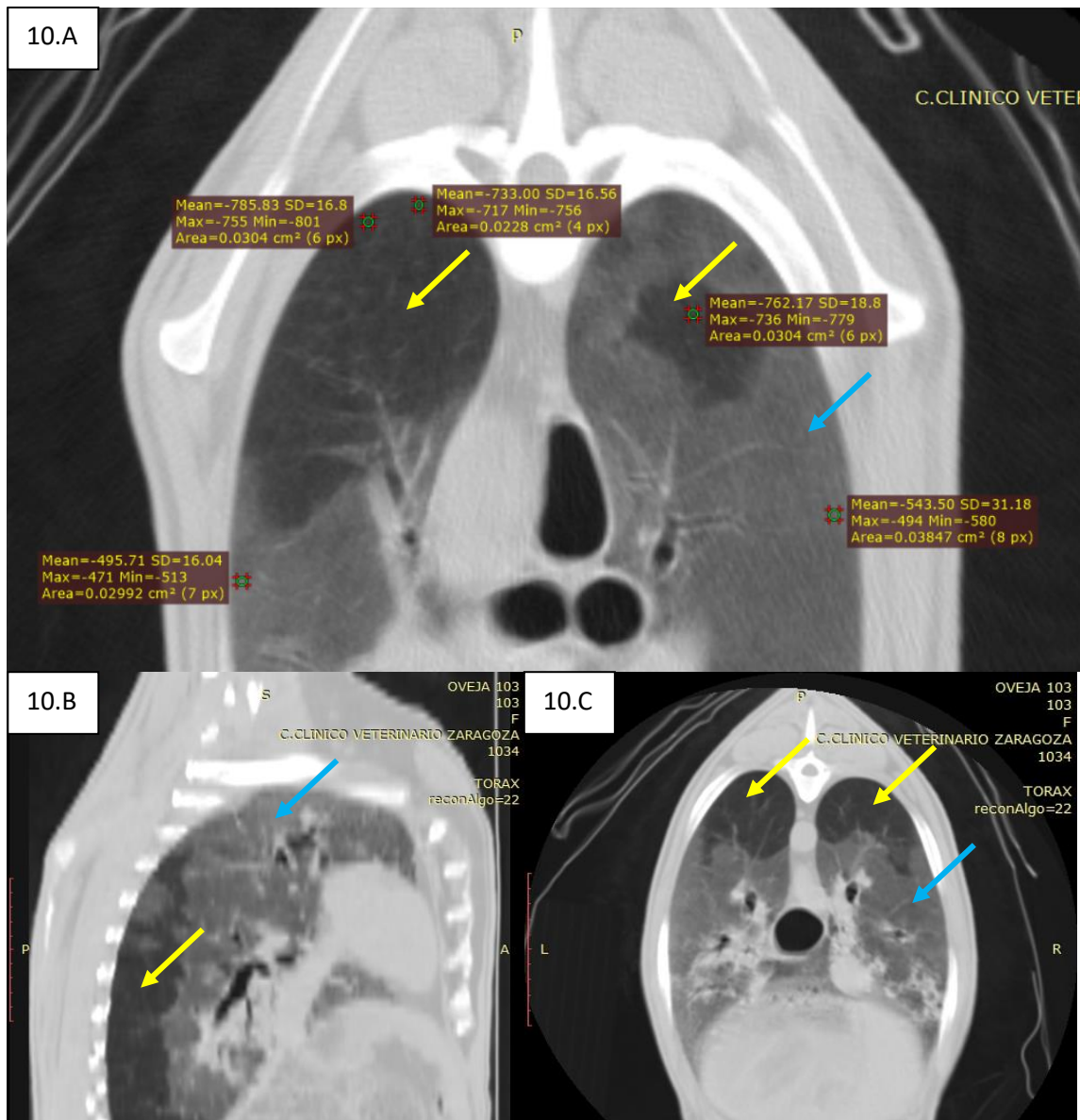


Figura 10: (A) Corte axial del tórax ovino, se observan las zonas donde se recogen las unidades Hounsfield en las zonas sanas y afectadas. (B) Corte sagital del tórax ovino, se diferencia una zona dorsal oscura correspondiente a la zona afectada (flecha amarilla) y una zona homogénea gris correspondiente a la zona sana (flecha azul). (C) Corte axial del tórax de un ovino, con la diferenciación de zonas afectadas y sanas.

## Hidatidosis pulmonar

La hidatidosis es una parasitosis zoonótica de distribución mundial, es el desarrollo de la fase larvaria de las especies de género *Echinococcus* en los distintos órganos de los hospedadores intermediarios que intervienen en el ciclo biológico, en el que entre ellos se destacan el ovino y el hombre. La especie más importante de todas las que se conocen es el *E. granulosus* (Tercero y Olalla, 2008).

El ciclo biológico del *E. granulosus* consiste en que los parásitos adultos se localizan en el duodeno de los hospedadores definitivos, que suelen ser los carnívoros como los perros. Las tenias fijadas en la mucosa intestinal eliminan huevos por las heces, contaminando prados y aguas. El huevo es ingerido por el hospedador intermediario y este atraviesa la pared intestinal pasando a los vasos linfáticos y distribuyéndose por los distintos órganos. Normalmente acaban en el hígado, pero su segunda localización más frecuente es el pulmón, una vez allí forman el quiste hidatídico sufriendo una vesiculación central. Dentro de los quistes se forman los protoescolex y en ese momento son infectantes para el hospedador definitivo, que se infectan al ingerir los quistes (Tercero y Olalla, 2008).

La infección es crónica y asintomática en los animales, cuando aparecen síntomas son inespecíficos incluso en infecciones masivas en pulmón e hígado. Lo único destacable es el descenso de producción cárnica y la modificación de la composición láctea (Sánchez et al., 2003).

*Post-mortem*, en el ganado ovino, encontramos un tipo de quistes vesiculares de forma globosa o subglobosa y dimensiones variables localizadas en hígado y pulmón (Sánchez, et al. 2003). Histológicamente, se caracteriza por diferenciarse tres distintas capas; una fina capa germinal interna, una capa laminada y una capa adventicia exterior, dentro de estas se encuentran los protoescoles. Algunos quistes pueden estar calcificados en las paredes o tener reacciones inflamatorias con presencia de eosinófilos. Además, se ve hiperplasia del epitelio bronquial y engrosamiento de las estructuras intersticiales pulmonares por infiltración pulmonar de linfocitos y macrófagos, alveolos atelectásicos cerca de los quistes y congestión de los vasos pulmonares con hemorragias en algunos tramos (Al Malki y Ahmed, 2021).

Mediante la tomografía computarizada, se pueden observar quistes múltiples, algunos de ellos calcificados y de varias etapas. La técnica es muy útil para visualizar el tamaño, perfil y forma exacta de los quistes (Mao et al., 2017). Los quistes se observan grisáceos u oscuros, esto es hipodensos, pero, en el momento en el que el parásito muere, se calcifican se vuelven más hiperdensos (fig. 11.B).

En cuanto a las UH analizadas de dos animales, se recogieron unos rangos entre -50 y -75 UH. La zona de recogida de datos era en la zona más externa de la lesión que crea el parásito (fig. 11.A).

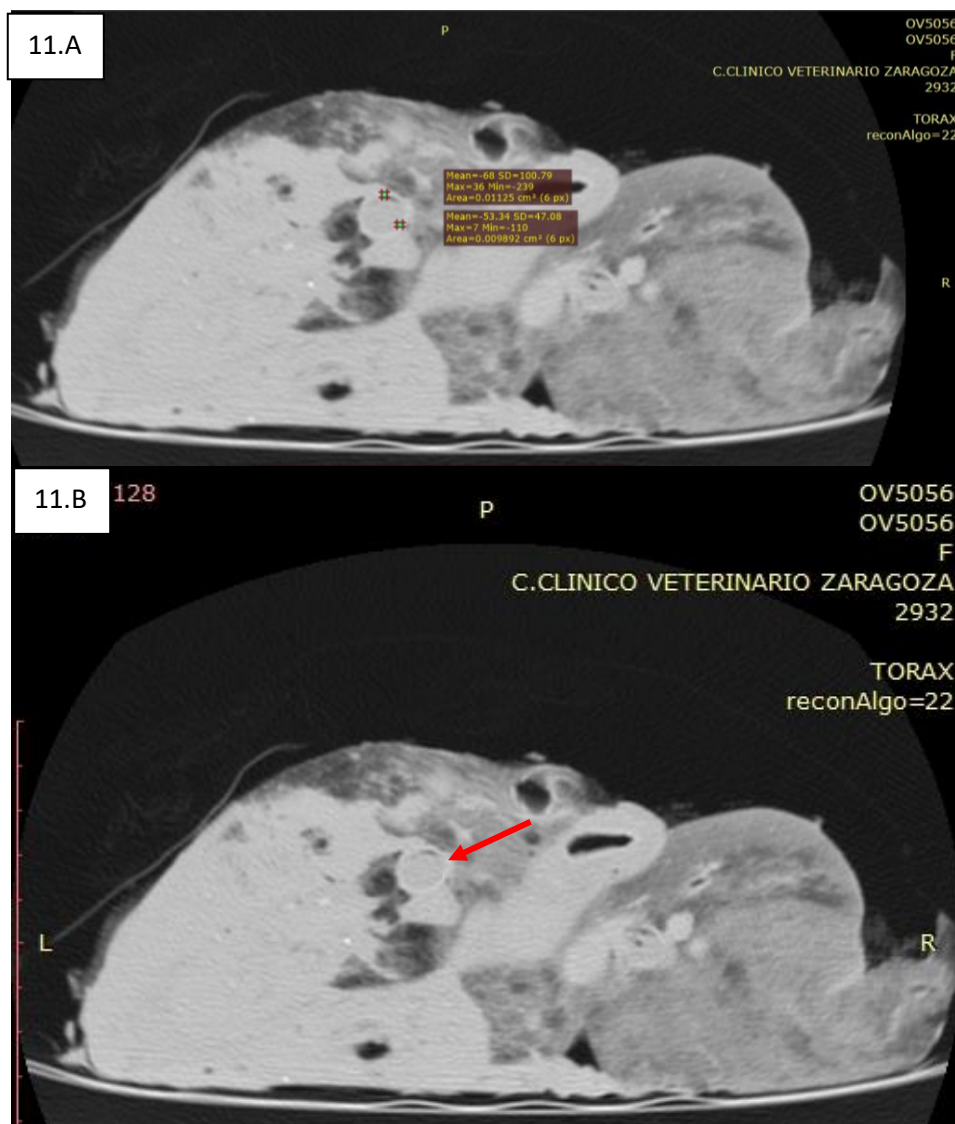


Figura 11: (A) Corte axial de un pulmón de ovino, se observa la zona de recogida de medidas de UH en la zona externa del quiste. (B) Corte axial de un pulmón de ovino, se observa un quiste grisáceo (flecha roja).

## Discusión

La correlación entre las unidades Hounsfield y la patología respiratoria es muy compleja, aunque en este estudio se haya conseguido demostrar que puede haber una diferencia significativa (tabla 1). Es fundamental elegir correctamente la zona de recogida de datos, ya que, pueden unos pocos centímetros cuadrados se pueden dar medidas muy distintas o valores muy dispares. Además, la evolución y la mayor o menor afección de la patología en el pulmón también puede alterar la medición, como se ha visto en la lentivirus de los pequeños rumiantes. Lo que demuestra que se deben recoger más datos de más animales afectados y de distintas zonas de la lesión.

Cabe destacar, que no se podría únicamente confirmar una patología por la medición de las unidades Hounsfield, ya que, es necesaria la coordinación con la exploración clínica anteriormente hecha y con la completa visualización en la imagen de TC.

En el estudio de Nakasu et al. (2019) se estudió el cambio numérico de las unidades Hounsfiels como predictor de crecimiento de los meningiomas humanos, se relacionó el cambio de UH con la tasa de crecimiento y patrón de crecimiento del tumor. Indicando el aumento de las UH como el inicio de la desaceleración del crecimiento, aun así, se observaron que puede haber muchos factores de calcificación que afectan a la medida de UH, como la celularidad, el contenido de agua y los lípidos, esto es la variación en componentes tisulares conducen a la variabilidad en la UH en cada tumor, a pesar de ello la progresión de la calcificación en cada tumor se asoció a un aumento de UH y una desaceleración del crecimiento. En el estudio de Wuschner et al. (2021) estudio el cambio de las unidades Hounsfield con la administración de radioterapia en cerdos y humanos con cáncer pulmonar, se vio que a medida que el contraste entraba por los vasos la medida de UH aumentaba y en cuanto se disipaba la UH bajaba. Se observo aumentos estadísticamente significativos del valor medio de UH en cada intervalo de dosis de los cerdos en el parénquima pulmonar no vascular, siendo más acusado en la zona donde se irradia más, mientras que en el pulmón no irradiado no se observaron cambios significativos. Según el estudio, no se conocen a fondo los procesos fisiológicos que representan el cambio de la UH, aun no se ha desarrollado, en los resultados se ve el cambio en la UH dentro y fuera de los vasos y parte de la respuesta.

PATOLOGIA	MINIMO	MAXIMO
Sano	-450	-550
CRO	40	60
Lentivirus	-400	-800
N. gangrenosa	20	50
N. verminosa	-100	-300
L. caseosa	10	60
APO	-5	-30
Mycoplasma	-750	-820
Hidraditosis	-50	-75

Tabla 1: Resumen de los rangos de unidades Hounsfield recogidos en todo el estudio.

## Conclusiones

Las conclusiones de este Trabajo de Fin de Grado son las siguientes:

1. La tomografía computarizada es una de las técnicas diagnósticas de imagen más útiles para obtener información acerca de los procesos de vías bajas respiratorias ovinas.
2. La TC es una técnica fuera del alcance de patologías individuales de animales de abasto, pero de alto valor en procesos que afectan a la colectividad, dando información de su diagnóstico y evolución de los diferentes procesos, mejorando el pronóstico y ayudando a elegir el mejor tratamiento.
3. En caso de los particulares que tengan estos animales de abasto como de compañía pueden estar dispuestos a abonar el valor de la TC por tener un diagnóstico y posible cura.
4. Las imágenes proporcionadas por la TC, los filtros y las reconstrucciones 3D muestran la localización exacta, extensión y tipo de tejido en las distintas patologías.
5. La medición de las unidades Hounsfield en cada una de las patologías da un nuevo enfoque al diagnóstico precoz y fiable, aunque todavía necesite muchos más estudios sobre ello.
6. La visualización de las UH junto a la visualización de las imágenes nos permite hacer diagnósticos fiables in vivo e incluso más certeros que las lesiones macroscópicas en casos tempranos de neumonías intersticiales por lentivirus y micoplasmosis.

## Conclusions

The conclusions of this final degree project are as follows:

1. Computed tomography is one of the most useful diagnostic imaging techniques for obtaining information about processes in the lower respiratory tract of sheep.
2. CT is a technique that may not be feasible for individual pathologies in large animals, but it holds significant value in cases affecting a group, providing diagnostic and progressive information. This aids prognosis and supports treatment decisions.
3. For owners who consider these animals as companions, they might be willing to cover the cost of a CT scan to attain a diagnosis and potential treatment.
4. The CT images, filters, and 3D reconstructions precisely depict the location, extent, and tissue type in various pathologies.
5. Measuring Hounsfield units within each pathology offers a novel approach to early and dependable diagnosis, although further research is required.
6. Combining the visualization of Hounsfield units with image examination enables reliable *in vivo* diagnoses, potentially surpassing macroscopic lesion identification, particularly in early cases of interstitial pneumonias caused by lentiviruses and mycoplasmosis.



## Valoración personal y agradecimientos

La tomografía computarizada es una técnica diagnóstica con la que no hemos trabajado demasiado a lo largo de la carrera y que poco a poco está tomando importancia en la medicina veterinaria. Este trabajo me ha permitido entender y visualizar con mayor soltura las imágenes de la TC, abrir una nueva forma de diagnóstico hasta ahora no trabajada en esta especie. Además de permitirme trabajar con esta técnica en un sector tan poco tecnificado como es el sector ovino, sector que hay que cuidar e intentar mejorar por aportar tanto en el mundo rural como en la sociedad.

Antes de nada, me gustaría agradecer a mi tutor Luis Miguel por la paciencia y el tiempo dedicado, a Kike, mi segundo tutor, por abrirnos cada miércoles sus puertas y permitirnos utilizar durante todos estos años su equipo de TC, sin ellos este trabajo no se podría haber realizado. Al SCRUM, por darme compañeros que se han convertido en verdaderos amigos, por hacer que me guste tanto el trabajo con estos animales y sobre todo por darme a la persona que desde estar entre ovejas se ha convertido en alguien muy importante.

Finalmente, gracias a mis amigos por hacer que esta carrera me guste más y más cada día, a mis compañeros de piso por soportarme en mis peores y mejores momentos y sobre todo a mis padres por darme la oportunidad de realizar esta carrera y por apoyarme en todo momento.

## Bibliografía

Al Malki, J., Ahmed, N. (2021) "*Epidemiological and histomorphologic studies in sheep infected with hydatid cyst in Taif area*". Saudi Journal of Biological Sciences, 29, pp. 886-893. Doi: [10.1016/j.sjbs.2021.10.017](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.017)

Biescas, E., Jirón, W, Climent, S., Fernández, A., Pérez, M., Weiss, D.T., Solomon, A., Lujan, L. (2009) "*AA Amyloidosis induced in sheep principally affects the gastrointestinal tract*". Journal of Comparative Pathology, 140, pp. 238-246. Doi: [10.1016/j.jcpa.2008.12.004](https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2008.12.004)

Burmayan, A., Brundage C.M. (2021) "*Caseous lymphadenitis outbreak in a small ruminant herd*". Open veterinary journal, 11, pp. 530-534. Doi: [10.5455/OVJ.2021.v11.i4.2](https://doi.org/10.5455/OVJ.2021.v11.i4.2)

Bushong, S.C. (2010). *Manual de radiología para técnicos*. Física, Biología y protección radiológica. Barcelona: Elsevier España.

Castells, E., Lacasta, D., Climent, M., Pérez, M., Sanromán, F., Jiménez, C., Ferrer, L.M. (2019) "*Diagnostic imaging techniques of de respiratory tract of sheep*". Small Ruminant Research, 180, pp. 112-126. Doi: [10.1016/j.smallrumres.2019.05.021](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.021)

Daeae, A.A., Khodakaram-Tafti, A., Derakhshandeh, A., Seyedin, M. (2019) "*Identification of Mycoplasma ovipneumoniae and Mycoplasma arginini in sheep with pneumonia in North East of Iran*". Iranian Journal of Veterinary Research, 21, pp. 15-19. Doi: [10.22099/IJVR.2019.34033.5036](https://doi.org/10.22099/IJVR.2019.34033.5036)

De Las Heras, M., González, L., Sharp, J.M. (2003). "*Pathology of Ovine Pulmonary Adenocarcinoma*". Jaagsiekte Sheep Retrovirus and Lung Cancer, pp. 25–54. doi:10.1007/978-3-642-55638-8\_2

Dudek, K., Sevimli, U., Migliore, S., Jafarizadeh, A., Loria, G.R., Nicholas, R.A.J. (2022) "*Vaccines for Mycoplasma Diseases of Small Ruminants: A Neglected Area of Research*". Pathogens, 11.75. Doi: [10.3390/pathogens11010075](https://doi.org/10.3390/pathogens11010075)

Ferrer, L.M., Ramos, J.J., Castells, E., Ruiz, H., Climent, M., y Lacasta, D. (2020) "*Use of Computed Tomography and Thermography for the Diagnosis of Respiratory Disorders in*

*Adult Sheep*". *Sheep Farming - An Approach to Feed, Growth and Health*. IntechOpen. Doi:10.5772/intechopen.92615.

García, P.M. (2015). *Evaluación anatomoclínica mediante tomografía computarizada en 100 perros presentados en EVAC (Estudios Veterinarios de Alta Complejidad), Facultad de Veterinaria de la U.B.A. (2000-2001)*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Hathcock, J.T., Stickle, R.L. (1993). "*Principles and Concepts of Computed Tomography*". *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 23(2), 399–415. Doi:10.1016/S0195-5616(93)50034-7

Hernández, M., Díaz, V. (2022). "*Verminosis pulmonar en pequeños rumiantes, descripción de la enfermedad, prevención, control y tratamiento*". *CienciaUAT*, 17 (1), 152-161. Doi: 10.29059/cienciauat.v17i1.1653

Kalogianni, A.I., Bossis, I., Ekateriniadou, L.V., Gelasakis, A.I. (2020). "*Etiology, Epizootiology and Control of Maedi-Visna in Dairy Sheep: A Review*". *Animals: an open access journal from MDPI*, 10(4). Doi: 10.3390/ani10040616.

Lacasta, D., Fernández, A., González, J.M., Ramos, J.J., Ortín, A., Ferrer, L.M. (2019) "*Gangrenous pneumonia, ovine respiratory complex and visceral form of caseous lymphadenitis: Relevance in lower respiratory tract disorders of adult sheep*". *Small Ruminant Research* 180, pp. 100-105. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.08.004

López, C.M., Fernández, G., Viña, M., Cienfuegos, S., Panadero, R., Vázquez, L., Díaz, P., Pato, J., Lago, N., Dacal, V., Díez Baños, P., Morrondo, P., (2011). "*Protostrongylid infection in meat sheep from Northwestern Spain: Prevalence and risk factors*". *Veterinary Parasitology*, 178, pp. 108–114. Doi: 10.1016/j.vetpar.2010.12.038

Lujan, L., Pérez, M., de Andrés, D., Reina, R. (2019) "*Pulmonary lentivirus infection in sheep*". *Small Ruminant Research*, 181, pp. 87-90. Doi: [10.1016/j.smallrumres.2019.05.006](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.006)

Mao, R., Qi, H., Pei, L., Hao, J., Dong, J., Jiang, T., Ainiwaer, A., Shang, G., Xu, L., Shou, X., Zhang, S., Wu, G., Lu, P., Bao, Y., Li, H. (2017) "CT Scanning in Identification of Sheep Cystic Echinococcosis". *BioMed Research International*, 2017, pp. 1-6. Doi: [10.1155/2017/4639202](https://doi.org/10.1155/2017/4639202)

Martín Gasch, C. (2022). *Estudio longitudinal de las tomografías computarizadas de la cabeza realizadas los casos clínicos recibidos en el SCRUM*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza 2022. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/119343?ln=es>

Minguijón, E., Reina, R., Pérez, M., Polledo, L., Villoria, M., Ramírez, H., Leginagoikoa, I., Badiola, J.J., García-Marín, J.F., de Andrés, D., Luján, L., Amorena, B., Juste, R.A. (2015) "Small ruminant lentivirus infections and diseases". *Veterinary Microbiology*, 181(1–2), pp. 75–89. Doi: 10.1016/j.vetmic.2015.08.007.

Mukasa-Mugerwa, E., Lahlou Kassi, A., Anindo, D., Rege, J.E.O., Tembely, S., Tibbo, M., Baker, R.L. (2000). "Between and within breed variation in lamb survival and the risk factors associated with major causes of mortality in indigenous Horro and Menz sheep in Ethiopia". *Small Ruminant Research* 37, pp. 1–12. Doi: 10.1016/S0921-4488(99)00152-2

Nakasu, S., Onishi, T., Kitahara, S., Oowaki, H., Matsumura, K. (2019) "CT Hounsfield unit a good predictor of growth in meningiomas". *Neurol Med Chir*, 59 (2), pp. 54-62. Doi: 10.2176/nmc.oa.2018-0209

Nash, M. L., Hungerford, L.L., Nash, T.G., Zinn, G.M. (1997). "Risk factors for respiratory disease mortality in Lambs". *Small Ruminant Research*, 26, pp. 53–60. Doi: 10.1016/S0921-4488(96)00987-X

Navarro, T., Ramos, J.J., Ruíz de Arcaute, M., González, J.M. (2019) "Predisposing factors inducing ovine respiratory complex in intensive -reared lambs". *Small Ruminant Research*, 180, pp. 106-111. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.07.013.

Ortín, A., De las Heras, M., Borobia, M., Ramo, M.A., Ortega, M., Ruíz de Arcaute, M. (2019) "Ovine pulmonary adenocarcinoma: A transmissible lung cancer of sheep,

difficult to control". *Small Ruminant Research*, 176, pp. 37-41. Doi: [10.1016/j.smallrumres.2019.05.014](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.014)

Ortíz Marzo, M. T. (2019). *Tomografía computarizada en ovino. Propuesta de protocolo anestésico*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza 2019. Disponible en <https://zaguan.unizar.es/record/86875?ln=es#>

Panayotova-Pencheva, M.S., Alexandrov, M.T. (2010). "Some pathological features of lungs from domestic and wild ruminants with single and mixed protostrongylid infections". *Veterinary Medicine International*. Doi: 10.4061/2010/741062

Ramírez Giraldo, J.C., Arboleda, C., McCollough, C.H. (2008). "Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad". *Revista Ingeniería Biomédica*, 2 (4), pp. 54-56.

Rodríguez, M. C., Montes de Oca, R., Varela, J.A. (2021) "Linfadenitis caseosa: factores de virulencia, patogénesis y vacunas. Revisión". *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. Doi: [10.22319/rmcp.v12i4.5699](https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5699)

Sanchez, C., Quilez, J., del Cacho, E., López, F. (2003) "Hidatidosis". En: Sanchez, M.C. (Coord.). *Enfermedades parasitarias del ganado ovino y caprino*. Barcelona, pp. 81-85.

Tercero, M.J., Olalla, R. (2008) "Hidatidosis. Una zoonosis de distribución mundial". *Offarm*, 27 (9), pp 88-94.

Tibbo, M., Mukasa-Mugerwa, E., Woldemeskel, M., Rege, J. E. O. (2003). "Risk Factors for Mortality Associated with Respiratory Disease among Menz and Horro Sheep in Ethiopia". *The Veterinary Journal*, 165, pp 276-287. Doi: 10.1016/S1090-0233(02)00184-3

Ventura, J.A. (2018). *Estudio clínico, etiológico y anatomopatológico de las principales patologías respiratorias en ganado ovino adulto*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/76680?ln=es>

Wuschner, A.E., Wallat, E.M., Flakus, M.J., Shanmuganayagam, D., Meudt, J., Christensen, G.E., Reinhardt, J.M., Miller, J.R., Lawless, M.J., Baschnagel, A.M., Bayouth,

J.E. (2021). *“Radiation-induced Hounsfield unit change correlates with Dynamic CT perfusion better than 4DCT-based ventilation measures in a novel-swine model”*. Scientific Reports, 11. Doi: 10.1038/s41598-021-92609-x