



TESIS DOCTORAL

Efectividad de los sistemas de formación multimedia para el aprendizaje de la exploración ecográfica abdominal en la especie canina

Blanca Fernández Tomé

Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura

Conformidad de los Directores:

Fdo. Dr. Rafael Barrera Chacón

Fdo. Dra. Idoia Díaz-Güemes
Martín-Portugués

Fdo. Dr. Jesús Usón Gargallo

2015

*“Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo,
involúcrame y lo aprendo.”*

Benjamin Franklin

A mi familia,

*Gracias a todos por mostrarme cada día la mejor
perspectiva de la vida.*

Agradecimientos

Al Dr. Jesús Usón Gargallo, director de esta Tesis, por confiar en mi cada día, por enseñarme que la sencillez junto con la constancia y el esfuerzo son claves para el éxito.

Al Dr. Francisco Miguel Sánchez Margallo, por confiar en mi para poder realizar esta Tesis Doctoral y apoyarme en mi trabajo.

A la Dra. Idoia Díaz-Güemes, directora de esta Tesis, por apoyarme y enseñarme tantas cosas durante estos años. Por estar siempre ahí como coordinadora y compañera ayudándome cada día.

Al Dr. Rafael Barrera Chacón, director de esta Tesis, por confiar en este proyecto y ofrecer su tiempo para que este trabajo floreciera.

A la Fundación Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, por estos cuatro años de beca gracias a la cual ha sido posible la realización de esta Tesis.

A mis compañeros de la Unidad de Laparoscopia, Silvia, Laura Correa, Fran, Miguel, Belén, Marina y Javier por ser mis compañeros y amigos, ayudándome durante todos estos años. Y especialmente a Laura Hernández y mis antiguos compañeros Ana y Álvaro con los que he crecido, tanto en lo profesional, como en lo personal durante estos años.

A todos los participantes de este estudio por su colaboración, ya que sin ellos no se hubiese podido realizar este trabajo. Especialmente a los alumnos de Grado de Veterinaria de la Facultad de Cáceres por ofrecerse, de forma voluntaria a la realización de este trabajo en su tiempo libre.

A los médicos colaboradores y profesores de los cursos de formación en cirugía laparoscópica, por su experiencia y conocimientos transmitidos. Con cariño a los alumnos que confían en nosotros para formarse, siendo una motivación en el día a día.

Con cariño a todos mis compañeros del CCMIJU por ser los culpables de sacarme una sonrisa en cada momento. Sinceramente a todos los que me habéis ofrecido vuestro apoyo, aguantándome y ayudándome estos años. Con afecto especial para Ferni, Raquel, Joaquín, Helena, David, Juan, Patri, Sara, Irene, Alberto, Eva, Óscar, Iván, Pilar y Javier. Es un placer compartir cada día con vosotros.

A Juan José y a Eva de la empresa Citec-B por hacer posible este trabajo. Muchas gracias.

Al departamento de ilustración del CCMIJU por realizar las ilustraciones de esta tesis.

A mis amigos de la vida, a todos los que en algún momento del camino me habéis ofrecido y ofrecéis momentos imborrables: Jorge, Cristina, Patri, Laura, Noelia, Juan, Marta, Irene, Florie, Roopie, Celia, Lolo, Shirley, Julia... daros todos por aludidos. En general a todos aquellos que se cruzan y han cruzado conmigo, y que de una forma u otra, han aportado parte de su energía en la elaboración de esta Tesis.

Sinceramente, muchas gracias.

Abreviaturas

- (2D)** 2 dimensiones
- (3D)** 3 dimensiones
- (4D)** 4 dimensiones
- (ACVR)** Del inglés *American College of Veterinary Radiology* (Colegio Americano de Radiología Veterinaria)
- (ANOVA)** Análisis de la varianza
- (App)** Del inglés *application* (aplicación)
- (AVEPA)** Asociación de Veterinarios Españoles Especialistas en Pequeños Animales
- (AVP)** Del inglés *Advanced Veterinary Practitioner* (Certificados en prácticas avanzadas en Veterinaria)
- (b-learning)** Del inglés *blended learning* (aprendizaje combinado)
- (°C)** grados centígrados
- © Del inglés *copyright* (derechos de copia, derechos de autor)
- (CCMIJU)** Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón
- (CD)** Del inglés *Compact Disc* (disco compacto)
- (CE)** Del francés *Conformité Européenne* (Conformidad Europea)
- (Cert)** Del inglés *certificate* (certificado)
- (CITEC-B)** Centro de Imagen y Tecnología del Conocimiento Biomédico
- (cm)** Centímetro
- (CVDi)** Del inglés *Certificate in Veterinary Diagnostic imaging* (Certificados en Diagnóstico por Imagen Veterinaria)
- (DI)** *Diagnostic Imaging* (Diagnóstico por Imagen)
- (Dipl)** Diploma
- (DS)** Desviación estándar
- (DVD)** Del inglés *Digital Versatile Disc* (Disco Versátil Digital)
- (ECVDI)** Del inglés *European College of Veterinary Diagnostic Imaging* (Colegio Europeo de Diagnóstico por Imagen Veterinaria)
- (e-learning)** Del inglés *electronic learning* (aprendizaje electrónico)
- (ESAVS)** Del inglés *European School for Advanced Veterinary Studies* (Colegio Europeo de Estudios Avanzados en Veterinaria)
- (ESVPS)** Del inglés *European School of Veterinary Postgraduate Studies* (Escuela Europea de Estudios de Postgrado Veterinario)
- (et al)** Del latín *et alii* (y otros)
- (FAST)** Del inglés *Focussed Assessment with Sonography for Trauma* (valoración ecográfica focalizada en el traumatismo de urgencias)
- (GP)** Del inglés *General Practitioner* (médico generalista)
- (ISBN)** Del inglés *International Standard Book Number* (Número de Libro Estándar Internacional)
- (IVUSS)** Del inglés *International Veterinary Ultrasound Society* (Sociedad Internacional de Ecografía Veterinaria)
- (kg)** Kilogramo
- (kHz)** Kilohercio
- (m)** Minuto
- (MHz)** Megahercio
- (MIR)** Médico Interno Residente
- (mm)** Milímetro
- (NS)** No significativo
- (p)** Nivel de significación
- (PC)** Del inglés *personal computer* (ordenador personal)
- (QR)** Del inglés *Quick Response code* (código de respuesta rápida)
- ® Del inglés *registred trademark* (marca registrada)

(RCVS) Del inglés *Royal College of Veterinary Surgeons* (Colegio Real de Cirujanos Veterinarios)

(RD) Real Decreto

(RMN) Resonancia Magnética

(s) Segundo

(SPSS) Del inglés *Statistical Product and Service Solutions* (Producto de Estadística y Soluciones de Servicio)

(TAC) Tomografía Computerizada

(TCAM) Teoría Cognitiva sobre el aprendizaje multimedia

(TCC) Teoría de la Carga Cognitiva

(TCD) Teoría de la Codificación Dual

(™) Del inglés *trademark* (marca)

(UAB) Universidad de Barcelona

(UAX) Universidad Alfonso X el Sabio

(UCM) Universidad Complutense de Madrid

(UCO) Universidad de Córdoba

(UCV) Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir

(UCHCEU) Universidad de Valencia Cardenal Herrera CEU

(UEX) Universidad de Extremadura

ULPGC (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)

(UM) Universidad de Murcia

(UNILEON) Universidad de León

(UNIZAR) Universidad de Zaragoza

(USC) Universidad de Santiago de Compostela

Índice

INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
Formación y acreditación en ecografía	6
Herramientas de formación complementaria	9
<i>Simuladores</i>	9
<i>Aprendizaje electrónico o e-learning</i>	13
Aprendizaje a través de los sistemas multimedia	16
MATERIAL Y MÉTODO	23
MATERIAL	23
Herramientas didácticas	24
Herramienta de formación interactiva para <i>PC</i>	24
Herramienta de formación en formato <i>Microsoft Power PointTM</i>	28
Herramienta de formación interactiva en formato <i>Libro digital</i>	30
Herramienta de formación tradicional en formato <i>Documento impreso</i>	33
Simulador físico <i>ex vivo</i>	36
MÉTODO	38
Justificación del método	38
Sujetos y grupos de estudio	38
Selección de los participantes	38
Selección de las herramientas empleadas para el aprendizaje	38
Métodos de evaluación	39
Selección del método de evaluación del ejercicio práctico en simulador físico <i>ex vivo</i>	40
Metodología	40
Grupos de estudio	40
Diseño experimental	41
Estudio estadístico	45

RESULTADOS	47
Datos demográficos	47
Resultados de la evaluación de retención.....	50
A. Evaluación global	50
B. Evaluación por bloques de preguntas.....	52
Resultados de la prueba de transferencia	64
Resultados de la evaluación aparente de las herramientas de formación empleadas.....	65
Resultados sobre la opinión de los alumnos respecto a las mejoras que se deberían realizar en la “herramienta de formación empleada”	67
Resultados sobre la opinión de los alumnos en el empleo de herramientas multimedia en la formación	69
DISCUSIÓN	71
CONCLUSIONES	83
RESUMEN-SUMMARY	85
BIBLIOGRAFÍA	89
TRABAJOS MÁS RELEVANTES DE DOCTORANDO	101
ANEXOS	109

Introducción

En la actualidad, la ecografía se considera una prueba complementaria básica en el ámbito clínico de la Medicina Humana y Veterinaria. Esta herramienta diagnóstica presenta numerosas **ventajas**, entre las que destacan su capacidad no invasiva, en otras palabras, que no emite radiación ionizante perjudicial para el paciente y que es una herramienta diagnóstica segura e indolora. Otra ventaja a destacar es la capacidad de captura y de análisis morfológico y funcional a tiempo real de las imágenes obtenidas (Penninck 2008).

Por el contrario, presenta **inconvenientes** importantes que residen, fundamentalmente, en factores asociados a su aprendizaje. En primer lugar, requiere una prolongada curva del aprendizaje, necesaria para la adquisición de las habilidades precisas para llevar a cabo una exploración ecográfica de forma correcta (Hoppmann, Rao *et al.* 2011). En segundo lugar, esta técnica es operador-dependiente, por lo que la fiabilidad del diagnóstico depende de la experiencia del clínico que la realiza, lo que condiciona el diagnóstico (Blum, Rieger *et al.* 2013). Y finalmente, la dificultad que existe para acceder a una formación reglada, debido a las limitaciones que presentan los planes de estudio del Grado en Veterinaria y la falta de regulación de la mayoría de programas de formación existentes.

Evidentemente, esto último no significa que no existan cursos con programas de alto nivel, como por ejemplo el diploma ofertado por el “Colegio Europeo de Diagnóstico por Imagen Veterinaria” (ECVDI); sin embargo, no están al alcance de la mayoría de los veterinarios.

Hoy día, el desarrollo de las tecnologías y su creciente incorporación como herramientas de formación ha dado lugar a que los sistemas multimedia de aprendizaje estén cada vez más presentes en la formación académica especializada, instaurándose cada vez más en las Ciencias Biomédicas (Short 2002). Este nuevo concepto de aprendizaje “*e-learning*” (del inglés “*electronic learning*”) representa un verdadero cambio en el paradigma de la formación tradicional y a distancia.

En ecografía para Medicina Humana existen varias herramientas complementarias a la formación tradicional. Actualmente es posible encontrar simuladores físicos (Chao, Chen *et al.* 2013) y virtuales (Jelacic, Bowdle *et al.* 2013); así como una cada vez más frecuente integración de los sistemas *e-learning* (Cuca, Scheiermann *et al.* 2013). Independientemente de sus características, es importante destacar que todas estas herramientas necesitan **un proceso de validación** previo que garantice su eficacia docente (Stather, MacEachern *et al.* 2012).

En cuanto al empleo del *e-learning*, en Medicina Veterinaria es posible encontrar este tipo de herramientas multimedia en especialidades como radiología (Hecht, Adams *et al.* 2013), anatomía (Van Ginneken y Vanthourout 2005) y salud animal (Alessandrini, D’Albenzio *et al.* 2012). Sin embargo, según nuestros datos sólo hay constancia de dos artículos en los que se utiliza un simulador computarizado para aprender los principios físicos de la ecografía, del cual no existen estudios de validación o de comparación con otro tipo de métodos de aprendizaje (Wood, Dadd *et al.* 1996, Wood, Lublin *et al.* 2000).

Así pues, en este trabajo se llevará a cabo **en primer lugar**, la **evaluación de la capacidad de retención** de los conocimientos teóricos adquiridos con el uso de dichas herramientas. **En segundo lugar**, se realizará una **prueba de competencias**, evaluando la transferencia de los conocimientos adquiridos a través de la ejecución de diferentes procedimientos ecográficos, empleando un simulador físico *ex vivo*. Finalmente, **en tercer lugar**, se **validarán** los diferentes sistemas docentes y se realizará una comparación entre ellos para determinar cuál es el más eficaz.

La hipótesis de este trabajo se fundamenta en que la utilización de las herramientas docentes multimedia facilitará a los estudiantes del Grado de Veterinaria adquirir los conocimientos básicos de ecografía en cuanto a la exploración abdominal de la especie canina. En concreto, mejorando la interpretación de las imágenes ecográficas, empleando correctamente la terminología específica, identificando los cortes anatómicos y ejecutando del protocolo de exploración ecográfica abdominal). Además creemos que el empleo de herramientas multimedia reducirá la curva de aprendizaje de este método diagnóstico.

Los objetivos propuestos han sido los siguientes:

1. Determinar si las herramientas multimedia favorecen en mayor medida el aprendizaje de los fundamentos básicos de la ecografía con respecto al sistema tradicional impreso.
2. Determinar si las herramientas multimedia son más eficaces que el sistema tradicional impreso para la asimilación del protocolo de exploración ecográfica abdominal del perro y la ejecución de determinados ejercicios de exploración ecográfica sobre un simulador *ex vivo*.
3. Determinar qué herramienta favorece en mayor medida el aprendizaje de la ecografía básica Veterinaria.
4. Determinar qué herramienta es más eficaz para la ejecución de una exploración básica en un simulador *ex vivo*.
5. Determinar si los ejercicios realizados en el simulador físico *ex vivo* permiten diferenciar el grado de experiencia en ecografía del operador.

Revisión Bibliográfica

La ecografía o ultrasonografía consiste en la emisión de ultrasonidos a través de una sonda que, al chocar con tejidos de diferentes densidades, emite ecos que son recogidos de nuevo por la sonda y representados como una imagen de puntos de brillo (Nyland 2002). Los ultrasonidos fueron descubiertos por primera vez por el biólogo *L. Spallanzani* (1794), al estudiar las ondas sonoras utilizadas por los murciélagos para capturar presas. Posteriormente, el físico *A. Doopler* (1842) estudió los cambios de frecuencia emitidos por una fuente en movimiento. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XIX, cuando los hermanos *Curie* (1881) descubrieron el efecto piezoeléctrico de los cristales de cuarzo, los cuales, al ser sometidos a una corriente alterna, vibran y son capaces de generar y captar ultrasonidos.

Hubo que esperar hasta principios del siglo XX para que este último descubrimiento se tradujera en el desarrollo del primer generador de ultrasonidos por parte de *L. Langevin* y *C. Chilowsky* (1917). Su aplicación en el campo de la Medicina vino de la mano de los hermanos *Dussik* (1942), los cuales demostraron que podía emplearse como herramienta para la visualización de tumores cerebrales (Newman 1998). Actualmente, las aplicaciones tecnológicas del ultrasonido son numerosas, destacando su aplicación como técnica diagnóstica en Medicina Humana y Veterinaria (Miesner 2013, Cikes, Tong *et al.* 2014), así como para la medición de distancias y espesores (Branca, Sciuto *et al.* 2012), el control de procesos de calidad, la descontaminación en la industria (Bilek 2013), la detección de defectos en materiales (Flynn 2011), el sondeo del lecho marítimo (Shu-fen, Chong *et al.* 2009), el control de cardúmenes en biología (Gregory 2003), el reconocimiento de objetos y las localizaciones arqueológicas (Jiménez 2005).

Las mejoras en la tecnología en el ámbito de la ecografía, tales como la reducción de tamaño de los ecógrafos, su facilidad de manejo y su portabilidad, han fomentado que sea una herramienta cada vez más instaurada en la clínica diaria. En la actualidad, la ultrasonografía se utiliza en diferentes especialidades médicas ofreciendo una gran variedad de aplicaciones diagnósticas y de tratamiento, mejorando así la calidad en el cuidado de pacientes (Kessler y Bhandarkar 2010).

En cuanto a la aplicación de la ecografía en Veterinaria, sucede algo similar que en la Medicina Humana, fundamentalmente debido a las innumerables ventajas que aporta frente a otros métodos de exploración. Las ventajas más destacadas son su capacidad no invasiva, al no producir ninguna lesión, y la de no emitir radiación ionizante perjudicial para el paciente, constituyendo una herramienta diagnóstica segura e indolora. Otra ventaja a destacar de estos dispositivos es su capacidad de captura y análisis morfológico y funcional a tiempo real de las imágenes obtenidas (Penninck 2008). Además, presenta mayor accesibilidad económica y disposición de modelos portátiles que otros métodos de diagnóstico por imagen (RMN y TAC). Por otro lado, la mejora en la calidad de la imagen facilita al clínico la ejecución de la exploración ecográfica de forma rápida y sencilla, aumentando cada vez más los márgenes de fiabilidad del diagnóstico (Boysen y Lisciandro 2013).

En Veterinaria, el ámbito de aplicación más frecuente es la medicina de urgencias, principalmente para la exploración y evaluación del paciente politraumatizado. Esta aplicación es lo que se conoce como valoración ecográfica focalizada en el traumatismo de urgencias

(*Focussed Assessment with Sonography for Trauma, FAST*) que desembarcó en Veterinaria después de obtener resultados muy positivos en Medicina Humana (Heller 1997, Heller and Melanson 1997). Su objetivo primordial es la exploración protocolizada para detectar la presencia de fluido libre en cavidad abdominal, pericárdica y pleural. De este modo, el clínico obtiene una información muy valiosa para poder dar respuestas determinantes y llevar a cabo la decisión más idónea en cuanto al tratamiento médico o quirúrgico del paciente (Boysen y Lisciandro 2013).

Así como la ultrasonografía tiene una gran importancia en medicina de urgencias, otras especialidades como la obstetricia se benefician de esta herramienta diagnóstica, fundamentalmente en el diagnóstico de gestación, la monitorización fetal, la detección de partos distócicos y seguimiento del puerperio.

Por otro lado, también es un método diagnóstico inmejorable, ya que permite la obtención de muestras de tejido y de colecciones de líquido para estudios citológicos, histológicos o microbiológicos a través de la punción ecoguiada (Watson, Penninck *et al.* 2011). Finalmente, en cuanto a la función terapéutica de la ecografía, se utiliza principalmente como herramienta visual para la colocación percutánea de drenajes (Boland, Hardie *et al.* 2003) y como método complementario de la radiofrecuencia para localización de tumores (Lee, Chen *et al.* 2015).

Por otro lado, el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la ecografía está ampliando las posibilidades diagnósticas y terapéuticas de forma más específica y menos invasiva. La inclusión del sistema *Doppler* o *Doppler color* permite al ecografista obtener información funcional respecto al flujo sanguíneo: identificando estructuras por la presencia o ausencia de flujo, demostrando la ausencia del mismo en caso de trombosis, así como detectando alteraciones del flujo asociadas a una enfermedad (Nyland 2002), por ejemplo, estimando los índices de resistencia y pulsatilidad renal y ocular (Novellas, Espada *et al.* 2007). Además del sistema *Doppler*, los

sistemas de visualización 3D y 4D se están implantando progresiva y rápidamente en medicina ginecológica, obstétrica y cardíaca, permitiendo estudiar el volumen y la morfología anatómica de forma más sencilla (Nelson 2000).

El mayor inconveniente que presenta esta técnica diagnóstica radica en que su fiabilidad diagnóstica depende directamente de la experiencia del operador. Así pues, está demostrado que la habilidad, la experiencia y los conocimientos ecográficos del operador son los principales determinantes en la relación *riesgo-beneficio*. Estos determinantes condicionarán la fiabilidad diagnóstica del procedimiento. Por ejemplo, es frecuente que las personas inexpertas pasen desapercibidos la presencia de cuerpos extraños o torsiones intestinales en la exploración ecográfica gastrointestinal de pequeños animales (Boysen y Lisciandro 2013). Además, el desconocimiento de las características morfológicas, topográficas y de densidad de ciertos órganos incrementan el grado de dificultad. Este último hecho se ve reflejado en la exploración de la glándula adrenal de animales obesos (Lamb 1990) y en la exploración del páncreas, que presenta una ecogenicidad similar a la grasa mesentérica (Lamb 1990, Koyama 2004).

En definitiva, la falta de experiencia y una formación inadecuada da lugar a un diagnóstico no consumado o incorrecto. En 2012, García y Froes (2012) clasificaron los errores que se cometen durante la exploración ecográfica de los pequeños animales en: (1) errores propios del operador derivados de la percepción, (2) errores de la cognición, (3) errores relativos al equipo y a los parámetros de la imagen empleados, (4) errores inevitables y (5) errores derivados de cualquier combinación de los anteriores (Tabla 1).

Los errores de tipo cognitivo son los más frecuentes en ecografía (Taylor, Voss *et al.* 2011). En su mayoría derivan principalmente del desconocimiento del operador sobre los fundamentos físicos de la ecografía y sobre las propiedades físicas de un tejido frente a los ultrasonidos. Este hecho ocasiona una incorrecta identificación de hallazgos y artefactos (Aldrich 2007).

Tabla 1. Errores más frecuentes cometidos en ecografía de pequeños animales (García y Froes 2012).

	Definición
Errores de percepción	<ul style="list-style-type: none"> - No reconocer una anomalía presente en la imagen ecográfica.
Errores cognitivos	<ul style="list-style-type: none"> - Procesamiento defectuoso de la información. - Incorrecta interpretación de los hallazgos en la imagen. - Tergiversación de las imágenes. - Fallo en la captación de datos (debido a una exploración mal realizada, una revisión inadecuada de la historia del paciente o no considerar la condición clínica del paciente). - No considerar todos los diagnósticos diferenciales.
Errores relativos al equipo	<ul style="list-style-type: none"> - Fallo del equipo. - Capacitación o supervisión inadecuada.
Errores inevitables	<ul style="list-style-type: none"> - Hallazgos anormales, ausentes o enmascarados que no permiten llegar a un diagnóstico acertado.
Errores multifactoriales	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de más de un tipo de error.

Así pues, la comprensión de conceptos, el conocimiento detallado de los fundamentos físicos y de los principios básicos de la ecografía, junto con la experiencia adquirida por el especialista son determinantes para cumplir con las competencias necesarias para la correcta realización del diagnóstico (Blum 2013).

Dichas destrezas vienen establecidas por una curva de aprendizaje para el conocimiento de los principios físicos, la identificación de artefactos, el manejo del ecógrafo, la familiarización con la anatomía ecográfica y el reconocimiento de patologías específicas (Hoppmann, Rao *et al.* 2011). Según nuestra opinión, este aprendizaje debería implantarse de forma sistemática y universal en la formación veterinaria.

Formación y acreditación en ecografía

En los nuevos planes de estudio (Directiva 2005/36/CE, modificada por la directiva 2013/55/CE y traspuesta al ordenamiento jurídico español RD 1837/2008, de 8 de noviembre) la formación reglada y específica en ecografía del Grado de Veterinaria se contempla en la asignatura de “Diagnóstico por imagen y radiobiología”. Sin embargo, como se aprecia en la Tabla 2, dentro del territorio nacional español, el programa de formación difiere entre Facultades. Esta diferencia se contempla principalmente en lo que se refiere al número de créditos, temario, horas prácticas, etc. Así pues, en la mayoría de las facultades apenas se dedican horas a la formación específica en ecografía, y son pocas las que incluyen un programa práctico.

Ciertamente, el marco formativo de la ecografía dista mucho de Veterinaria a Medicina Humana. En esta última, los profesionales están obligados a ejecutar un programa normalizado específico de ecografía dentro de su especialidad médica (Heegeman and Kieke 2003, Hoppmann, Rao *et al.* 2011, Bahner, Goldman *et al.* 2014). En el Grado de Veterinaria, la falta de un modelo de formación y la creciente implantación de esta técnica diagnóstica en la clínica de pequeños animales fomentan la necesidad de establecer unos criterios de formación normalizada, utilizando herramientas multimedia, sencillas y adaptadas a las necesidades del alumno.

De forma específica, la formación complementaria en ultrasonografía consiste principalmente en cursos de especialización de tipo presencial u *online* (en línea).

Los **cursos presenciales** suelen estar organizados por Hospitales Clínicos Veterinarios, o empresas dedicadas a la formación Veterinaria, y están certificados por alguna asociación de Veterinaria, como por ejemplo por *AVEPA* o por la *ESVPS*. La mayoría de ellos, dedica un tiempo reducido a la práctica *in vivo*, siendo la parte teórica más extensa que la exploración sobre un paciente real.

Por otro lado, los **cursos online** están sujetos a contenidos teóricos y a la revisión de casos clínicos a través de la visualización *online* de

imágenes o vídeos de exploraciones reales. En este tipo de formación normalmente existe un diálogo entre el profesional y el alumno a través de sistemas de chat o foros en red. Estas herramientas son muy útiles para la resolución de dudas y la discusión de casos clínicos; además de que permiten compartir material didáctico complementario. En este tipo de cursos la evaluación objetiva del usuario es meramente teórica, sin poder demostrar si el usuario está capacitado para realizar una exploración ecográfica en un paciente real (Varnhagen and Wright 2008).

Por último, muchos veterinarios recurren a una **formación autodidacta**, es decir, realizan la exploración directamente sobre los pacientes, y consultan bibliografía especializada y atlas digitales disponibles en internet (a menudo de dudosa calidad científica). El principal inconveniente de este tipo de formación es que es de tipo **ensayo-error** y ralentiza la curva de aprendizaje del operador para la adquisición de habilidades y conocimientos ecográficos. Indiscutiblemente estos hechos ponen en entredicho la calidad diagnóstica de las exploraciones realizadas.

Por otro lado, en caso de que se quiera realizar una mayor especialización en diagnóstico por imagen o concretamente en ecografía Veterinaria, existen diferentes titulaciones de postgrado cuyo acceso es más restringido, exigiendo al alumno una dedicación prácticamente exclusiva durante varios años para su consecución (Tabla 3). En Europa se encuentran diferentes títulos de postgrado sobre la ecografía de Pequeños Animales. El Certificado de Especialista en Diagnóstico por Imagen (*GPCert.DI*), expedido por el Colegio Europeo de Estudios Veterinarios de Postgrado (*ESVPS*) está validado por la Universidad de *Adams Harper* en Reino Unido y consiste en un programa formativo específico en técnicas de diagnóstico por imagen y presentación de casos clínicos. Para adquirir la acreditación al finalizar el programa, los alumnos deben superar un test específico.

En Reino Unido, también es posible obtener el Certificado en prácticas avanzadas específico de diagnóstico por imagen (*CVDI*) cuya evaluación

Tabla 2. Programas de formación establecidos en las facultades de veterinaria de España para la formación en ecografía.

Universidades Españolas	Asignatura donde se aborda la ecografía	Tipo de asignatura	Créditos ECTS	Temario específico de ecografía	Horas	Prácticas en ecografía	Horas
Universidad Alfonso X el Sabio	Diagnóstico por la Imagen	Obligatoria	4,5	Imagen ecográfica de las patologías más frecuentes en pequeños animales. Bases físicas de la interpretación ecográfica (UAX, 2014).	2	Ninguna	
Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir	Técnicas de Diagnóstico Clínico II (Diagnóstico por Imagen)	Obligatoria	6	Principios de la ecografía. Equipo ecográfico. Producción y propiedades. Aplicaciones (UCV, 2014).	1,5	Ecografía básica y exploración abdominal	1
Universidad Complutense de Madrid	Radiología y Diagnóstico por Imagen	Obligatoria	4,5	Anatomía ecográfica (UCM, 2014).	1	No	
Universidad de Barcelona	Métodos exploratorios	Obligatoria	9	Fundamentos de la interpretación ecográfica y bases de la ecografía abdominal (UAB, 2014)	1	Ecografía en animales de docencia	1,5
Universidad de Canarias	Radiología	Obligatoria	4,5	Bases físicas de la ecografía. Las ondas de ultrasonidos, los transductores y los controles básicos. Principios de la interpretación (ULPGC, 2014).	1	No	
Universidad de Córdoba	Propedéutica Clínica y Diagnóstico por la Imagen	Obligatoria	3	Principios básicos de la ecografía. Diagnóstico ecográfico de las principales patologías torácicas y abdominales en pequeños animales (UM, 2015).	3	Manejo del ecógrafo. Realización de ecografías en pequeños animales.	2
Universidad de Extremadura	Diagnóstico por Imagen y Radiobiología	Obligatoria	6	Introducción a la ecografía. Ecografía abdominal normal y patológica de pequeños animales (UEX, 2015).	3	Ecografía: ecógrafos y sondas. Diagnóstico ecográfico de tórax y abdomen	NE
Universidad de León	Patología Quirúrgica, Anestesiología y Radiología	Obligatoria	9	Ecografía. Diagnóstico por ecografía (UNILEON, 2015).	1	No	
Universidad de Lugo	Diagnóstico por Imagen en Veterinaria	Obligatoria	6	Principios físicos, equipos y técnicas generales de ecografía abdominal. Ecocardiografía. Exploración ecográfica del sistema musculoesquelético en pequeños animales (USC, 2015).	13	No especificado	NE
Universidad de Murcia	Diagnóstico por Imagen	Obligatoria	4,5	Diagnóstico ecográfico. Interpretación ecográfica de los diferentes sistemas (UM, 2015).	7	Ecografía abdominal	1
Universidad de Valencia Cardenal Herrera	Diagnóstico por Imagen	Optativa	4,5	Ecografía: fundamentos físicos y utilidad diagnóstica. Artefactos acústicos. Ecografía abdominal, torácica y musculoesquelética. Ecocardiografía. Ecografía intervencionista (UCHCEU, 2015).	4	No especificado	NE
Universidad de Zaragoza	Diagnóstico por Imagen	Obligatoria	6	Ecografía: bases y artefactos, tipos y utilidad diagnóstica. Ecografía abdominal, patrones y aplicaciones diagnósticas (UNIZAR, 2015).	6	Ecografía general. Ecografía abdominal. Ecocardiografía	6

NE=No Especificado

es similar a la anterior y que está avalado por el *Real Colegio de Cirujanos Veterinarios (RCVS)*. Por otro lado, el *Colegio Europeo de Estudios Avanzados en Veterinaria (ESAVS)* otorga un máster de especialización en clínica de pequeños animales donde se incluye una parte de diagnóstico por imagen.

De todos los programas mencionados en la Tabla 3 prevalece en importancia el *Diploma* tramitado por el *Colegio Europeo de Diagnóstico por Imagen Veterinaria (Dipl.ECVDI)*, que establece las directrices para la educación de postgrado y el nivel de experiencia requerido para ser especialista en diagnóstico por imagen

en Veterinaria. Este mismo título también se puede obtener en Estados Unidos, ya que el *Colegio Americano de Radiología Veterinaria (ACVR)* acredita la formación en imagen diagnóstica a través de diferentes programas de residencia o másteres que ofrecen algunas Universidades norteamericanas, como las de California, Colorado o Wisconsin. La *ACVR* expide el diploma en radiología y oncología, sin embargo, la propia asociación facilita los trámites para obtener el *Diploma Europeo de la ECVDI*. También en Australia es posible obtener la especialización Veterinaria en imagen diagnóstica.

Tabla 3. Programas de formación postdoctorales para la formación específica en Diagnóstico por Imagen.

Acreditación y Entidad Acreditadora	Método de obtención de la titulación
<p><i>Certificado de Médico Veterinario Clínico en el programa de Diagnóstico por Imagen por el ESVPS</i> (GPCert. DI)</p>	<p>Curso de formación acreditado. Presentación de casos clínicos y realización de un examen final (ESVPS 2014).</p>
<p><i>Certificado en Diagnóstico por Imagen Veterinaria por el RCVS</i> (CVDI)</p>	<p>Programa de formación acreditado. Presentación de casos clínicos (RCVS 2015).</p>
<p><i>Certificado en Diagnóstico por Imagen por el Colegio Europeo de Estudios Avanzados en Veterinaria</i> (ESAVS Cert.)</p>	<p>Programa específico acreditado. Presentación de casos clínicos y realización de un examen final (ESAVS 2015).</p>
<p><i>Diploma del Colegio Europeo de Diagnóstico por Imagen Veterinaria</i> (Dipl. ECVDI)</p>	<p>Programas presenciales de internado o residencia en centros acreditados, presentación de casos clínicos y examen final (ECVDI 2015).</p>
<p><i>Diploma del Colegio Americano de Radiología Veterinaria</i> (Dipl. ACVR)</p>	<p>Programas presenciales de internado o residencia en centros acreditados, presentación de casos clínicos y examen final (ACVR 2015).</p>
<p><i>Doctor en Medicina Veterinaria por la Sociedad Internacional de Ecografía Veterinaria</i> (DVM, IVUSS Cert.)</p>	<p>Más de 3 años certificados de experiencia, presentación de casos clínicos, ejecución de un programa <i>online</i> y examen final (IVUSS 2014).</p>

Por otro lado, existe una certificación propia de la *Sociedad Internacional de Ecografía Veterinaria (IVUSS)*. Esta Sociedad tiene el objetivo de unificar grupos de investigación, además de ofrecer las credenciales necesarias para una formación de alto nivel en ecografía de pequeños animales.

En todos estos programas el alumno va adquiriendo experiencia mediante la discusión de casos clínicos o asistiendo a clases teóricas. Sin embargo, la aplicación de herramientas de formación complementaria es cada vez más frecuente en la formación ecográfica. En el siguiente apartado se destacan aquellas herramientas que están demostrando un mayor beneficio en los programas de formación tanto para ecografía como para otras especializadas dentro de las ciencias de la salud.

Herramientas de formación complementaria

De forma general destacan principalmente el empleo de simuladores y herramientas de aprendizaje electrónico o “*e-learning*”.

Simuladores

Tal y como lo describe el diccionario de la *Real Academia Española*, un **simulador** es “*un aparato que reproduce el comportamiento de un sistema en determinadas condiciones, aplicado generalmente para el entrenamiento de quienes deben manejar dicho sistema*”.

En las últimas dos décadas ha habido una adopción exponencial y entusiasta de la simulación vinculada a las ciencias de la salud. La Medicina ha aprendido mucho de otras profesiones que han establecido programas de simulación para la formación, algunos ejemplos son la aviación y las exploraciones militares y espaciales (Rosen 2008). La principal ventaja de estas herramientas es ofrecer la posibilidad de realizar una práctica o procedimiento de forma repetida, con la inclusión de un nivel creciente de dificultad y bajo un ambiente controlado (Issenberg, McGaghie *et al.* 2005).

El aumento de la demanda de horas de formación y la necesidad de desarrollar habilidades específicas para evitar riesgos innecesarios en el paciente y ofrecer seguridad en el diagnóstico y el tratamiento, han dado lugar a un nuevo paradigma de la educación en ciencias de la salud. Gracias a la asistencia de la tecnología y la innovación es posible llevar a cabo programas de formación estandarizados (Motola, Devine *et al.* 2013), siempre y cuando los sistemas de simulación cumplan unas características y alcancen unos objetivos mínimos que lo acrediten como una herramienta válida para el aprendizaje. En la Tabla 4 se exponen aquellas características que aportan beneficios en la educación médica (Lateef 2010).

Entre los simuladores específicos para el aprendizaje de la ecografía en Medicina Humana sobresalen en importancia los simuladores físicos y simuladores virtuales.

Los **simuladores físicos** suelen estar creados a partir de materiales sintéticos que simulan densidades similares a la de los órganos de un paciente vivo. Los principales inconvenientes que presentan son su elevado coste y su limitado número de repeticiones en la ejecución de los ejercicios. Algunos ejemplos son el simulador *Blue PhatomTM* y el modelo *ATS539®* que se muestran en las Figuras 1 y 2, respectivamente.

Por otro lado, los simuladores físicos pueden fabricarse a partir de órganos *ex vivo* incluidos en algún tipo de soporte estructural (gelatina, silicatos, etc.) (Bude y Adler 1995, Culjat, Goldenberg *et al.* 2010, Chao, Chen *et al.* 2013). La característica principal de los simuladores *ex vivo* es su capacidad de mostrar diferentes densidades ecográficas, artefactos, cuerpos extraños, así como permitir al usuario realizar la punción ecoguiada para la toma de muestras. Este tipo de simuladores están muy desarrollados en Medicina y se suelen utilizar para el entrenamiento de técnicas muy específicas, como la obtención de biopsias de un determinado órgano (Hunt, Ristolainen *et al.* 2013).

La principal ventaja que presenta es que son fáciles de fabricar y poseen una buena aceptación por parte de los usuarios ya que simulan fielmente las diferentes densidades ecográficas de los órganos reales (Schroeder, Ramamoorthy *et al.* 2013). Además de órganos de cadáver, también se pueden emplear una gran variedad de materiales de diversas densidades (Carrig y Pyle 2001, Chao, Chen *et al.* 2013).

En Medicina Veterinaria no hay apenas evidencias de simuladores físicos para el aprendizaje de la ecografía. Únicamente hay constancia de un simulador físico, muy rudimentario, para el aprendizaje de la exploración ecográfica ginecológica de la vaca (Tefera 2011).

Sin embargo, sí hay descritos en otras especializadas, simuladores físicos para el entrenamiento y el aprendizaje de otros procedimientos. Así pues, existen simuladores para la ejecución de exploraciones físicas en animales (Kraft, Hoskinson *et al.* 1998, Fletcher, Militello *et al.* 2012), tales como maniobras de resucitación en pequeños animales (Fletcher, Militello *et al.* 2012) (Figura 3), diagnóstico de gestación en grandes animales (Baillie, Crossan *et al.* 2010), endoscopia gastrointestinal (Uson-Gargallo, Uson-Casaus *et al.* 2014), laparoscopia en perros (Uson-Gargallo, Tapia-Araya *et al.* 2014), bloqueos nerviosos (Gunning, Smith *et al.* 2013), anatomía abdominal bovina (Kinnison, Forrest *et al.* 2009) y extracciones sanguíneas

Tabla 4. Descripción de las características de los simuladores que aportan beneficios educativos en la formación médica (Lateef 2010).

Características	Beneficios educativos
Registro de errores	Evaluación y cómputo de errores
Práctica repetitiva	Enfrentamiento a procedimientos poco comunes
Integración Curricular	Reproducibilidad
Niveles de dificultad	Ausencia de riesgo para los pacientes



Figura 1. Bloque para la formación en la biopsia ecográfica en tejido blando. Blue Phantom™.



Figura 2. Bloque para ejercicios de identificación ecográfica de quistes y cálculos. Modelo ATS 539®.

(de Bie y Lipman 2012). En ocasiones estos simuladores incorporan sistemas táctiles que permiten el análisis de movimiento, como por ejemplo el desarrollado por Sarah Baillie y colaboradores para la exploración ginecológica de la vaca (Figura 4) (Baillie, Mellor *et al.* 2005, Baillie, Crossan *et al.* 2010), o bien están complementados con sistemas de visión en tres dimensiones (3D) o realidad virtual que facilitan la comprensión de las estructuras anatómicas (Whitcomb, Doval *et al.* 2011).

En definitiva, se puede decir que el empleo de simuladores capacita al usuario para tomar una decisión sobre el diagnóstico del paciente. Sin embargo, la mayor desventaja que presentan algunos de ellos es su elevado coste y la dificultad para transportarlos, especialmente los desarrollados para grandes animales. Además, este tipo de simuladores no están pensados para que se adquieran de forma individual, sino para emplearse en las sesiones prácticas de centros de formación o facultades veterinarias (Valliyate M 2012).

En cuanto a los **simuladores virtuales** empleados para la formación en ecografía presentan gran variedad de formatos, aunque casi siempre se presentan sobre un soporte físico, tipo maniquí, para darles aún más realismo y mejorar la interacción. Una de las ventajas que presenta este tipo de simuladores frente a los que muestran sistemas de aprendizaje basados en fragmentos de vídeo es que permiten al usuario realizar movimientos similares a los que realizaría en una procedimiento real (Ehricke 1998, Arkhurst, Pommert *et al.* 2001). Esta correspondencia entre los movimientos de la sonda y la imagen obtenida es posible en los simuladores de ecografía realizados a partir de algoritmos de las imágenes de tomografía computarizada y de resonancia magnética de pacientes reales. La mayoría de estos simuladores están creados para llevar a cabo una formación exclusiva para aquellas exploraciones o maniobras que presentan cierto grado de dificultad. Además, la mayoría presentan sistemas de retroalimentación de fuerzas, aportando la sensación táctil al usuario, fundamental en simuladores cuya

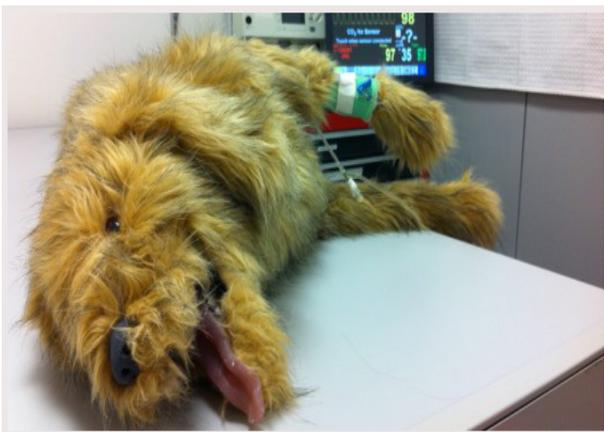


Figura 3. Simulador físico desarrollado por el Dr. Daniel Fletcher para la monitorización y resucitación del perro (Fletcher, Militello *et al.* 2012).



Figura 4. Simulador háptico para la exploración ginecológica de la vaca, desarrollado por Geomatic© (Baillie, Mellor *et al.* 2005).

finalidad es la ejecución de ejercicios que requieren una habilidad superior, como por ejemplo las punciones ecoguiadas (Chan, Ni *et al.* 2010). Otra característica es la dotación de un sistema de registro de errores cometidos por el usuario. De este modo, el usuario sabe cuál o cuáles han sido los errores cometidos sin necesitar un evaluador o tutor que se lo indique.

Actualmente, dentro de la Medicina Humana, hay una amplia gama de simuladores virtuales para ecografía. Así pues, existen sistemas transrectales para la realización de biopsia ecoguiada de la próstata (Chalasan, Cool *et al.* 2011), para el diagnóstico prenatal (Maul, Scharf *et al.* 2004), para el control anestésico en pacientes de riesgo mediante la ecocardiografía transesofágica (Figura 5) (Bose, Matyal *et al.*

2011, Maus 2011, Neelankavil, Howard-Quijano *et al.* 2012, Jelacic, Bowdle *et al.* 2013) y para la localización de estenosis vasculares mediante Doppler (Gao, Zhang *et al.* 2012), etc.

La implantación y desarrollo de este tipo de simuladores aún está en su fase inicial dentro de los programas de formación reglada para ecografía en Medicina Humana, existiendo apenas referencias de su empleo dentro del ámbito veterinario. El simulador “shoot” es uno de los pocos simuladores de realidad virtual desarrollados en el ámbito de la veterinaria. Este simulador desarrollado por la Universidad de Utrecht, está destinado al entrenamiento procedente para ejecutar el sacrificio humanitario de urgencias en bovinos y equinos (de Bie y Lipman 2012).



Figura 5. Simulador virtual con soporte físico para ecocardiografía transesofágica implicada en la monitorización hemodinámica intraoperatoria. HeartWorks TEE simulator (Jelacic, Bowdle *et al.* 2013).

Al igual que ha sucedido con en el desarrollo exponencial de los simuladores virtuales, el avance de las tecnologías informáticas ha favorecido el desarrollo de los sistemas informáticos vinculados a la simulación interactiva y al aprendizaje electrónico o *e-learning*.

Aprendizaje electrónico o e-learning

En los años noventa, los sistemas de enseñanza asistida por ordenador (CD's, DVD's) fueron instaurando poco a poco en la docencia el concepto de *e-learning*. Posteriormente, el desarrollo de las plataformas *webs* ha fomentado la creación de nuevos sistemas de formación. Actualmente estas herramientas están desarrolladas principalmente para su uso en dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, ordenadores y *tablets*), y se han implantado en la educación gracias a la cada vez mayor integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la sociedad (Short 2002). Esta integración ha provocado un cambio global en el paradigma de la educación reglada, dando lugar a una situación en la que el usuario puede acceder en cualquier momento a la información que precisa (Heath, Higgs *et al.* 2008, Mosa, Yoo *et al.* 2012, Murfin 2013, Tenhaven, Tipold *et al.* 2013, Lee and Clarke 2015).

La mayor accesibilidad del alumnado a los sistemas informáticos y su acceso a internet ha fomentado a la evolución de los sistemas de formación universitarios. Hoy día, existe una gran variedad de diseños al alcance de cualquier estudiante, tales como *video streaming* (visualización directa de vídeos *online* sin descarga previa), *moodle* (*software* diseñado para ayudar a los educadores a crear cursos en línea y entornos de aprendizaje virtuales), sistema *web 2.0*. (*web* que permite la interacción de los usuarios), *CDROOM*, *plataformas online*, entornos de aprendizaje virtual, *wikis* (*webs* donde los usuarios crean y modifican contenidos), *blogs*, *aplicaciones móviles*, etc.

Uno de los sistemas más instaurado en la formación universitaria son los sistemas *web 2.0*. Estos sistemas fomentan una mayor interacción entre los alumnos y los profesores, definiendo un tipo de formación formal más dinámica (Dale,

Kinnison *et al.* 2011, Tenhaven, Tipold *et al.* 2013). Además, permiten realizar diferentes actividades, como la discusión de casos clínicos, realizar videoconferencias *online*, debatir temas de actualidad, además de aportar material extra a las clases presenciales a través de los *sistemas wiki* (Steele, Crabb *et al.* 2013).

A parte de para ser empleados dentro de las aulas, algunos de estos sistemas se han diseñado para el entrenamiento de los profesionales ante futuros problemas. Algunos ejemplos son: el sistema interactivo desarrollado para la prevención de enfermedades infecciosas en donde el veterinario aprende cuales son los factores limitantes en la erradicación de una determinada enfermedad (Conrad, Hird *et al.* 2007) y el sistema interactivo desarrollado para el estudio de comportamientos epidemiológicos (Alessandrini, D'Albenzio *et al.* 2012). Igualmente, estos métodos de aprendizaje electrónico también se han adaptado a otras disciplinas. Existen programas específicos de formación *e-learning* para personal investigador (Baran, Johnson *et al.* 2009) y para el perfeccionamiento de técnicas quirúrgicas dentro de la experimentación animal (Baran, Johnson *et al.* 2010). Además, gracias a la creación de plataformas *web* profesionales, los veterinarios tienen un lugar de encuentro donde consultar y debatir casos clínicos, acceder al material didáctico, crear sus propios grupos de especialidades, etc., complementando su formación académica y compartiendo sus experiencias de forma desinteresada (McGreevy, Shaw *et al.* 2007, Short, Maddison *et al.* 2007, Baillie, Kinnison *et al.* 2011, Johnson, Ames *et al.* 2011, Tenhaven, Tipold *et al.* 2013).

Otra de las herramientas *e-learning* cada vez más empleada en la formación veterinaria son las conferencias o seminarios *online*. Éstas, al igual que las plataformas de visualización de vídeos, permiten hacer una explicación a distancia, independientemente del número de personas receptoras (Roshier, Foster *et al.* 2011). La mayoría de estas conferencias favorecen una posterior comunicación entre el alumnado y el profesor para la resolución de dudas y discusión de casos clínicos empleando chats o foros de discusión (Roshier, Foster *et al.* 2011, Koch, Fischer *et al.* 2012).

La integración del *ebook* (libro electrónico) o *ibook* (libro electrónico específicos para *iPad*®) ha modificado considerablemente el concepto de libro como un simple texto. Al ser dispositivos digitales posibilitan la integración de esquemas, animaciones, imágenes en 3D y la interacción táctil; ofreciendo infinidad de posibilidades dentro del ámbito educativo (Gikas y Grant 2013).

Los sistemas *e-learning* han demostrado que para la formación de diagnóstico por imagen presentan ciertas ventajas frente a la formación tradicional (documentos impresos). Algunos investigadores han comparado el empleo de las herramientas *e-learning* y documento impreso en cuanto a la comprensión de las imágenes radiográficas y ecográficas (Khalil, Johnson *et al.* 2005, Cuca, Scheiermann *et al.* 2013). En los resultados de estos estudios se ha observado como los sistemas digitales *e-learning*, mediante la inclusión de contenidos multimedia de alta calidad (imágenes, animaciones, vídeos, etc.), permiten al usuario crear un *modelo mental*, facilitando la visión e identificación de imágenes y la comprensión de determinados conceptos (Filippucci, Meenagh *et al.* 2007, Markowitz, Hwang *et al.* 2011, Blum 2013). Un ejemplo que puede facilitar la asimilación del concepto de *modelo mental* es la utilización de la ecografía para el aprendizaje de la anatomía. Se ha demostrado que la visualización de imágenes ecográficas favorece la creación de un modelo mental de forma más sencilla que cuando se emplean imágenes planas en dos dimensiones representadas en documentos impresos (Khalil, Johnson *et al.* 2005).

Otra de las ventajas que ofrecen los sistemas *e-learning* frente a la formación tradicional es que la mayoría incorporan dentro del *software* algún tipo de autoevaluación sobre los contenidos mostrados en la propia plataforma o aplicación. Estos test suelen presentar autocorrección automática, por lo que evalúan y cuantifican los errores cometidos por el alumno y a su vez le indican al alumno cuál ha sido el error cometido y la justificación de la respuesta correcta (Wood, Dadd *et al.* 1996). Como ejemplo de esta última variedad de herramienta,

en Medicina, en concreto para reumatología se ha desarrollado una plataforma *web* específica para el aprendizaje de la ecografía (Filippucci, Meenagh *et al.* 2007) (Figura 6).

Actualmente, la mayoría de las herramientas de aprendizaje electrónico disponibles carecen de una regulación o certificación oficial, existiendo en el mercado muchos sistemas de formación que no siguen un criterio científico. Este hecho muestra la necesidad de realizar validaciones que demuestren su eficacia como herramientas docentes. La gran parte de los estudios de investigación establecen comparaciones con los métodos docentes tradicionales, ya sea el empleo de documentos impresos o la asistencia a una clase presencial (Amesse, Callendar *et al.* 2008, Platz, Goldflam *et al.* 2010, Stather, MacEachern *et al.* 2012). Los resultados obtenidos en estos trabajos muestran como el empleo de *e-learning* mejora la memoria a corto plazo, debido principalmente a una mejor retención de las imágenes y vídeos mostrados.

En cuanto al desarrollo de sistemas **específicos para ecografía veterinaria**, existen pocas referencias bibliográficas. Lo más frecuente es hallar cursos *online* y páginas *webs* donde visualizar vídeos demostrativos o casos clínicos (Pospischil, Djamei *et al.* 2007). En cuanto a los programas de ordenador, únicamente hay un programa de enseñanza asistida para el aprendizaje de los principios básicos de la ecografía, y el manejo de los diferentes controles, modos, tipos de sondas, etc., creado por la Universidad de Sidney entre 1996 y 2000, y del cual no hay estudios de validación posteriores (Wood, Dadd *et al.* 1996, Wood, Lublin *et al.* 2000). Por otro lado la Universidad de California Davis, en Estados Unidos, ha creado un sistema 3D para aprender las referencias anatómicas de la exploración ecográfica musculoesquelética del caballo (Whitcomb, Doval *et al.* 2011). Aun habiéndose demostrado que el uso de sistemas digitales para la formación de diagnóstico por imagen mejora el aprendizaje, favoreciendo la creación de un modelo mental (Khalil, Johnson *et al.* 2005), hoy día, el número de sistemas a los que se puede acceder en Veterinaria es muy limitado y está dirigido fundamentalmente a la formación en radiología.

Así pues, existen sistemas computarizados específicos de radiología integrados dentro de los programas de formación Veterinaria. En particular, el sistema elaborado por la Universidad de Kansas, Estados Unidos, que integra casos clínicos de traumatología en perros. En las imágenes se identifican tanto las estructuras anatómicas implicadas, como el tipo de lesión que padece el paciente (Kraft, Hoskinson *et al.* 1998). Otras Universidades también han creado su propio sistema de formación *e-learning*, como por ejemplo la Universidad de Sidney en Australia, donde han concebido una base de datos *online* (OLIVER) para favorecer el acceso de los alumnos a casos clínicos de radiología (McGreevy, Shaw *et al.* 2007). La Universidad de Liverpool en Inglaterra ha creado un sistema similar destinado a la formación en radiología equina (Vandeweerd, Davies *et al.* 2007).

Aunque aún no hay mucha bibliografía relacionada, algunos autores han demostrado que los sistemas *e-learning* empleados en la formación médica son más eficaces cuando se combinan con sistemas de formación tradicional. Esto es lo que se denomina aprendizaje mixto o *b-learning* (*blended learning*). Algunos ejemplos

son estudios relacionados con el aprendizaje de la anatomía (Pereira *et al.* 2007) y con el tratamiento del asma en enfermería (Prabhakaran *et al.* 2012). En ellos, la combinación de una herramienta *e-learning* con una tradicional mejoró los resultados con respecto al empleo de las mismas herramientas de forma independiente. Estos resultados demostraron que se establece una sinergia entre ambas herramientas, favoreciendo el aprendizaje de los usuarios para dichas materias. Aunque aún queda por determinar cuál es su competencia y su papel dentro de la formación reglada, Lewis y colaboradores consideraron que el *b-learning* es el método más adecuado para el aprendizaje de la ecografía en Medicina, al menos para el aprendizaje de la ecografía de urgencias (Lewiss, Hoffmann *et al.* 2014).

Después de analizar las herramientas de formación en ecografía y específicamente los sistemas *e-learning*, a continuación se muestran los conceptos básicos, los principios fundamentales y las teorías en las que está basado el empleo de dispositivos electrónicos multimedia para el aprendizaje en ciencias biomédicas (Mayer 2010).

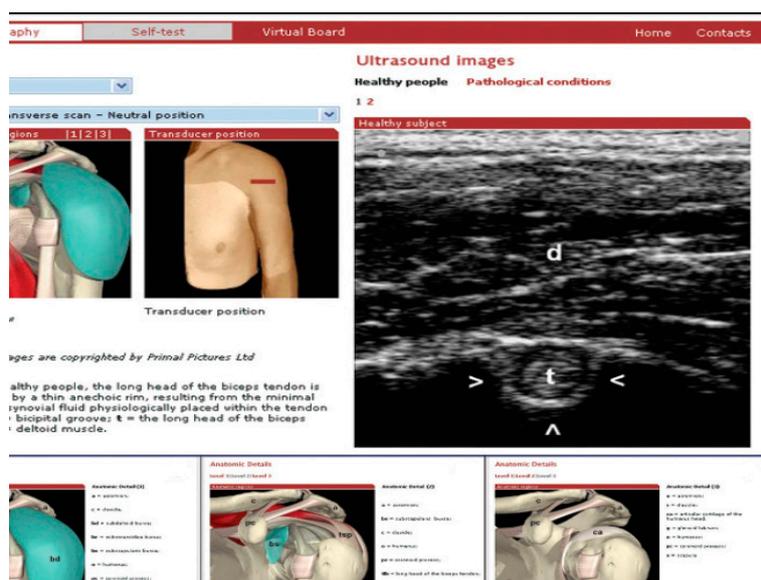


Figura 6. Plataforma web *e-learning* para la formación en ecografía reumatológica en humanos (<http://www.e-sonography.com>). (Filippucci, Meenagh *et al.* 2007).

Aprendizaje a través de los sistemas multimedia

A finales del siglo XX, el avance de las tecnologías sobre computación y sistemas multimedia impulsó a que varios investigadores estudiaran la repercusión del uso de las herramientas multimedia en el aprendizaje. Históricamente, los sistemas multimedia han estado vinculados al desarrollo tecnológico. Normalmente se utilizan dispositivos informáticos para su computarización y como soporte audiovisual. Gracias a los avances llevados a cabo en el campo de la electrónica: el incremento de la capacidad de cómputo, el aumento de la capacidad y la velocidad de procesamiento, el desarrollo de algoritmos y de dispositivos de visualización de alta resolución, los sistemas multimedia se han integrado en varios campos en el ámbito social. Actualmente se aplican en información, documentación, educación, entretenimiento y publicidad. Pero, ¿realmente está claro el concepto de multimedia?

En primer lugar, es preciso esclarecer el significado de esta palabra, que aunque es un término muy usado, en ocasiones no se utiliza correctamente. Tal como lo describe la *Real Academia Española* es “*un adjetivo referido a utilización conjunta y simultánea de diversos medios, como imágenes, sonidos y texto, en la transmisión de una información*”. A lo largo de los años este concepto ha sido modificado por psicólogos adaptándolo al aprendizaje cognitivo. Así, Richard E. Mayer define el término multimedia como: “*la presentación de material verbal y pictórico, en donde el material verbal se refiere a las palabras, bien como texto impreso o como texto hablado, y el material pictórico como imágenes estáticas (ilustraciones, gráficas, diagramas, mapas y fotografías) o como imágenes dinámicas (animaciones, simulaciones o vídeos)*” (Mayer 2005).

Por otro lado, Schnotz y Kürschner consideran que el término multimedia tiene varios significados dependiendo del formato de presentación (textos e imágenes) o de la combinación de modalidades sensoriales (uso múltiple de los sentidos) (Schnotz y Kürschner 2007).

En definitiva, existen muchas definiciones para el concepto de multimedia. Sencillamente se podría decir que los sistemas multimedia se componen de combinaciones entrelazadas de elementos de texto, gráficos, sonidos, animación y vídeo.

Estos sistemas se pueden clasificar en dos modalidades. En primer lugar, los sistemas multimedia interactivos, denominados así porque el usuario puede controlar varios elementos, entre otros el control del contenido. En otros términos, a este tipo pertenecen sistemas donde se ejecuta una visualización no lineal, siendo el propio usuario quien decide cómo explorar el contenido. Esto es lo que sucede cuando se utilizan programas o aplicaciones en ordenadores, *tablets* o *smartphones* (teléfonos inteligentes). En segundo lugar, no todos los proyectos multimedia tienen porqué ser interactivos, sino que pueden llevar a cabo una visualización lineal, por lo que en cierto momento obligan al usuario a explorar el contenido en un orden establecido, como ocurre en un documental o un programa de televisión.

Está demostrado que cuando los sistemas multimedia se utilizan apropiadamente aportan una serie de ventajas al usuario. Muchos han sido los autores que han enumerado y demostrado cuantitativamente las ventajas de la enseñanza mediante aplicaciones interactivas multimedia. Algunas de las principales ventajas que presentan son la formación estándar y homogénea para todos los alumnos, la flexibilidad local y temporal, la accesibilidad, el aprendizaje activo y la evaluación continuada del alumno (Alessi 2001).

Para obtener el máximo rendimiento en el empleo de los sistemas multimedia en el aprendizaje es fundamental conocer sus características y su potencial didáctico antes de integrarlos en la formación reglada. Algunas de las capacidades que presentan las herramientas multimedia son: simular y practicar situaciones o procedimientos difíciles de llevar a cabo en condiciones normales; entrenar un procedimiento específico (ejercitando los conocimientos y destrezas adquiridos); explorar relaciones

desconocidas entre conceptos; adecuar el proceso informativo y de ejercitación al ritmo del usuario; evaluar de forma continuada la consecución de los objetivos por parte de los participantes; demostrar y documentar que el alumno realiza una correcta ejecución y, finalmente, demostrar que se ha adquirido competencias derivadas del aprendizaje: habilidades, actitudes y conocimientos. Así pues, conociendo estas capacidades, resulta más fácil integrar los sistemas multimedia en la formación reglada, con el objetivo principal de fomentar y obtener un mayor rendimiento académico del alumno. Además, se ha demostrado que la integración de este tipo de herramientas en las sesiones didácticas, ayuda a activar diferentes tipos de aprendizaje. De este modo se activa el aprendizaje por descubrimiento o experiencia personal, el aprendizaje por distinción, el aprendizaje por semejanza y el proceso asociativo; procesos que aumentan la capacidad de conocimientos del sujeto (Alessi 2001).

Todos los beneficios de las herramientas multimedia son extrapolables cuando se aplican para la formación y educación en ciencias de la salud, debido principalmente a la capacidad de las herramientas multimedia de representar y explicar diferentes procesos y procedimientos.

Numerosos autores establecen que es fundamental comprender cómo funciona el proceso de aprendizaje para que la inclusión de los sistemas multimedia sea efectiva (Mayer, Heiser *et al.* 2001, DiGiacinto 2007, Mayer 2010, Issa, Schuller *et al.* 2011, Yue, Kim *et al.* 2013). Todos estos autores coinciden en la importancia de la carga de información transmitida a los alumnos y la coherencia de los métodos docentes empleados. Estas ideas dieron lugar a que en 2005, Richard E. Mayer (2005) propusiera la *Teoría Cognitiva sobre el Aprendizaje Multimedia (TCAM)*. Para comprender mejor dicha teoría a continuación se exponen los conceptos claves, como la arquitectura cognitiva y diferentes teorías del aprendizaje (teoría de la carga cognitiva, y teoría de la codificación dual).

Dentro de la **arquitectura cognitiva** humana, lo más importante es **la memoria**. Se trata de un proceso mental que permite al organismo codificar, almacenar y recuperar la información. Además es preciso tener en cuenta que en función de cómo actúa la memoria durante el proceso de aprendizaje se establecen diferentes tipos de memoria.

Por un lado, la **memoria sensorial** integra información recibida por los sentidos, perdurando un breve periodo de tiempo (entre 1 y 3 segundos).

Por otro lado, la **memoria a largo plazo** almacena grandes cantidades de información durante amplios periodos de tiempo. Este tipo de memoria, a diferencia de la memoria a corto plazo, es limitada, y organiza y almacena la información en esquemas con múltiples unidades de información. Cabe destacar que demasiada carga cognitiva (cantidad de información que se procesa simultáneamente) impide que el sujeto dedique recursos para la formación de esquemas y almacenamiento a largo plazo debido a que todo contenido nuevo debe ser procesado en la **memoria de trabajo**.

Esta última memoria es la que permite retener y manipular la información por periodos cortos de tiempo (de 15 a 30 segundos), siendo la encargada de la organización y procesamiento de la información recibida (esquemas mentales), combinando el almacenamiento temporal y la manipulación de la información al servicio de la cognición (Baddeley y Hitch 1974, Morey y Cowan 2004, Doshier 2006). Para que la memoria de trabajo organice correctamente la información y que el aprendizaje sea realmente significativo, es preciso que se ejecuten diversos procesos cognitivos: selección de cuáles son las palabras fundamentales; selección de imágenes; organización de las palabras, creando un modelo verbal; organización de las imágenes, generando un modelo pictórico y, finalmente, la integración, conectando los modelos pictóricos y verbales entre sí activando así la memoria a largo plazo (Doshier 2006).

Autores como Baddeley y Hitch (Baddeley 2010) proponen un **sistema múltiple de memoria de trabajo** (Modelo de memoria de trabajo) (Figura 7). Este sistema está compuesto por un subsistema controlador de la atención del sujeto (el ejecutivo central) y dos subsistemas auxiliares, uno basado en información del habla (el bucle articulatorio o fonológico), y otro basado en información visual (el registro visual-espacial), ambos son capaces de mantener y manipular sus respectivos canales de información. Según este modelo, la memoria a largo plazo aporta información adicional sobre conceptos integrados previamente, lo cual facilita la comprensión de los nuevos conceptos. Además este modelo integra el amortiguador episódico que contiene la integración fonológica, visual y espacial.

Además de la arquitectura cognitiva, es imprescindible conocer el concepto de **carga cognitiva** propuesto por Sweller y definida como la cantidad limitada de información que un aprendiz puede procesar en un momento dado (Sweller 1994). Para que el aprendizaje se ejecute de forma eficiente es necesario que la instrucción responda a una carga cognitiva con características específicas, en otras palabras, que la información tenga un diseño óptimo y genere un modelo mental o representación adecuada de la realidad en el sujeto (Mayer 2010, Yue, Kim *et al.* 2013). Además, para lograr un aprendizaje efectivo, es necesario optimizar los procesamientos o cargas cognitivas (intrínsecas, extrínsecas y relevante) pero que no supere la capacidad del sistema cognitivo.

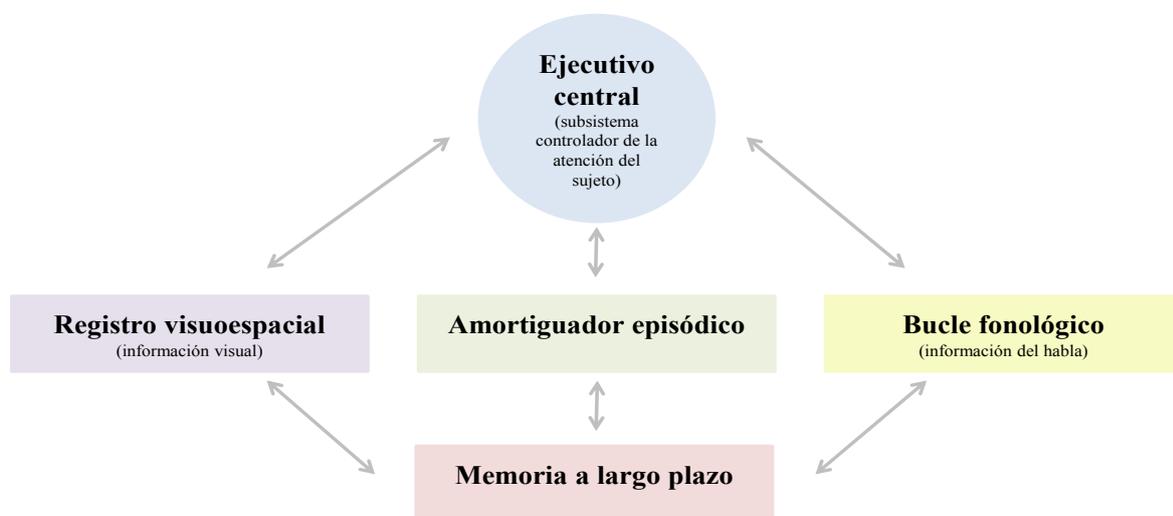


Figura 7. Esquema basado en la Teoría del Sistema Múltiple de Memoria de Baddeley (Baddeley 2010).

El procesamiento esencial o carga cognitiva intrínseca supone la carga inherente, es decir, el contenido fundamental de la instrucción. Es importante no saturar este procesamiento, de lo contrario, el sujeto no obtendrá un modelo mental coherente de la información explicada (Yue, Kim *et al.* 2013).

El procesamiento externo o carga cognitiva extrínseca, son las cargas ajenas, factores externos irrelevantes o ineficaces, que no aportan ningún beneficio a la explicación. Este tipo de procesamiento ocurre cuando la instrucción no está bien diseñada.

El procesamiento generativo o carga cognitiva relevante engloba principalmente los procesos cognitivos de la integración y organización de la información, y está influenciada por la motivación del alumno para entender la materia. Por lo tanto, un objetivo importante de la instrucción es fomentar este procesamiento (Sweller 1994), siendo el

responsable directo de contribuir al aprendizaje (Issa, Schuller *et al.* 2011).

Otra de las teorías en las que se basa la Teoría del Aprendizaje Multimedia es la **Teoría de la codificación dual (TCD)** descrita por Paivio (2011). Su propuesta fue que el aprendiz procesa la información en dos canales separados, el canal verbal y el canal pictórico. Este proceso da como resultado que se establezca una complementación entre las palabras (canal verbal), que explican las relaciones complejas, y las imágenes (canal pictórico), facilitando la creación de un modelo mental. Para entender mejor esta explicación, en la Figura 8 se muestra un esquema donde se ve cómo el aprendizaje a través del canal verbal comprende las palabras impresas (textos) o habladas (narración). Y como el aprendizaje a través del canal pictórico implica la utilización de gráficos estáticos (ilustraciones, diagramas, fotografías, gráficos) o gráficos dinámicos (animaciones o vídeos) (Yue, Kim *et al.* 2013).

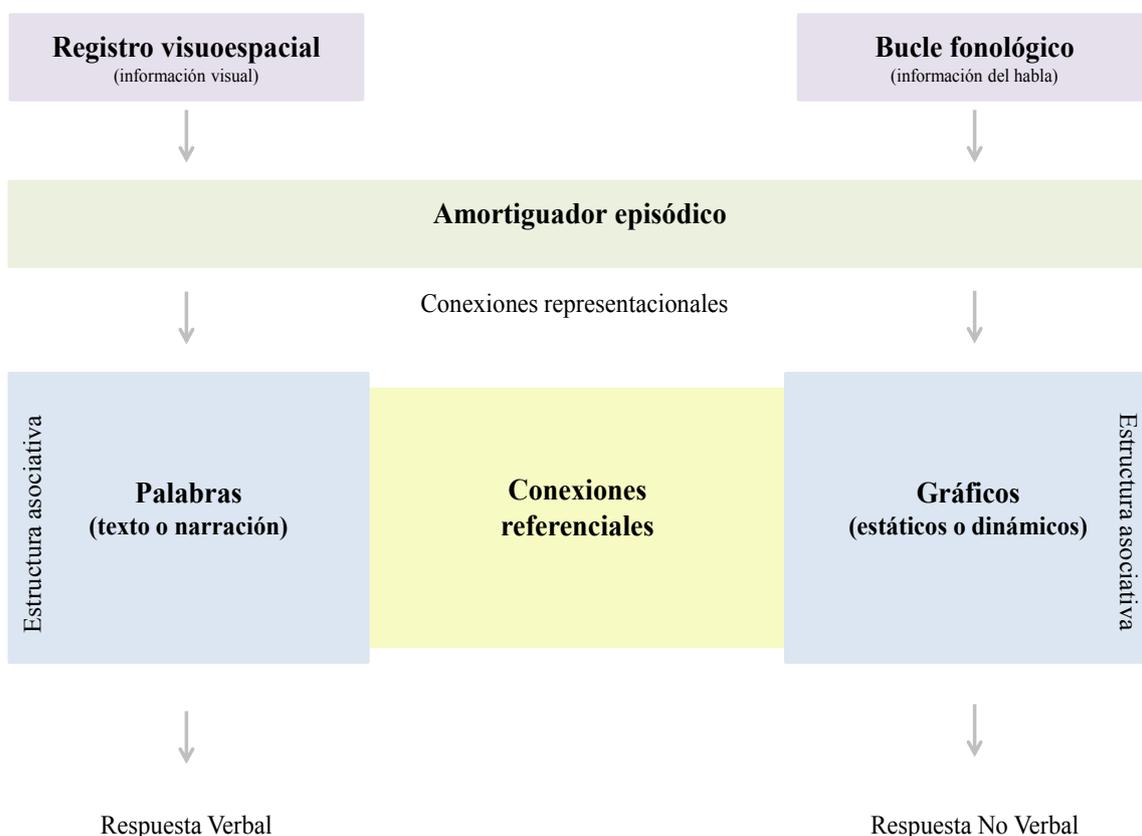


Figura 8. Esquema basado en la Teoría de la Codificación Dual de Paivio (Paivio y Sadoski 2011).

Finalmente la **Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM)** se fundamenta en varios de los conceptos ya descritos. En primer lugar, al igual que en la teoría de la codificación dual, la TCAM se basa en la implicación de dos canales para el procesamiento de la información: un canal verbal (palabras) y otro visual (imágenes). En segundo lugar, tiene en cuenta la Teoría de la Carga Cognitiva en cuanto a que cada canal tiene una capacidad limitada de procesamiento. Finalmente, esta teoría considera importante la arquitectura cognitiva, considerando los tres tipos de almacenaje de la información en la memoria (memoria sensorial, memoria de trabajo y memoria a largo plazo).

La Figura 9 representa la TCAM propuesta por Mayer (2005) esquematizada por Latapie (2007). Como se observa en la figura, la información que llega al usuario a través de una

presentación multimedia, accede a la memoria sensorial por los ojos y los oídos. La información viaja a la memoria de trabajo, almacenando sólo la información que el usuario puede retener al concentrarse activamente. El conocimiento llega a la memoria de trabajo por dos canales (verbal y pictórico) que con ayuda de la memoria a largo plazo y de los conocimientos previos, facilitan la integración de la información.

Esta teoría deriva en una serie de principios fundamentales que deben tenerse en cuenta para que se produzca el aprendizaje activo. Así pues, para que el aprendiz integre de forma satisfactoria la información multimedia y pueda integrarla posteriormente, es preciso que exista un procesamiento adecuado de la información. Este procesamiento se ve favorecido si se cumplen los principios para el aprendizaje multimedia descritos en la Tabla 5.

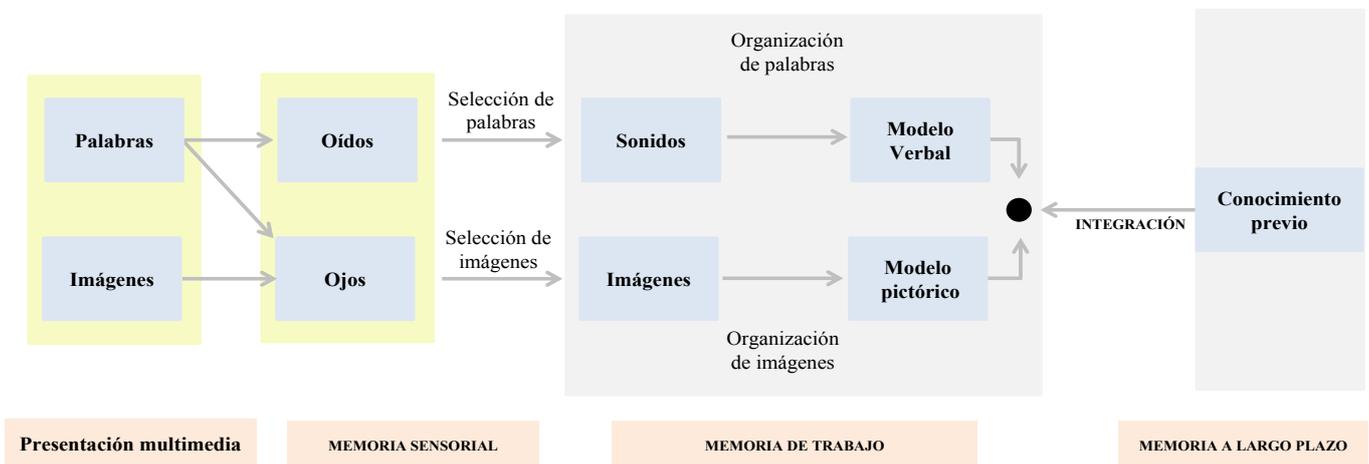


Figura 9. Esquema basado en la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia de Mayer (Mayer 2005, Latapie 2007).

Tabla 5. Definición de los principios para el aprendizaje (Moreno y Mayer 1999, Mayer 2005, Moreno y Mayer 2007, Mayer 2010, Issa, Schuller et al. 2011).

Principio para el aprendizaje	Definición
Para la Gestión del Procesamiento Esencial o Carga Cognitiva Intrínseca	
Principio de Entrenamiento Previo	Los conceptos principales deben mostrarse antes de la lección.
Principio de Modalidad	Una animación debe ir acompañada de una explicación verbal auditiva pero no visual.
Para Reducir al Mínimo el Procesamiento Externo o Carga Cognitiva Extrínseca	
Principio de Coherencia	La animación debe contener sólo información gráfica y verbal importante.
Principio de Redundancia	Evitar dar dos veces la misma información para que no aparezcan los mismos elementos en la imagen y en la narración.
Principio de Señalización	Agregar indicaciones para destacar la organización del material esencial.
Principio de Contigüidad Temporal	El material visual y material verbal deben estar sincronizados.
Principio de Contigüidad Espacial	El texto informativo necesario debe estar cerca de la imagen a la que corresponde.
Para Facilitar el Procesamiento Generativo o Carga Cognitiva Relevante	
Principio de Interactividad	El aprendiz debe controlar el orden, ritmo y otros elementos interactivos de la animación.

En particular para la **gestión del Procesamiento Esencial o Carga Cognitiva Intrínseca** sea la adecuada, es preciso tener en cuenta el principio de entrenamiento previo, que consiste en que el aprendiz conozca los conceptos principales que se van a abordar posteriormente en la lección multimedia (Mayer y Moreno 2002) y el principio de modalidad, que favorece la mejora del procesamiento esencial, proponiendo que una animación o vídeo debe ir acompañada de una explicación verbal de forma narrada (representación acústica), pero no visual (representación icónica), con el objetivo de hacer más eficientes los canales de codificación verbal y visual (Mayer, Heiser *et al.* 2001, Reinwein 2012).

Para reducir al mínimo el **Procesamiento Externo o Carga Cognitiva Extrínseca** se debe tener en cuenta el principio de coherencia, por lo que la instrucción o lección debe contener sólo información gráfica y verbal importante, eliminando la información irrelevante (Goetz 1995, Harp y Mayer 1998). Sin embargo hay autores que han demostrado que la información irrelevante puede servir como llave o nexo para memorizar la información principal (Harp y Mayer 1998). Por otro lado, el principio de redundancia considera que se debe evitar aportar dos veces la misma información con la finalidad de evitar que aumente la carga cognitiva (Mayer, Heiser *et al.* 2001). Además, es necesario que la información importante destaque sobre el

resto (principio de señalización) (Yue, Kim *et al.* 2013). Así pues, es importante que exista una sincronización entre el material verbal y el material visual (principio de continuidad temporal), además de una concordancia entre el texto informativo y la imagen o gráficos correspondientes al realizar una instrucción multimedia (principio de continuidad espacial) (Moreno y Mayer 1999).

Finalmente, si se pretende facilitar el **Procesamiento Generativo o Carga Cognitiva Relevante** es importante destacar el principio de interactividad donde el aprendiz tiene el control de su propio aprendizaje (Domagk, Schwartz *et al.* 2010). Se ha demostrado que la interactividad genera modelos mentales que facilitan el aprendizaje. La Tabla 6 muestra los tipos de interactividad propuestos por Moreno y colaboradores (Moreno y Mayer 2007).

Tabla 6. Tipos de interactividad en el aprendizaje (Moreno y Mayer 2007).

Tipo de interactividad	Descripción	Ejemplo
Diálogo	El aprendiz recibe respuesta a sus preguntas dando lugar a una retroalimentación.	Buscar la opción de ayuda o tutor para obtener el hipervínculo que le lleva a la obtención de información adicional.
Control	El aprendiz puede controlar el orden y/o el ritmo de la lección.	Poder utilizar el cursor de vídeo en una presentación con narración y detenerlo o poder repetirlo si se desea.
Manipulación	El aprendiz toma control de los parámetros de la simulación, acercando o alejando la imagen o moviendo un objeto alrededor de la pantalla.	Establecer unos parámetros en un simulador y esperar a ver qué sucede.
Búsqueda	Seleccionar una opción de búsqueda para encontrar una nueva información.	Buscar en internet.
Navegación	El alumno selecciona varias fuentes de información para llegar a diferentes contenidos.	Seleccionar diferentes aspectos de un menú para dirigirse a un contenido.

Material y Método

MATERIAL

En este estudio se han empleado un ecógrafo Bk profocus 2202 color (BK Medical, Peabody, Massachusetts, Estados Unidos), un transductor

Convex Array Transducer 8802 (rango 6-3 MHz), a una frecuencia establecida en 5 MHz (Figura 10), cuatro herramientas didácticas y un simulador físico *ex vivo*.



Figura 10. Ecógrafo Bk profocus 2202 color (BK Medical, Peabody, Massachusetts, Estados Unidos) y detalle de un transductor Convex Array Transducer 8802 (rango 6-3 MHz).

Herramientas didácticas

Herramienta de formación interactiva para PC

Esta herramienta o entrenador se ha registrado como *Eco-Trainer abdominal de la especie canina*® y consiste en un *software* para PC que ha sido desarrollado por el Centro de Imagen y Tecnología del Conocimiento Biomédico, CITEC-B (programación y *software*) y el Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, CCMIJU (contenidos didácticos).

Este entrenador es una plataforma *online* desarrollada específicamente para la formación interactiva multimedia en ecografía básica, en concreto para la exploración ecográfica abdominal del perro. El usuario accede a través de una página *web*, introduciendo su nombre de usuario y contraseña individual. Una vez dentro de la plataforma, la navegación se establece de forma sencilla, intuitiva y no lineal. En otras palabras, el usuario puede visualizar los contenidos didácticos en el orden que desee. Para una mejor noción de este dispositivo se recomienda visualizar el vídeo enlazado a través del código QR que se muestra en la Figura 11 o el siguiente enlace *web*: https://www.youtube.com/watch?v=_dYyLZUgY08.

Ambos muestran un ejemplo de cómo llevar a cabo la navegación y el manejo de la herramienta.

Esta herramienta está dividida en tres bloques diferenciados (Tabla 7).

El **bloque I** o introducción se subdivide a su vez, en una sección sobre los principios básicos de ecografía (Figura 12A) y otra correspondiente al atlas de anatomía (Figura 12B). En la primera sección se engloban los fundamentos físicos de la ecografía, los criterios de selección del transductor, el conocimiento de la interacción del sonido con los tejidos, la interpretación de la imagen ecográfica y los movimientos básicos del transductor. Con el objetivo de facilitar al usuario la comprensión de los contenidos, estos se exponen a través de ilustraciones, animaciones, esquemas y tablas interactivas.

La segunda sección corresponde a un atlas de anatomía fotográfico de la cavidad abdominal del perro, donde se muestran e identifican cada uno de los órganos de la cavidad abdominal sobre seis imágenes de disección de un cadáver de perro (Figura 12B).



Figura 11. Código QR de acceso web al vídeo-tutorial del uso Eco-trainer abdominal de la especie canina ®. En este vídeo se explica de forma detallada cómo realizar la navegación para acceder a todos los apartados teóricos del bloque I (principios básicos y el atlas de anatomía), y cuál es el funcionamiento de los comandos para realizar la simulación interactiva del bloque II (entrenamiento en ecografía).

Tabla 7. Descripción de los bloques temáticos que conforman la herramienta de formación interactiva para PC, denominada Eco-Trainer abdominal de la especie canina®.

Bloques temáticos	Descripción
Bloque I. Introducción	Breve explicación de los principios básicos de ecografía : modos, tipos de transductor, interpretación de la imagen, tipos de movimientos, etc. Atlas fotográfico de anatomía del perro formado por siete imágenes de disección abdominal, donde se indican las estructuras anatómicas más destacadas.
Bloque II. Entrenador interactivo para la exploración ecográfica abdominal del perro	Consiste en la ejecución de 17 ejercicios correspondientes a la exploración ecográfica de diferentes órganos de la cavidad abdominal.
Bloque III. Evaluación	El usuario debe indicar las estructuras que visualiza sobre una serie de imágenes ecográficas. Una vez finalizada la evaluación , el software calcula el porcentaje de aciertos y de errores cometidos.

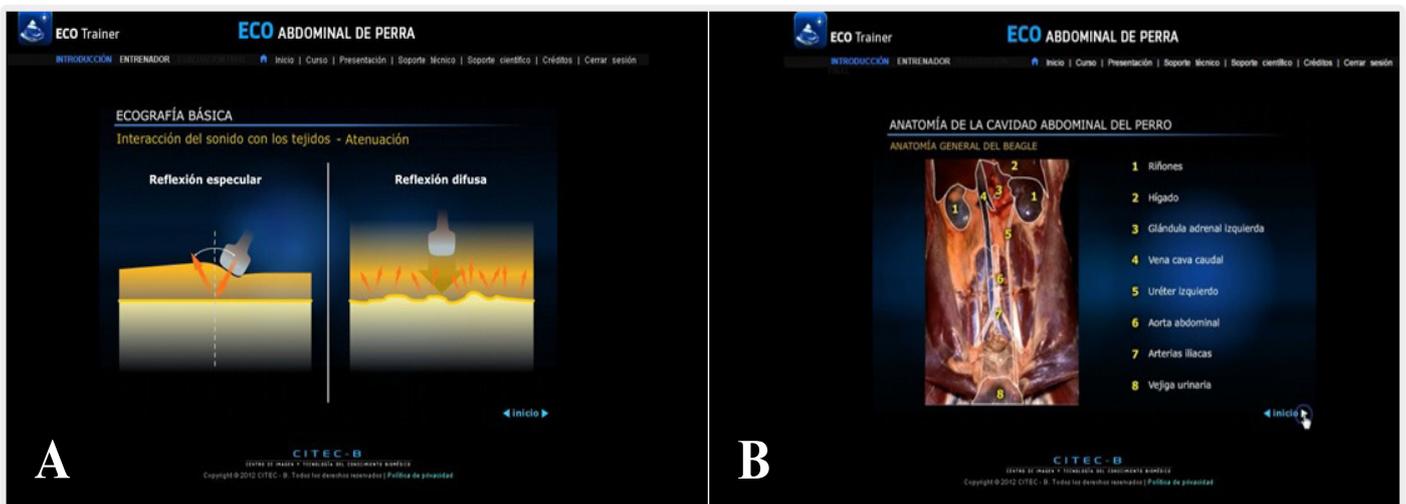


Figura 12. Imágenes que muestran contenidos correspondientes al Bloque I. A. Fundamentos físicos de la ecografía, en concreto en la imagen se muestra la explicación del fenómeno de atenuación del sonido con los tejidos. B. Imagen correspondiente al atlas de anatomía en donde se muestra la sección sagital de la cavidad abdominal del perro y la identificación de los órganos contenidos, correspondiente al atlas de anatomía de la cavidad abdominal del perro. (Imágenes anatómicas del perro cedidas por el “Grupo de Anatomía y Embriología de la Facultad de Veterinaria de Murcia”) (Vázquez J. M^a.2000).

El **bloque II** está constituido por 17 ejercicios (Anexo 1) en donde el usuario practica la exploración ecográfica abdominal del perro a través de la ejecución interactiva de diferentes posiciones y movimientos de la sonda sobre la superficie abdominal de un perro virtual. Durante la ejecución de los ejercicios el usuario debe colocar el transductor (cursor del ratón) en la zona señalada y simular los movimientos. En total se ejecutan 17 ejercicios en cuyos enunciados se expone el órgano a explorar, el corte anatómico y el movimiento de la sonda a realizar (angulación, desplazamiento y rotación).

Para comprender mejor su funcionamiento, en la Figura 13 se muestra una captura de la pantalla correspondiente al ejercicio de exploración del riñón izquierdo (ejercicio 2 de 17), específicamente para la ejecución del movimiento de barrido.

El usuario debe mover la sonda sobre la imagen de la derecha hasta localizar la estructura demandada en el enunciado. Deberá pulsar el botón correspondiente al movimiento que desea realizar: angulación, desplazamiento y rotación, indicándose en los iconos de debajo de la imagen de la derecha (Detalle C, Figura 13). Una vez que el usuario localiza ecográficamente el órgano en el corte demandado, el botón denominado “atlas” virará a azul indicando que la posición es correcta, como se muestra en la imagen (Detalle B, Figura 13). Si se pulsa sobre ese botón, aparecerá delimitado e identificado el órgano u órganos que se observan en la imagen ecográfica. Por otro lado, en caso de que el usuario no sepa completar el ejercicio, siempre podrá consultar el “Tutor”, mostrándose de nuevo el enunciado del ejercicio y apareciendo un vídeo explicativo con los movimientos correctos (Detalle A, Figura 13).

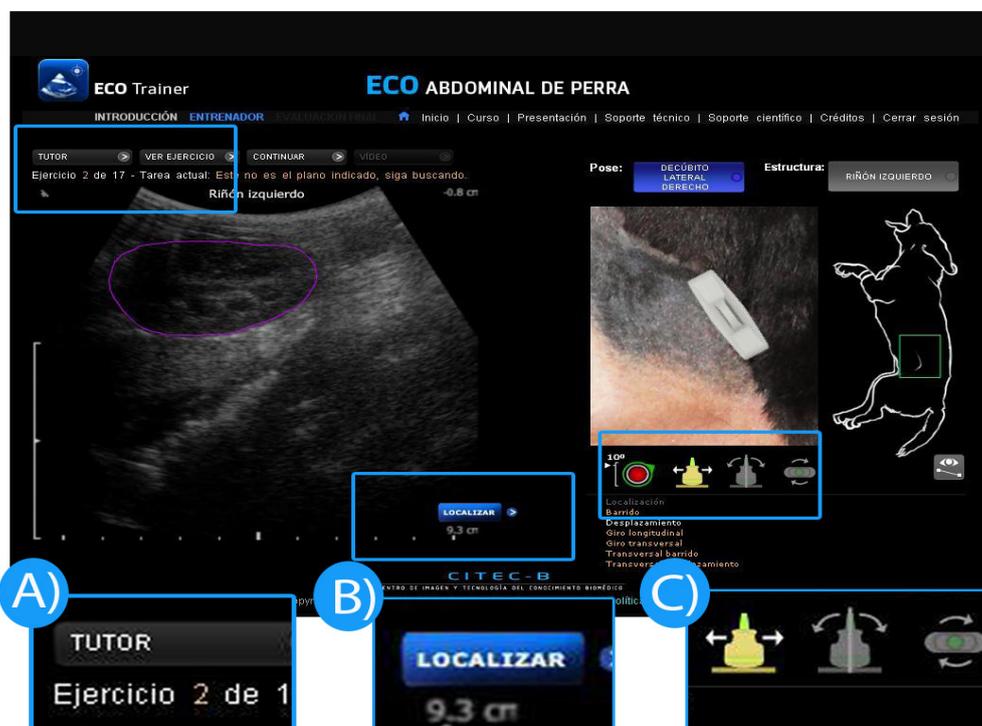


Figura 13. Captura de la imagen correspondiente al bloque II del entrenador del software Eco-Trainer abdominal de la especie canina®. La **imagen izquierda** corresponde a la imagen ecográfica de los órganos obtenida según el usuario haya colocado la sonda (ratón) sobre la **imagen de la derecha**. A, B y C, detalle de las opciones de tutor, atlas y movimiento de la sonda, respectivamente.

Una vez completados los 17 ejercicios se procede a realizar el **bloque III** o evaluación final del usuario. Dicha evaluación consiste en identificar cada estructura anatómica demandada

en varias imágenes ecográficas (Figura 14). Finalmente, el sistema registra y analiza las respuestas, calculando el porcentaje de aciertos y errores cometidos por alumno.

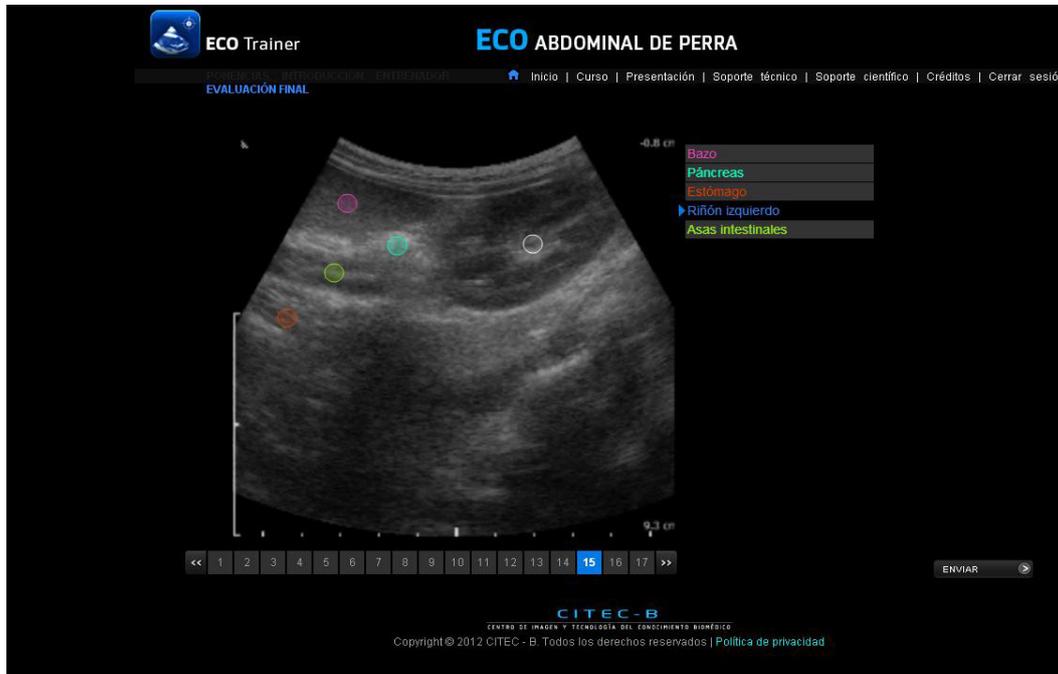


Figura 14. Ejemplo correspondiente al ejercicio 15 del bloque III o evaluación del entrenador. El ejercicio que se muestra consiste en relacionar cada una de las estructuras anatómicas indicadas con un círculo en la imagen ecográfica con su nombre correspondiente. En particular en el ejercicio 15 el usuario debe identificar el riñón izquierdo, bazo, páncreas, asas intestinales y estómago.

Herramienta de formación en formato *Microsoft Power Point*TM

Esta herramienta consta de los mismos contenidos que la herramienta anterior (Anexo 2) pero en formato de exposición oral en vídeo sobre una presentación en *Microsoft Power Point*TM. Al igual que en el resto de herramientas, los temas abordados son los principios básicos de la ecografía y la exploración abdominal ecográfica del perro. Para poder ejecutar el vídeo se utilizó un programa gratuito *online* de captura de pantalla denominado *Screencast-O-Matic*©.

Para facilitar su visualización, la grabación se ubicó en el portal de internet YouTube© 2014 LLC. A través de los códigos QR que se muestran en las Figuras 15 y 16 se puede acceder a la presentación. También se puede visualizar a través de los enlaces *web*: <https://www.youtube.com/watch?v=cEqHFE0V85k>, para la primera parte, y <https://www.youtube.com/watch?v=DLICYc33VQk>, para la segunda parte.



Figura 15. Código QR de acceso a la primera parte de la exposición oral en formato vídeo y *Microsoft Power Point*TM para el aprendizaje de los principios básicos de ecografía correspondientes al bloque I.



Figura 16. Código QR de acceso a la segunda parte de la exposición oral en formato vídeo y *Microsoft Power Point*TM para la explicación de la anatomía abdominal del perro (bloque I) y para la exploración de la cavidad abdominal (bloque II).

Tabla 8. Descripción de los bloques temáticos que conforman la herramienta formación en formato *Microsoft Power Point*TM.

Bloques temáticos	Descripción
Bloque I. Introducción	Explicación de los principios básicos de ecografía, modos, tipos de transductor, interpretación de la imagen, tipos de movimientos, etc. Atlas fotográfico de anatomía del perro formado por siete imágenes de disección abdominal, indicándose las estructuras de mayor importancia.
Bloque II. Exploración ecográfica abdominal del perro	Explicación de cómo realizar la exploración ecográfica abdominal en el perro , mostrando tanto la imagen externa de cómo se debe mover la sonda, como la imagen ecográfica donde se identifican las estructura anatómicas a explorar.

El usuario accede a los vídeos didácticos a través de los enlaces *web* enviados a su correo electrónico.

También como se muestra en la Tabla 8, esta herramienta consta de dos bloques.

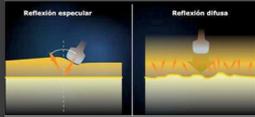
El **bloque I**, cuyos contenidos están referidos a la ecografía básica, fundamentos físicos de la ecografía, posición del paciente y atlas anatómico (Figura 17).

Y por otro lado, el **bloque II** donde se explica de forma protocolizada la exploración abdominal del perro. En este bloque se explica cómo debe realizarse la exploración ecográfica mostrando dos vídeos simultáneos: uno que muestra el movimiento de la sonda sobre el paciente y otro donde se observa el corte correspondiente de la sonda (Figura 18).

1-Atenuación

Los factores que contribuyen son:

3. **Reflexión e impedancia acústica:** Los ecos reflejados desde las interfases del tejido blando hacia el transductor forman las bases de la imagen ecográfica. Las interfases grandes con relación al tamaño del haz son conocidas como reflectores especulares.



4. **Impedancia acústica del tejido:** Es el producto de la intensidad y la velocidad del sonido en el tejido. Hace referencia a las características de reflexión o transmisión de un tejido. Para evitar la impedancia se utiliza el gel de contacto acústico entre transductor y piel para eliminar el aire interpuesto.

Tejido o sustancia	Impedancia acústica
Aire	0,0004
Grasa	1,38
Agua (SOPC)	1,54
Cartilago	1,58
Higado	1,65
Riñón	1,62
Sangre	1,61
Musculo	1,70
Cristalino	1,84
Hueso	7,80



Figura 17. Captura de pantalla de la presentación en formato Microsoft Power PointTM correspondiente al Bloque I, (Fundamentos físicos). En concreto, en la imagen se muestra la explicación del fenómeno de atenuación, especificando los factores que contribuyen a este fenómeno.

Se ubica el transductor en la zona subxifoidea en el plano sagital medio a 90° con respecto a la pared abdominal.

Seguidamente se realiza un barrido de 30° hacia la derecha del paciente y 150° hacia la izquierda del animal.




Figura 18. Captura de pantalla de la presentación en formato Microsoft Power PointTM de los contenidos correspondientes al Bloque II, en concreto se muestran los vídeos de la exploración ecográfica del hígado. La **imagen izquierda** muestra una captura del vídeo que muestra la localización externa y los movimientos de la sonda para la exploración de hígado del perro. La **imagen derecha** muestra la imagen ecográfica del hígado correspondiente a la posición de la sonda según la imagen de la izquierda.

Herramienta de formación interactiva en formato *Libro digital*

Esta herramienta de formación interactiva se presenta en formato de libro electrónico en soporte digital (*iBook*, libro electrónico específico de *Apple®*) (ISBN: 978-84-616-6311-8) para tableta electrónica (*iPad®*, *Apple®*, Cupertino, California, Estados Unidos). Este sistema ha sido desarrollado por el Centro de Imagen y Tecnología del Conocimiento Biomédico, CITEC-B (programación y *software*) y el Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón, CCMIJU (contenidos didácticos). Para comprender mejor sus características y su funcionamiento se recomienda ver el vídeo-tutorial a través del código QR que se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Código QR de acceso al vídeo-tutorial del libro digital (*iPad®*) sobre los principios básicos en ecografía y la realización de la exploración abdominal en el perro.

El vídeo también se puede visualizar a través del enlace *web*: https://www.youtube.com/watch?v=ysLN-_D5WRo.

La característica diferenciadora de este dispositivo respecto al resto de herramientas es que permite la interactividad del usuario con el programa, realizando una visualización no lineal de los contenidos. Esta interactividad está facilitada por el sistema táctil presente en los dispositivos *iPad®* (iOS) que permite ejecutar la entrada de datos y órdenes, dando lugar a sistemas dinámicos de aprendizaje más atractivos para el usuario. Además, el programa gratuito utilizado para su elaboración (*iBooks Author®*) acepta la inclusión de imágenes y vídeos de alta resolución, así como la búsqueda y consulta de páginas específicas dentro del propio *iBook*.

Tabla 9. Descripción de los bloques temáticos que conforman la herramienta de formación en formato *iPad®*.

Bloques temáticos	Descripción
Bloque I. Introducción	Apartado 1. Principios básicos de ecografía , modos, tipos de transductor, interpretación de la imagen y tipos de movimientos. Apartado 2. Atlas fotográfico de anatomía del perro formado por siete imágenes de disección abdominal, indicándose las estructuras de mayor importancia.
Bloque II. Exploración ecográfica abdominal del perro	Explicación de cómo realizar la exploración ecográfica abdominal en el perro.
Bloque III. Evaluación	Evaluación.

En cuanto a los contenidos de esta herramienta, este dispositivo se divide en tres bloques didácticos (Tabla 9).

El **bloque I** expone mediante tablas, ilustraciones y animaciones los conceptos básicos de la ecografía, los tipos de transductores y el atlas anatómico.

El **bloque II** comprende la explicación de cómo se realiza la exploración de los diferentes órganos de la cavidad abdominal del perro. En este caso se realiza una pequeña descripción de la exploración y posteriormente se muestran, en la misma pantalla y de forma simultánea, los vídeos con la imagen ecográfica y el vídeo de la imagen externa, donde se aprecian los movimientos del transductor (Figura 20).

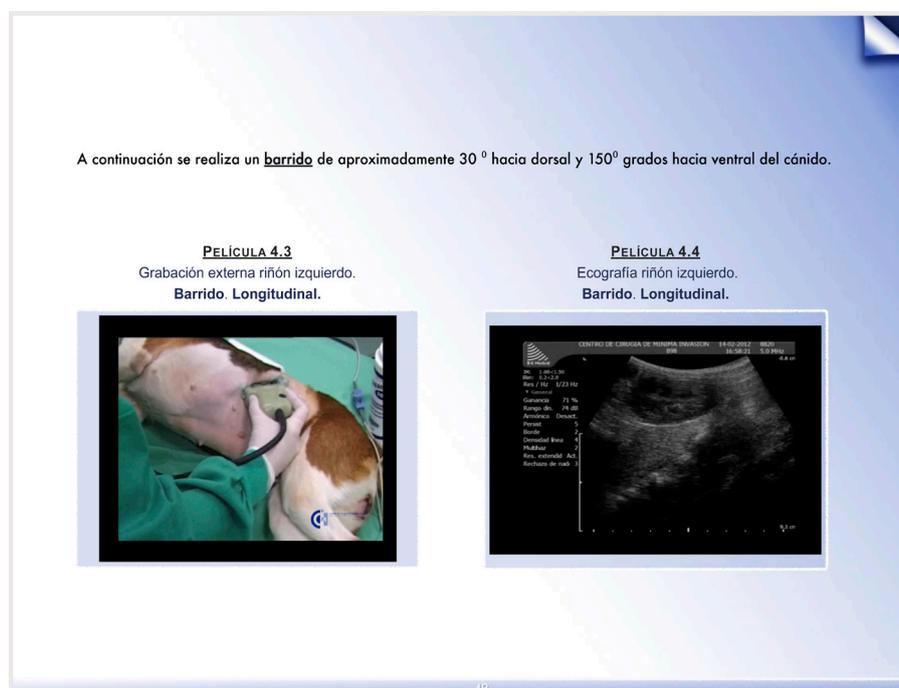


Figura 20. Pantalla correspondiente a la exploración ecográfica del riñón izquierdo (movimiento de barrido en corte longitudinal) incluida en el bloque II. En la imagen de la izquierda se observa una imagen del vídeo en donde se aprecia el movimiento de la sonda. La imagen de la derecha, muestra de forma simultánea el vídeo con las imágenes ecográficas correspondientes a los cortes realizados en la imagen de la izquierda.

El **bloque III** consiste en la evaluación tipo test de los contenidos expuestos en cada uno de los apartados de los bloques I y II (Figura 21). De este modo, al final de cada bloque el usuario

comprueba si ha asimilado correctamente los conocimientos mostrados en la herramienta a través de los errores que ha cometido.



Figura 21. Pantalla correspondiente al bloque III, de evaluación. Las preguntas tipo test corresponden a los hallazgos del vídeo inferior. El usuario debe elegir una opción de entre las tres mostradas.

Herramienta de formación tradicional en formato *Documento impreso*

Se trata de una herramienta de formación tradicional en formato documento impreso que se presenta ilustrado con esquemas, fotos y dibujos (anexo 3).

Al igual que el resto de herramientas se divide en bloques didácticos (Tabla 10).

En el **bloque I** se establece una explicación de los principios básicos de la ecografía, mostrándose algunos esquemas como los de la Figura 22. Del mismo modo que las herramientas

anteriores, en este documento también se presenta un atlas anatómico de la cavidad abdominal del perro.

En cuanto al **bloque II**, se expone una pequeña descripción sobre la exploración de cada uno de los órganos de la cavidad abdominal, mostrando la fotografía de la localización externa de la sonda en el perro y su imagen ecográfica correspondiente (Figura 23).

Tabla 10. Descripción de los bloques temáticos que conforman la herramienta de formación tradicional Documento impreso.

Bloques temáticos	Descripción
Bloque I. Introducción	Muestra un primer apartado sobre los principios básicos de ecografía , modos, tipos de transductor, interpretación de la imagen, tipos de movimientos, etc. Atlas fotográfico de anatomía del perro formado por siete imágenes de disección abdominal, indicándose las estructuras de mayor importancia.
Bloque II. Exploración ecográfica abdominal del perro	Breve explicación de cómo realizar la exploración ecográfica abdominal en el perro, mostrando una breve descripción y fotografías de la imagen ecográfica obtenida, así como de la localización externa de la sonda.

Frecuencias de ultrasonido más frecuentemente utilizadas (Se asume velocidad= 1,54 mm/ μ sec (1540m/s))

Frecuencia (MHz)	Longitud de onda (mm)
2,0	0.77
3,0	0.51
5,0	0.31
7,5	0.21
10,0	0.15

EQUIPO

1. Selección del transductor (sonda)

La frecuencia emitida por un transductor concreto depende de las características de los **cristales piezoeléctricos especiales** que contiene la cabeza de la sonda.

La frecuencia de un cristal es inherente a éste y no puede modificarse mediante los controles del ecógrafo. Para cambiar la frecuencia, en general, es necesario que el ecografista elija un transductor diferente ya que los cristales producen una frecuencia específica.

Algunos transductores pueden tener función multifrecuencia, esto permite obtener la máxima resolución posible para una profundidad determinada sin tener que cambiar el transductor.

Tamaño del animal	Transductor
Pequeño (<10 Kg)	7,5 - 10 MHz (en oftalmología o intraoperatorias)
Medio	5,0 MHz
Grandes	3,0 MHz

Además de la frecuencia, otros factores afectan a la resolución de la imagen y la capacidad de separar estructuras adyacentes. Son la longitud de pulso del ultrasonido, el diámetro del haz, y la resolución del monitor de vídeo.

La formación de la imagen ecográfica se basa en el principio del pulso-eco. El sonido es producido por el transductor en pulsos y no continuamente. La imagen se forma a partir de los ecos que regresan al transductor desde los tejidos después de cada pulso.

Tono de color gris correspondiente a la amplitud o fuerza del eco que ha regresado:

Tono de color	Intensidad de la eco
Negro	Baja
Blanco	Alta

El ojo humano puede distinguir unos 10 matices diferentes de gris en un monitor de vídeo.

Figura 22. Ejemplo de parte del contenido del bloque I. En particular este fragmento muestra los factores a tener en cuenta a la hora de seleccionar la frecuencia del transductor. .

Se localiza la sonda 3 cm caudal a la línea del arco costal y 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. Para realizar un **corte longitudinal** se coloca la sonda a 70° con respecto a la pared abdominal, localizando el riñón. Seguidamente se realiza un **desplazamiento** hacia craneal hasta localizar el bazo. Posteriormente se lleva a cabo un desplazamiento ventral de la sonda, por lo que se apreciará la parte dorsal del animal.



Fig.5. Corte longitudinal del bazo.

Grandes Vasos

Para el estudio ecográfico de los grandes vasos se mantiene la misma posición anatómica del animal. Como se observa en la imagen de disección se ha utilizado el decúbito dorsal para mejorar la percepción de las estructuras. Para la localización ecográfica se posiciona el transductor en la fosa para-lumbar superior, a unos dos centímetros del arco costal. Delimitadas en rojo y azul se aprecian la aorta y vena cava inferior respectivamente.

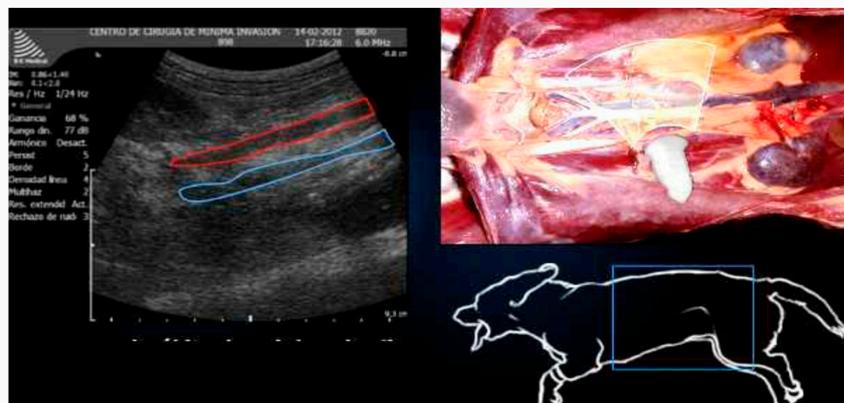


Figura 23. Fragmento del bloque II. En particular en esta página se explican las referencias anatómicas que deben tenerse en cuenta a la hora de situar la sonda para llevar a cabo la exploración ecográfica del bazo y de los grandes vasos abdominales.

Simulador físico *ex vivo* para exploración ecográfica

Simulador físico *ex vivo* para exploración ecográfica, creado a partir de órganos de cadáver de especie porcina y ovina, procedentes de matadero, y el ovario izquierdo de la especie canina obtenido de castraciones quirúrgicas rutinarias de clínica de pequeños animales.

Todos los componentes orgánicos, excepto la piel, se ubicaron de forma similar a su situación en el perro colocado en decúbito lateral derecho (Figura 24A).

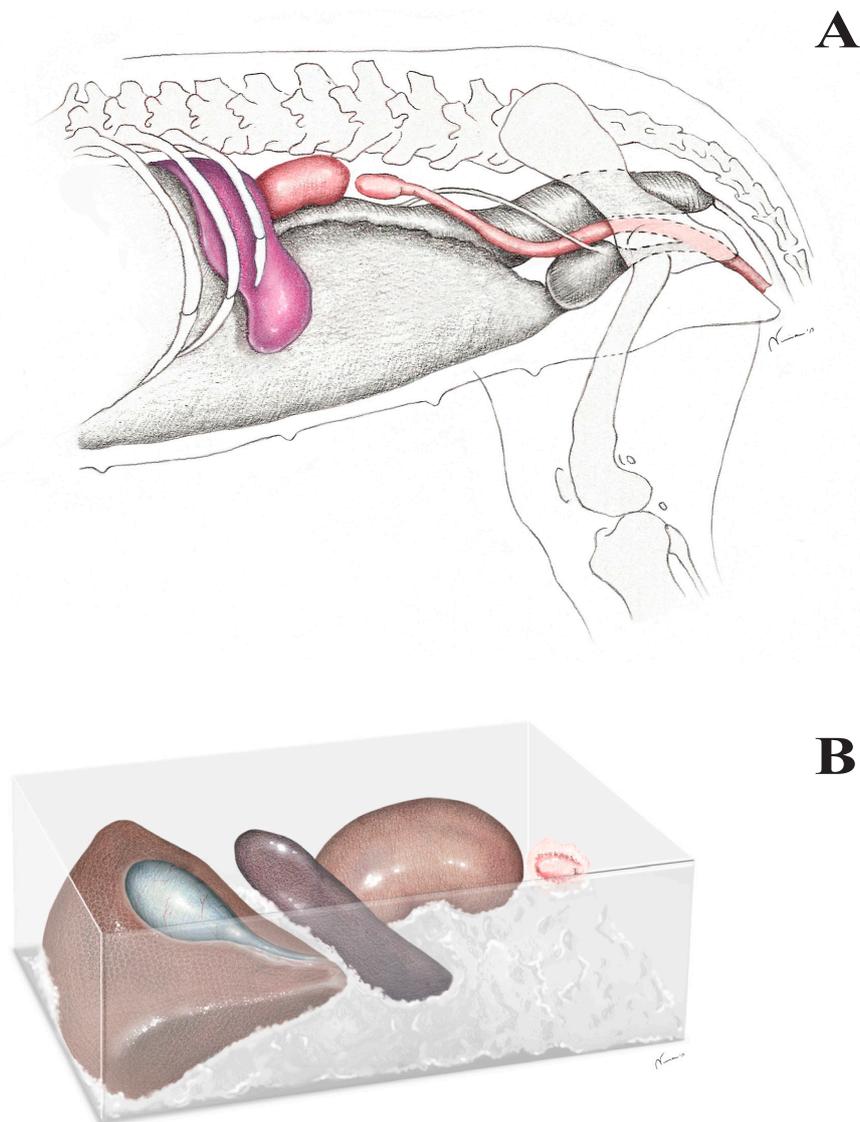


Figura 24. A. Representación gráfica de la posición anatómica de los órganos abdominales en la especie canina. B. Disposición de los órganos de cadáver en el simulador *ex vivo*.

Así pues, el riñón, el ovario y el bazo se situaron siguiendo su posición anatómica en la especie canina. El hígado fue colocado al lado contrario de su posición anatómica real, con el objetivo de facilitar el ejercicio de identificación y realización de los cortes sagital y transversal de la vesícula biliar (Figura 24B).

Para la elaboración del simulador, los órganos se sumergieron dentro de un recipiente de plástico (15x12x5cm), que contenía una disolución de 20gr de gelatina en polvo (Royal, Kraft Foods) en 1.000ml de agua. Posteriormente, se cubrió el bloque de gelatina con piel de oveja con el objetivo de simular la pared abdominal (Figura 25). Finalmente, se llevó a cabo la refrigeración del simulador a 4°C durante 12 horas.



Figura 25. Materiales empleados para la confección del simulador físico ex vivo.

MÉTODO

Justificación del método

Sujetos y grupos de estudio

En este estudio participaron 70 estudiantes de tercer, cuarto y quinto curso del Grado de Veterinaria de la Universidad de Extremadura y 20 veterinarios especializados en clínica de pequeños animales.

Los alumnos de Grado de Veterinaria se distribuyeron aleatoriamente, teniendo en cuenta el nivel de experiencia en diagnóstico por imagen. De esta forma, se obtuvieron cuatro grupos compuestos por un número similar de participantes (dos grupos de 17 participantes y otros dos grupos de 18 participantes) con una proporción de niveles de experiencia comparable. A cada uno de los participantes le fue asignada una herramienta didáctica de formación en ecografía de forma aleatoria. El hecho de establecer los grupos con similar número de individuos y niveles de experiencia, permitió obtener grupos homogéneos y evitar así el sesgo en los resultados derivados del factor “nivel de experiencia”.

Los grupos de estudiantes realizaron el mismo examen antes, *prueba inicial*, y después, *prueba final*, de utilizar la herramienta de formación correspondiente a su grupo. El estudio comparativo de ambos test permite establecer cuál es la herramienta didáctica más eficaz para la formación en ecografía básica (Khalil, Johnson *et al.* 2005, Amesse, Callendar *et al.* 2008, Issa, Schuller *et al.* 2011, Neelankavil, Howard-Quijano *et al.* 2012, Cuca, Scheiermann *et al.* 2013, Issa, Mayer *et al.* 2013, Press, Miller *et al.* 2013, Moazami, Bahrapour *et al.* 2014).

Una vez realizada la *prueba final*, todos los alumnos ejecutaron un examen práctico sobre simulador *ex vivo* para evaluar la capacidad de transferencia de los conocimientos adquiridos en ecografía tras emplear las herramientas didácticas interactivas y tradicional. Para ello los participantes realizaron 14 ejercicios sobre el simulador físico *ex vivo*. Este tipo de examen permite saber si el alumno está capacitado para llevar a cabo la exploración ecográfica abdominal en la práctica clínica (Wood, Dadd *et al.* 1996).

Por otro lado, los 20 veterinarios especializados en clínica de pequeños animales se dividieron en dos grupos. Estos se establecieron teniendo en cuenta el nivel de experiencia en ecografía, estableciéndose un grupo sin experiencia, conformado por 9 participantes, y un grupo con una experiencia superior a 4 años, compuesto por 11 participantes. Ambos grupos realizaron un único examen de evaluación de conocimientos teóricos y todos ejercicios de la prueba práctica sobre simulador *ex vivo*.

La finalidad de establecer estos dos grupos, expertos e inexpertos, fue determinar si las pruebas empleadas discriminan el grado de conocimientos teóricos y prácticos de ecografía (Beaulieu, Laprise *et al.* 2015).

Selección de los participantes

El criterio de inclusión de los estudiantes de Veterinaria fue que tuvieran aprobada la asignatura de anatomía y que cursaran tercero, cuarto o quinto año del Grado. Por otro lado, los veterinarios seleccionados debían tener una experiencia superior a cuatro años en clínica de pequeños animales.

Selección de las herramientas empleadas para el aprendizaje

La selección de las herramientas de formación se ha realizado sobre la base del tipo de formato, eligiéndose cuatro formatos diferenciados según la interacción con el usuario en base al tipo de formato, informático o papel, y al grado de interacción que permite cada una de las herramientas.

La mayor parte de los contenidos de texto e imagen presentes en las cuatro herramientas de formación provienen de la misma fuente de información, por lo que las imágenes mostradas son muy similares.

En el caso de la herramienta de “*entrenador interactivo para PC*” no se incluyen vídeos demostrativos de una exploración real. Esto se debe a que es un simulador diseñado específicamente para ejecutar un aprendizaje activo (Ehrlicke 1998, Heath, Higgs *et al.* 2008). Con este sistema el usuario es el que lleva a cabo los movimientos de la sonda sobre la superficie virtual del perro, haciendo que el aprendizaje sea más activo.

En cuanto a la herramienta de formación en formato *Microsoft Power Point™*, el usuario es el receptor de la explicación, por lo que la información llega de forma pasiva al usuario. El alumno únicamente puede controlar la barra de reproducción, deteniéndose o visualizando los contenidos tantas veces como desee, favoreciendo la comprensión de los contenidos (Roshier, Foster *et al.* 2011, Duncan, Yarwood-Ross *et al.* 2013, Carlos, Goss *et al.* 2014).

En tercer lugar, la herramienta de formación interactiva en formato *Libro digital* para *iPad®* (iOS), al permitir al alumno seleccionar el orden de aparición de los contenidos ((Hernon, Hopper *et al.* 2007, Payne, Goodson *et al.* 2012, Worm 2013, Berkowitz, Kung *et al.* 2014). Y por último, la herramienta de formación tradicional *Documento impreso*, lógicamente no permite ni la interacción, ni la visualización de vídeos.

El hecho de que todos los alumnos tengan acceso a los mismos contenidos de texto permite estudiar de forma más objetiva cómo repercuten las características diferenciadoras de dichas herramientas en el aprendizaje: la incursión de sistemas activos, el diseño, el soporte físico y, principalmente, las características multimedia propias de cada herramienta (Issa, Schuller *et al.* 2011, Prabhakaran, Chee *et al.* 2012, Subramanian, Timberlake *et al.* 2012, Issa, Mayer *et al.* 2013).

Métodos de evaluación

Para conocer el nivel de conocimientos teóricos, todos los participantes realizaron un examen acerca de sus conocimientos en ecografía básica y, en particular, en la exploración abdominal del perro.

Los grupos de estudiantes (grupos A, B, C y D) realizaron tanto la *prueba inicial*, previa a la fase de formación, como la *prueba final*, posterior a la fase de formación, con la herramienta de formación específica. El objetivo de realizar ambas pruebas fue determinar si el empleo de diferentes herramientas de formación daba lugar a alguna variación en la capacidad de retención de los conocimientos teóricos sobre ecografía.

Por otro lado, los grupos E (veterinarios expertos en ecografía) y F (veterinarios inexpertos) no realizaron la fase de formación ni la *prueba final*. Estos grupos llevaron a cabo un único examen, determinando si el test era apto para discernir entre expertos y noveles. Además los veterinarios también llevaron a cabo la prueba práctica de evaluación en simulador físico *ex vivo* con el objetivo de demostrar la validez constructiva de los 14 ejercicios que conforman el examen (Beaulieu, Laprise *et al.* 2015).

Finalmente, los alumnos de Grado de Veterinaria realizaron la valoración aparente de las herramientas de formación empleadas, opinaron sobre lo conveniente del empleo de herramientas multimedia en formación y expusieron las mejoras que requería la herramienta empleada. Para ello, usaron una encuesta tipo *Likert* del 1 al 5 (Likert 1931). Por otro lado, cabe destacar que las pruebas sobre los conocimientos teóricos (*prueba inicial y final*) y las de valoración se llevaron a cabo gracias a la plataforma *surveymonkey®*. Este sistema facilita la colección de los datos de forma instantánea y además es fiable ya que no permite al alumno acceder una segunda vez a la prueba, evitando su posterior modificación o visualización de las preguntas (George, Dreibelbis *et al.* 2013).

Selección del método de evaluación del ejercicio práctico en simulador físico *ex vivo*

La prueba práctica o de transferencia se incluyó en el estudio para poder analizar con qué herramienta de formación los alumnos alcanzaban una mayor habilidad para la realización de una exploración ecográfica. Los 90 participantes del estudio realizaron los 14 ejercicios de exploración ecográfica sobre el simulador *ex vivo*.

Se eligió este simulador para evitar el empleo de animales, al igual que Wood y colaboradores en su estudio sobre la formación en ecografía Veterinaria (Wood, Dadd *et al.* 1996). De este modo, la visualización de las imágenes y la localización de los órganos es más estandarizada. Además se evita el estrés en el manejo de animales y se reduce el tiempo de evaluación entre alumno y alumno.

Metodología

Grupos de estudio

En el estudio participaron 90 personas, de las cuales 70 eran estudiantes de la facultad de Veterinaria de Cáceres de tercer, cuarto y quinto curso, y 20 eran veterinarios con más de cuatro años de experiencia clínica en pequeños animales.

Los grupos se confeccionaron sobre la base de los datos de la encuesta demográfica y los resultados de la *prueba inicial*. Los participantes se dividieron en seis grupos, 4 de estudiantes y 2 de veterinarios. La asignación de los estudiantes a cada uno de los grupos se hizo en función del nivel de experiencia, conformando cuatro grupos con niveles de experiencia homogéneos. Definitivamente los grupos fueron (Figura 26):

- Grupo A, constituido por 18 alumnos que emplearon la herramienta de formación *interactiva para PC* (Eco-Trainer abdominal de la especie canina®).

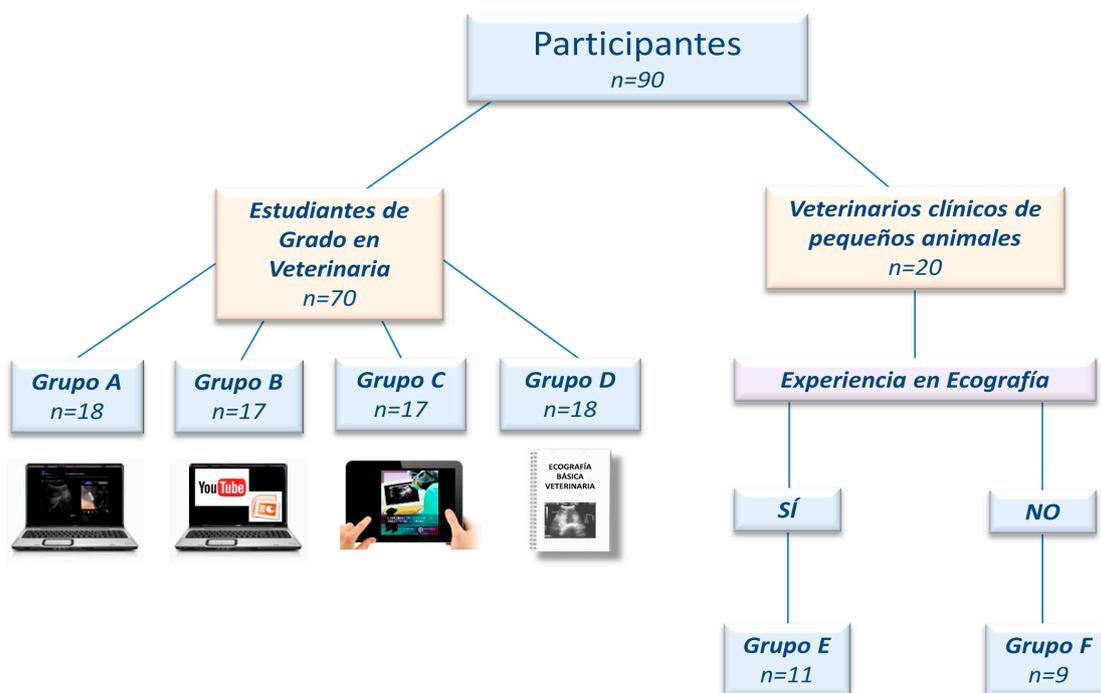


Figura 26. Grupos de estudio.

- Grupo B, constituido por 17 estudiantes cuya herramienta para la formación consistió en la herramienta multimedia (Presentación *Microsoft Power Point™* en línea, en formato de vídeo).

- Grupo C, conformado por 17 personas cuya herramienta de formación fue la herramienta de formación interactiva en formato *Libro digital (Libro digital de exploración ecográfica de especie canina para dispositivos Ipad® (iOS))*.

- Grupo D, constituido por 18 personas cuya herramienta de formación fue la tradicional (*Documento impreso*).

Por otro lado, los 20 licenciados en Veterinaria se dividieron en dos grupos:

- Grupo E, formado por 11 especialistas en ecografía de pequeños animales.

- Grupo F, compuesto por 9 veterinarios sin experiencia en ecografía.

Diseño experimental

Para facilitar la comprensión de las fases, pruebas y el manejo de las herramientas empleadas, a cada estudiante se le envió por correo electrónico un vídeo-tutorial específico para cada herramienta.

Estos vídeo-tutoriales se pueden visualizar a través de los códigos QR (Figura 27) y a través de los siguientes enlaces *web*:

-Video-tutorial para el Grupo A: <https://www.youtube.com/watch?v=7094xQrRrWU>.

-Video-tutorial para el Grupo B: <https://www.youtube.com/watch?v=eqAwTGHnftE>.

-Video-tutorial para el Grupo C: <https://www.youtube.com/watch?v=FkDie6HGGTw>.

- Video-tutorial para el Grupo D: <https://www.youtube.com/watch?v=JOL---IgsOI>.

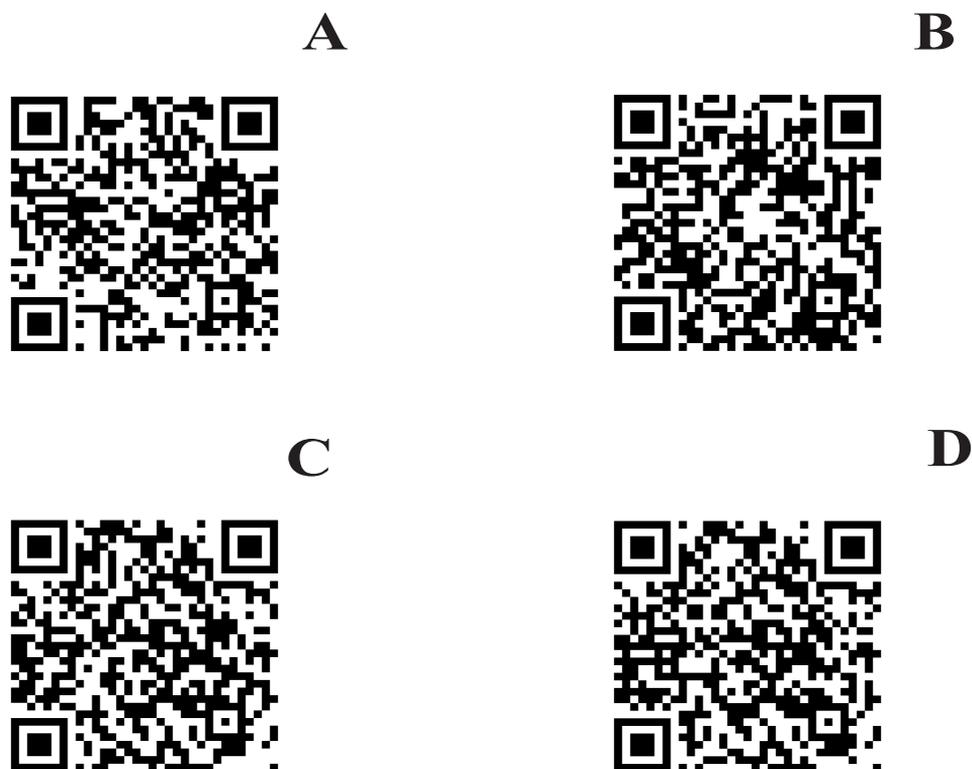


Figura 27. Códigos QR de acceso a los vídeo-tutoriales para el grupo A (A) herramienta de formación interactiva para PC, para el grupo B (B) herramienta de formación en formato *Microsoft Power Point™*, para el grupo C (C) herramienta de formación interactiva en formato *Libro digital* y para el grupo D (D) herramienta de formación tradicional en formato *Documento impreso*.

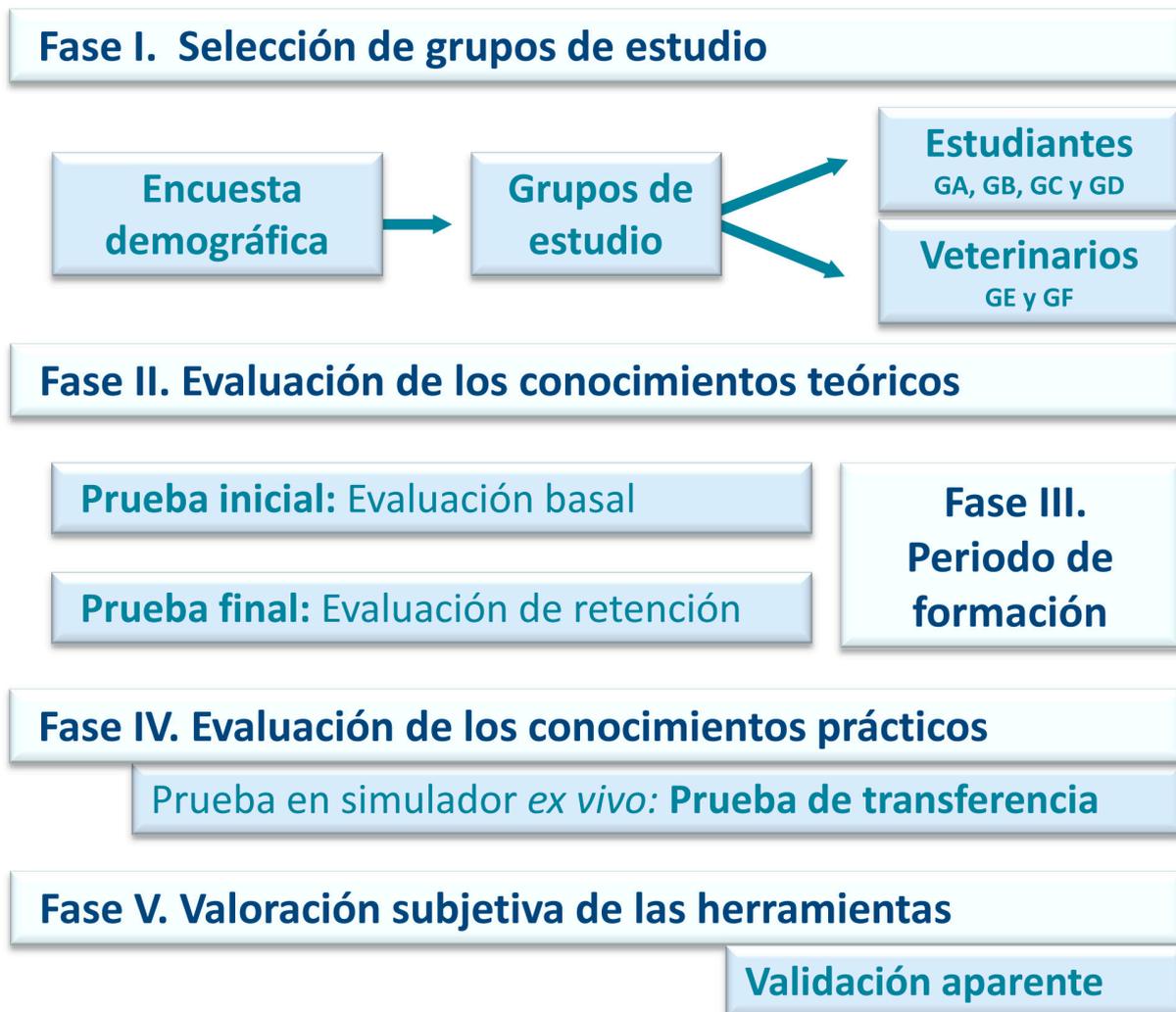


Figura 28. Diseño experimental.

Tabla 11. Fases del estudio ejecutadas por cada grupo del estudio.

GRUPOS		FASES					
		Fase I	Fase II		Fase III	Fase IV	Fase V
		Selección de grupos de estudio	Evaluación de los conocimientos teóricos		Periodo de formación	Evaluación de los conocimientos prácticos	Valoración subjetiva de las herramientas
	Encuesta demográfica	Prueba inicial: Evaluación basal	Prueba final: Evaluación de retención			Prueba en simulador <i>ex vivo</i> : Prueba de transferencia	Validación aparente
Estudiantes	Grupo A	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grupo B	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grupo C	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Grupo D	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Veterinarios	Grupo E	✓	✓			✓	
	Grupo F	✓	✓			✓	

En la Figura 28 y la Tabla 11 se describen el diseño experimental y las fases de estudio respectivamente.

Fase I. Selección de grupos de estudio

Todos los participantes realizaron una encuesta demográfica a través de la plataforma web *SurveyMonkey*®, cuyos contenidos están detallados en el Anexo 4.

Fase II. Evaluación de los conocimientos teóricos

Para la evaluación de los conocimientos teóricos, los alumnos realizaron un examen de 36 preguntas de respuesta múltiple con una única opción de respuesta correcta. Este test presenta cuestiones teóricas sobre los fundamentos básicos, preguntas vinculadas a la posición del paciente y de la sonda según el órgano a explorar, así como preguntas acerca de la identificación de estructuras anatómicas sobre imágenes ecográficas reales y vídeos.

Ésta fase a su vez se divide en:

- **Evaluación basal (prueba inicial).** Al inicio del estudio todos los participantes realizaron el examen anteriormente descrito (*prueba inicial*) para conocer su nivel de conocimientos teóricos sobre ecografía básica y sobre la exploración ecográfica abdominal del perro.

- **Evaluación de retención (prueba final).** Esta prueba fue realizada únicamente por los grupos de estudiantes. Los participantes del estudio realizaron tanto la *prueba inicial* como la *prueba final* accediendo a través de la Plataforma de internet *SurveyMonkey*®. El tiempo establecido tanto para la *prueba inicial* como para la *prueba final* fue de 30 minutos.

Las preguntas estaban englobadas en seis bloques según la temática abordada (Anexo 5).

- **Bloque I:** correspondiente a las preguntas relacionadas con los “*Fundamentos físicos de la ecografía y la ecografía básica*”. Consta de 10 cuestiones sobre ecografía básica.

- **Bloque II:** consta de 3 preguntas relacionadas con la “*Anatomía abdominal del perro*”.

- **Bloque III:** consta de 4 cuestiones referentes a los “*Movimientos y posición de la sonda en el paciente*”.

- **Bloque IV:** corresponde a 5 cuestiones sobre “*La posición del paciente en la exploración*”.

- **Bloque V:** consta de 8 preguntas sobre la “*Identificación ecográfica en imagen digital*”.

- **Bloque VI:** corresponde a 6 preguntas sobre la “*Identificación ecográfica en vídeo*”.

Fase III Periodo de formación

Fase en la cual los estudiantes de Grado de Veterinaria emplearon la herramienta docente correspondiente a su grupo. El tiempo máximo para realizar esta fase fue de 90 minutos.

Fase IV Evaluación de los conocimientos prácticos

- **Prueba de transferencia.** Para ello se ejecutaron 14 ejercicios sobre el simulador *ex vivo*. Estos ejercicios consistieron en localizar e identificar los órganos contenidos en el simulador (Tabla 12).

Todos los participantes del estudio llevaron a cabo de forma individual los ejercicios sobre el simulador *ex vivo*. Para ello recibieron previamente una breve explicación sobre las referencias anatómicas a tener en cuenta en el simulador.

La evaluación de los ejercicios realizados sobre el simulador *ex vivo* fue llevada a cabo por un veterinario especialista en ecografía de pequeños animales. Los participantes disponían de un minuto para realizar cada uno de los 14 ejercicios. Cada ejercicio ejecutado correctamente se puntuaba con un punto. Para los ejercicios de localización o identificación de un órgano o corte anatómico específico, el alumno debía parar el tiempo e indicar en la pantalla el órgano en cuestión, teniendo una única oportunidad. Por otro lado, para los ejercicios en los que se realizaba un movimiento para la exploración específica de un órgano, el alumno debía indicar cuando comenzaba y

cuando terminaba dicho movimiento. Una vez que el alumno finalizaba los 14 ejercicios, el tutor establecía un sumatorio de los ejercicios correctos sobre el total, representándose el resultado en base a una puntuación máxima de 14 puntos.

Fase V Valoración subjetiva de las herramientas (Validación aparente)

Los integrantes de los grupos de estudiantes realizaron la evaluación aparente de la herramienta empleada (Anexo 6). Además ofrecieron su opinión sobre el empleo de las herramientas multimedia en formación (Anexo 7). Para la valoración se empleó una escala del 1 al 5 (1 *nada*, 2 *poco*, 3 *intermedio*, 4 *bastante* y 5 *mucho*).

Tabla 12. Ejercicios que los participantes tuvieron que realizar en el simulador físico ex vivo para ecografía abdominal.

<u>Ejercicios a realizar en el simulador físico ex vivo</u>
1. Identificación del riñón
2. Corte longitudinal del riñón
3. Barrido (angulación) del riñón en corte longitudinal
4. Desplazamiento (deslizamiento) del riñón en corte longitudinal
5. Corte transversal del riñón
6. Barrido (angulación) del riñón corte transversal
7. Desplazamiento (deslizamiento) del riñón en corte transversal
8. Identificación del ovario
9. Identificación del bazo
10. Barrido (angulación) del bazo
11. Desplazamiento (deslizamiento) del bazo
12. Localización del hígado y vesícula biliar
13. Corte longitudinal de la vesícula biliar
14. Corte transversal de la vesícula biliar

Estudio estadístico

Se utilizó el programa informático *Statistical Package for the Social Sciences*, versión 22.0 (IBM SPSS, Chicago, Estados Unidos) para realizar el estudio estadístico.

El test Chi-cuadrado se utilizó para determinar las diferencias entre las características demográficas de los grupos así como para analizar la relación entre la experiencia previa en ecografía con el resultado de la *prueba inicial*.

Para realizar la comparación entre grupos (datos expresados como media \pm SD), se realizaron un test *T-Student* o un análisis de

la Varianza (ANOVA) y un test de Bonferroni en los casos donde los datos seguían la normalidad. Cuando los datos no cumplían una distribución normal se analizaron con un test U de Mann-Whitney. Para ambos casos se establece un nivel significancia de $p < 0,05$.

Para la comparación de las *pruebas inicial y final*, dentro de un mismo grupo se realizó el test *T-Student* para muestras relacionadas.

Los datos obtenidos a partir de la validación subjetiva se analizaron mediante una prueba no paramétrica, *test Kruskal-Wallis* con prueba *post hoc* de *U de Mann-Whitney*.

IV. Resultados

Datos demográficos

En las Tablas 13 y 14 se muestran las características demográficas de los participantes en conjunto y divididos por grupos.

En este estudio participaron un total de 90 personas; 55 mujeres (61,1%) y 35 hombres (38,9%), la mayor parte de participantes tenían un rango de edad comprendido entre los 22 y 24 años (46,7%). El 77,87% de los participantes eran estudiantes del Grado de Veterinaria y el 22,22% eran veterinarios con más de 4 años de experiencia en clínica de pequeños animales.

En cuanto a la población de estudiantes, el 67,14% eran mujeres y el 32,86% hombres. La mayoría de los estudiantes se encontraba en un rango de edad entre 22 y 24 años, lo que suponía el 60% del total de estudiantes.

Por otro lado, en cuanto a los veterinarios prevalecían los que tiene más de 40 años.

Entre los estudiantes predominaban los alumnos de cuarto frente a los de tercero y quinto curso.

En los grupos de veterinarios el porcentaje de mujeres fue de un 40% y el de hombres de un 60%. En cuanto al rango de edad el 40% de los veterinarios presentaba una edad superior a los 40 años.

En los cuatro grupos conformados por estudiantes (A, B, C y D) fueron homogéneos. En lo que respecta al porcentaje de mujeres fue superior al 60% en todos los grupos y la mayoría de los alumnos eran de cuarto o quinto curso.

Tabla 13. Datos demográficos de todos los participantes, tanto estudiantes, como Licenciados en Veterinaria.

	TOTAL	ESTUDIANTES	VETERINARIOS
	(n=90)	(n=70) (77,78%)	(n=20) (22,22%)
Género			
▪ Femenino	55 (61,1%)	47 (67,14%)	8 (40%)
▪ Masculino	35 (38,9%)	23 (32,86%)	12 (60%)
Edad (años)			
	21 (23,3%)	21 (30%)	0 (0%)
▪ 22-24	42 (46,7%)	42 (60%)	0 (0%)
▪ 25-29	3 (3,3%)	3 (4,29%)	0 (0%)
▪ 30-34	10 (11,1%)	4 (5,71%)	6 (30%)
▪ 35-40	6 (6,7%)	0 (0%)	6 (30%)
▪ Más de 40	8 (8,9%)	0 (0%)	8 (40%)
Nivel académico			
▪ Tercer curso	25 (27,8%)	25 (35,71%)	0 (0%)
▪ Cuarto curso	30 (33,3%)	30 (42,86%)	0 (0%)
▪ Quinto curso	15 (16,7%)	15 (21,43%)	0 (0%)
▪ Licenciados en Veterinaria	20 (22,2%)	0 (0%)	20 (100%)

Tabla 14. Datos demográficos por cada grupo de estudio.

	ESTUDIANTES (n=70)				VETERINARIOS (n=20)	
	Grupo A (n=18)	Grupo B (n=17)	Grupo C (n=17)	Grupo D (n=18)	Grupo E (n=11)	Grupo F (n=9)
Género						
▪ Femenino	12 (66,7%)	11 (64,7%)	13 (76,5%)	11 (61,1%)	4 (36,4%)	4 (44,4%)
▪ Masculino	6 (33,3%)	6 (35,3%)	4 (23,5%)	7 (38,9%)	7 (63,6%)	5 (55,6%)
Edad (años)						
▪ 18-21	5 (27,8%)	6 (35,3%)	3 (17,6%)	7 (38,9%)	0 (0%)	0 (0%)
▪ 22-24	12 (66,7%)	10 (58,8%)	11 (64,7%)	9 (50%)	0 (0%)	0 (0%)
▪ 25-29	0 (0%)	0 (0%)	3 (17,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
▪ 30-34	1 (5,5%)	1 (5,9%)	0 (0,0%)	2 (11,11%)	2 (18,2%)	4 (44,4%)
▪ 35-40	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (36,4%)	2 (22,2%)
▪ Más de 40	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (45,4%)	3 (33,3%)
Nivel académico						
▪ Tercer curso	8 (44,5%)	7 (41,17%)	4 (23,5%)	6 (33,3%)	0 (0%)	0 (0%)
▪ Cuarto curso	4 (22,2%)	7 (41,17%)	12 (70,6%)	7 (38,9%)	0 (0%)	0 (0%)
▪ Quinto curso	6 (33,3%)	3 (17,6%)	1 (5,9%)	5 (27,8%)	0 (0%)	0 (0%)
▪ Licenciados en Veterinaria	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)	9 (100%)

Los veinte veterinarios conformaron dos grupos (E y F): un grupo de once personas, con más de cuatro años de experiencia en ecografía de pequeños animales y un grupo de nueve veterinarios, con experiencia clínica pero sin experiencia en ecografía. Ambos grupos presentaron un porcentaje similar de mujeres (30-40% del grupo) y una edad superior a 30 años (Tabla 14).

En cuanto a la experiencia previa en ecografía, más de la mitad de los participantes han presenciado ecografías, sólo once (12,2%) no había presenciado ninguna ecografía. En particular, dentro de cada grupo de estudiantes había niveles de experiencia similares. En todos los grupos, más de un 70% había presenciado ecografías. Ningún estudiante ha realizado más de diez ecografías.

A diferencia de los grupos de estudiantes, tanto en el Grupo E, como en el Grupo F, no había ningún participante que no hubiera presenciado nunca una ecográfica.

Los participantes que habían presenciado alguna exploración ecográfica fueron un 65,6% del total, suponiendo porcentajes superiores al 70% para los grupos de estudiantes A, C y D, y un 88,9% de los participantes para el Grupo F. Los sujetos que habían realizado menos de 10 ecografías conformaron un total del 10% de los participantes, siendo aproximadamente un 11% en cada uno de los grupos de estudiantes y de un 1,1% en el grupo F. Finalmente, todos los expertos en ecografía habían realizado más de 10 ecografías (Tabla 15).

En la Tabla 16 se muestra como el 61,1% del total de los participantes reconoció no jugar nunca a los videojuegos, frente a un 14,4% que lo hacía todos los días.

En cuanto a la familiaridad de los participantes con las herramientas informáticas actuales, el 100% disponía de teléfono inteligente (*Smartphone*), el 98,9% tenía ordenador portátil, sin embargo, solamente el 34,4% disponía de *tablet* (tableta interactiva).

Este porcentaje es mayor en los veterinarios donde ocho de los once participantes del grupo E disponía de una *tablet*.

Por otro lado, el 87,8% del total de participantes conocía alguna aplicación informática para la formación Veterinaria tipo *App* (*Applications*,

aplicación) o *e-learning*. Además el 95,6% de los encuestados consideraba útil la inclusión de estos sistemas informáticos en la formación Veterinaria (Tabla 16).

Tabla 15. Datos referentes a la experiencia previa en la realización de procedimientos ecográficos de toda la población y según el grupo de estudio.

EXPERIENCIA EN ECOGRAFÍA							
Nivel en procedimientos ecográficos	TOTAL (n=90)	ESTUDIANTES (n=70)				VETERINARIOS (n=20)	
		Grupo A (n=18)	Grupo B (n=17)	Grupo C (n=17)	Grupo D (n=18)	Grupo E (n=11)	Grupo F (n=9)
a. Nunca ha presenciado una ecografía.	11 (12,2%)	3 (16,7%)	3 (17,6%)	2 (11,8%)	3 (16,7%)	0 (0%)	0 (0%)
b. Ha presenciado ecografías.	59 (65,6%)	13 (72,2%)	12 (70,6%)	13 (76,5%)	13 (72,2%)	0 (0%)	8 (88,9%)
c. Ha realizado menos de 10.	9 (10%)	2 (11,1%)	2 (11,8%)	2 (11,8%)	2 (11,1%)	0 (0%)	1 (11,1%)
d. Ha realizado más de 10.	11 (12,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)	0 (0%)

Tabla 16 Datos referentes a la experiencia previa con videojuegos y herramientas informáticas de toda la población y de cada grupo de estudio.

	TOTAL (n=90)	ESTUDIANTES (n=70)				VETERINARIOS (n=20)	
		Grupo A (n=18)	Grupo B (n=17)	Grupo C (n=17)	Grupo D (n=18)	Grupo E (n=11)	Grupo F (n=9)
Tiempo que juega a videojuegos							
Todos los días.	13 (14,4%)	5 (27,8%)	4 (23,5%)	0 (0%)	3 (3,3%)	0 (0%)	1 (11,1%)
Dos días a la semana.	13 (14,4%)	1 (5,6%)	2 (11,8%)	6 (35,2%)	4 (22,2%)	0 (0%)	0 (0%)
Una vez a la semana.	7 (7,8%)	4 (22,2%)	1 (5,9%)	1 (5,9%)	1 (5,6%)	0 (0%)	0 (0%)
Una vez al mes.	2 (2,2%)	1 (5,6%)	0 (0%)	1 (5,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Nunca.	55 (61,1%)	7 (38,9%)	10 (58,9%)	9 (52,9%)	10 (55,6%)	11 (100%)	8 (88,9%)
Dispone de tableta informática	31 (34,4%)	5 (27,8%)	4 (23,5%)	4 (23,5%)	5 (27,8%)	8 (72,7%)	5 (55,6%)
Dispone de teléfono inteligente	90 (100%)	18 (100%)	17 (100%)	17 (100%)	18 (100%)	11 (100%)	9 (100%)
Dispone de ordenador portátil	89 (98,9%)	17 (94,4%)	17 (100%)	17 (100%)	18 (100%)	11 (100%)	9 (100%)
Conoce alguna aplicación informática o sistema <i>e-learning</i> para la formación Veterinaria	79 (87,8%)	17 (94,4%)	17 (100%)	17 (100%)	18 (100%)	5 (45,5%)	5 (55,6%)
Considera útil la inclusión de aplicaciones interactivas o <i>e-learning</i> en la formación Veterinaria	86 (95,6%)	16 (88,8%)	17 (100%)	17 (100%)	18 (100%)	10 (90,9%)	8 (88,9%)

Resultados de la evaluación de retención

A. Evaluación global

En el estudio comparativo entre los grupos de estudiantes, los resultados globales de la *prueba inicial* no mostraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 17).

Por el contrario, en la *prueba final* sí que se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. La diferencia más destacable para esta prueba fue la establecida entre el grupo C (*herramienta iPad®*) con respecto al

resto de los grupos (Tabla 17). Además el grupo B (*herramienta PowerPoint™*) también presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto el grupo D (*documento impreso*).

En lo que se refiere a los resultados obtenidos tras la fase de entrenamiento, todos los grupos mostraron una mejora estadísticamente significativa de los conocimientos teóricos globales de las 36 preguntas. En concreto, todos los participantes obtuvieron resultados significativamente superiores en la *prueba final* respecto a la *prueba inicial* (Figura 29).

Tabla 17. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final.

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media ±SD	5,75±2,03	5,48±2,44	5,74±2,08	4,88±2,67	NS
Prueba final Media ±SD	7,64 ±2,04ac	7,83±1,97c	8,69±1,63b	6,92±2,81a	p=0,003
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	

NS= Diferencias estadísticamente no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a, b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

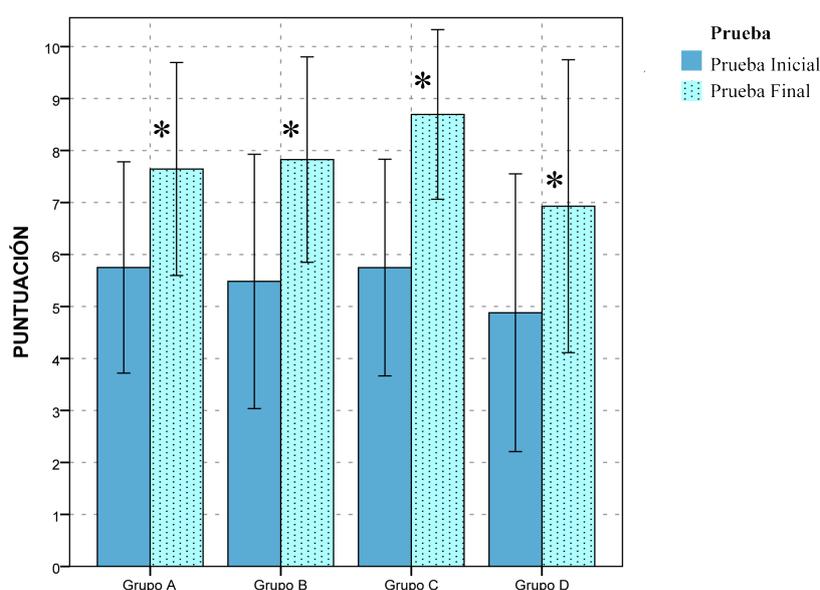


Figura 29. Valores medios globales de las 36 cuestiones para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, (p<0,001) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

En cuanto a los grupos compuestos por veterinarios, la comparación de los resultados de la *prueba inicial* frente a los grupos de estudiantes, se mostraron diferencias estadísticas únicamente en relación al grupo de especialistas en ecografía, no así respecto al grupo de veterinarios inexpertos o grupo F (Tabla 18).

Por otro lado en cuanto a la *prueba final*, todos los grupos, excepto el grupo C mantuvieron las diferencias respecto al grupo E. El grupo C obtuvo valores similares a los observados en el grupo de expertos (Tabla 18 y Figura 30).

Tabla 18. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,43±0,96	Grupo F 5,42±2,33
<i>Prueba inicial</i> Media ± SD	Grupo A	5,75±2,03	p< 0,001	NS
	Grupo B	5,48±2,44	p< 0,001	NS
	Grupo C	5,74±2,08	p< 0,001	NS
	Grupo D	4,88±2,67	p< 0,001	NS
<i>Prueba final</i> Media ± SD	Grupo A	7,64±2,04	p< 0,001	p< 0,001
	Grupo B	7,83±1,97	p< 0,001	p< 0,001
	Grupo C	8,69±1,63	NS	p< 0,001
	Grupo D	6,92±2,81	p< 0,001	p< 0,001

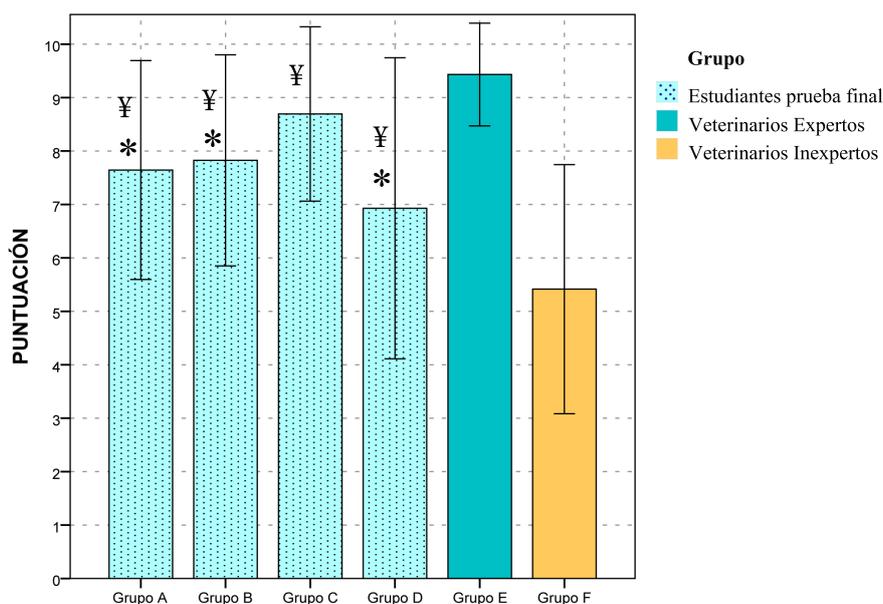


Figura 30. Valores medios globales de las 36 cuestiones para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). *Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) en la “prueba final” de los grupos de estudiantes respecto el grupo E. ¥Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

B. Evaluación por bloques de preguntas

Respecto a la puntuación obtenida en las preguntas correspondientes al **bloque I “Fundamentos físicos de la ecografía y ecografía básica”** no se encontraron diferencias significativas en la *prueba inicial* entre los grupos de estudiantes, aunque sí se observaron

diferencias entre dichos grupos para la *prueba final*, destacando la mejora observada en el grupo C (*herramienta iPad®*) con respecto al resto de los grupos (Tabla 19).

En cuanto a los resultados obtenidos tras la fase de entrenamiento, todos los grupos mejoraron en la *prueba final* respecto la *prueba inicial* (Figura 31).

Tabla 19. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final para el bloque I “Fundamentos físicos de la ecografía y ecografía básica”.

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media ±SD	5,33±1,53	4,94±1,74	5,33±1,23	4,35±1,54	NS
Prueba final Media ±SD	6,94 ±2,04a	7,05±1,71a	9,05±1,1b	6,59±1,97a	$p=0,004$
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	$p<0,001$	$P=0,002$	$p<0,001$	$P=0,003$	

NS= Diferencias estadísticamente no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a,b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

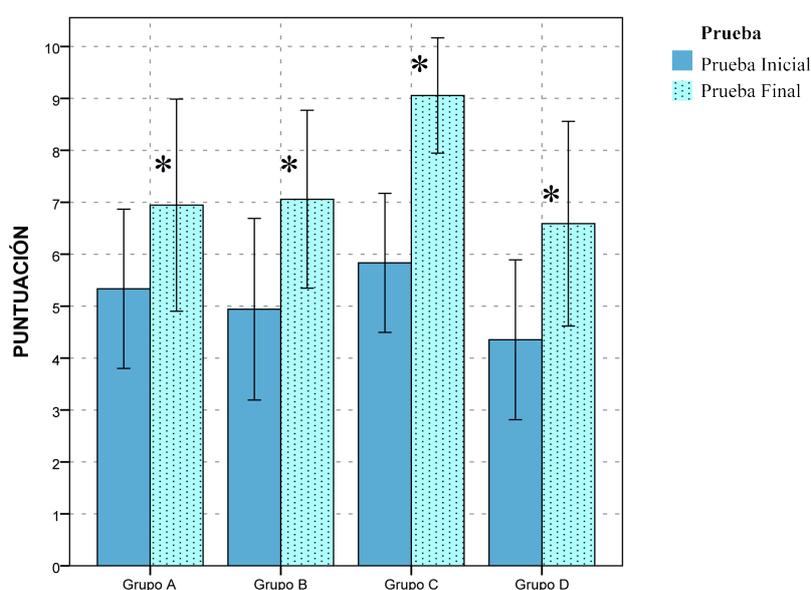


Figura 31. Valores medios obtenidos del bloque I “Fundamentos físicos de la ecografía y ecografía básica” para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Por otro lado, en la comparación de los grupos veterinarios frente los resultados de la *prueba inicial* de los estudiantes, todos ellos mostraron diferencias significativas frente al grupo de expertos, pero no frente al grupo de inexpertos. (Tabla 20).

En cuanto a la *prueba final*, todos los grupos mantuvieron diferencias respecto al grupo E salvo el grupo C, que obtuvo valores similares a los observados en el grupo E. Por otro lado, el único grupo que no presentó diferencias con respecto al grupo de veterinarios inexpertos, fue el grupo D (Tabla 20 y Figura 32).

Tabla 20. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final para el bloque I “Fundamentos físicos de la ecografía y ecografía básica” de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,27±0,64	Grupo F 4,22±1,71
Prueba inicial Media ± SD	Grupo A	5,33±1,53	p< 0,001	NS
	Grupo B	4,94±1,74	p< 0,001	NS
	Grupo C	5,33±1,23	p< 0,001	NS
	Grupo D	4,35±1,54	p< 0,001	NS
Prueba final Media ± SD	Grupo A	6,94±2,04	p= 0,002	p< 0,001
	Grupo B	7,05±1,71	p= 0,01	p< 0,001
	Grupo C	9,05±1,1	NS	p< 0,001
	Grupo D	6,59±1,97	p< 0,001	NS

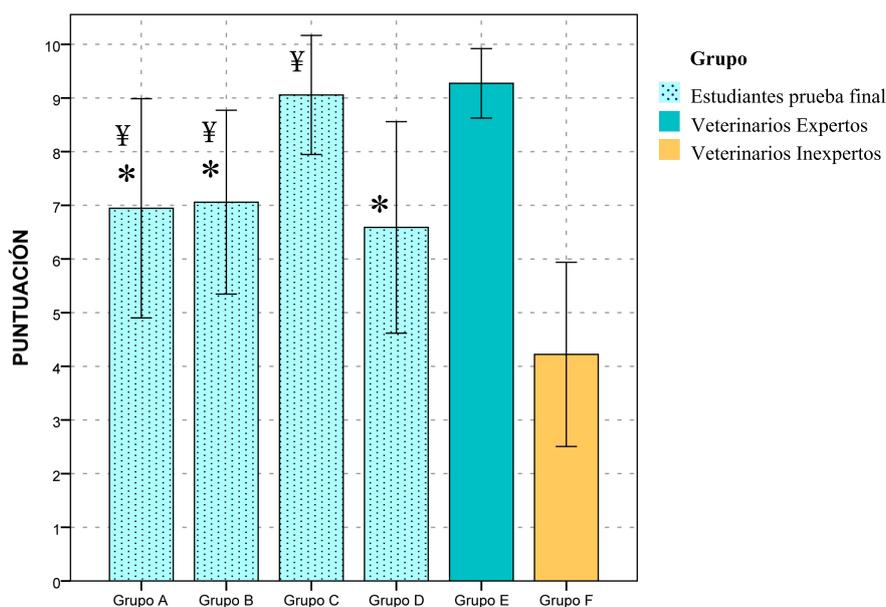


Figura 32. Valores medios obtenidos en el bloque I “Fundamentos físicos de la ecografía y ecografía básica” para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” de los grupos de estudiantes respecto el grupo E. ¥Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

En cuanto a las puntuaciones obtenidas en el **bloque II “anatomía abdominal del perro”** no se observaron diferencias significativas entre grupos de estudiantes en la *prueba inicial*, ni en la *prueba final* (Tabla 21).

Los resultados obtenidos en la *prueba final* fueron superiores a la *prueba inicial* en todos los grupos de estudiantes, mostrando diferencias estadísticamente significativas en todos los grupos (Tabla 21 y Figura 33).

Tabla 21. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final para el bloque II “anatomía abdominal del perro”.

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media ±SD	6,3±2,54	6,47±3	6,67±2,8	5,89±3,02	NS
Prueba final Media ±SD	9,26±1,41	9,22±1,44	9,82±0,78	9,02±2,56	NS
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	$p<0,001$	$P=0,002$	$p<0,001$	$P=0,003$	

NS= Diferencias estadísticas no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a, b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

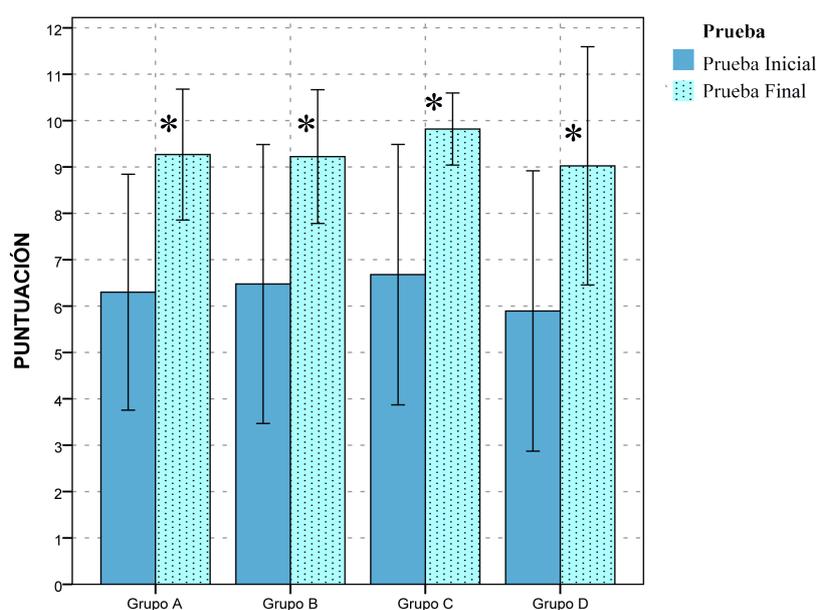


Figura 33. Valores medios obtenidos del bloque II “anatomía abdominal del perro” para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Los resultados de la comparación de los grupos de veterinarios con respecto la *prueba inicial* de los grupos de estudiantes mostraron diferencias estadísticas con respecto al grupo de expertos, no siendo así con respecto el grupo de inexpertos (Tabla 22).

En la *prueba final* los grupos de estudiantes no mostraron diferencias significativas con respecto al grupo de veterinarios expertos. Además, todos los grupos de estudiantes superaron significativamente al grupo de inexpertos (Tabla 22 y Figura 34).

Tabla 22. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final para el bloque II “anatomía abdominal del perro” de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,09±1,56	Grupo F 6,67±2,35
Prueba inicial Media ± SD	Grupo A	6,3±2,54	p< 0,001	NS
	Grupo B	6,47 ±3	p< 0,001	NS
	Grupo C	6,67±2,8	p< 0,001	NS
	Grupo D	5,89±3,02	p< 0,001	NS
Prueba final Media ± SD	Grupo A	9,26±1,41	NS	p= 0,006
	Grupo B	9,22±1,44	NS	p< 0,001
	Grupo C	9,82±0,78	NS	p< 0,001
	Grupo D	9,02±2,56	NS	p< 0,001

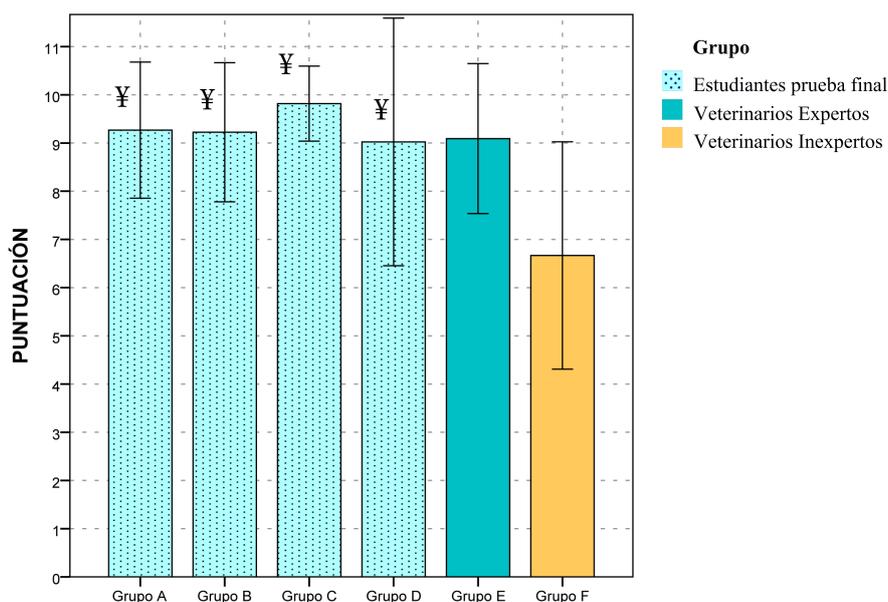


Figura 34. Valores medios obtenidos en el bloque II “anatomía abdominal del perro” para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). ¥ Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

En cuanto al **bloque III** sobre los “**movimientos y posición de la sonda en el paciente**”, no hubo diferencias significativas entre los grupos de estudiantes en la *prueba inicial*, ni en la *prueba final* (Tabla 23).

Una vez realizada la fase de entrenamiento, los grupos A y C mejoraron significativamente con respecto a la *prueba inicial* (Figura 35).

Tabla 23. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final para el bloque III “movimientos y posición de la sonda en el paciente”.

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media ±SD	6,53±2,29	6,47±3,43	6,25±1,96	4,56±3,56	NS
Prueba final Media ±SD	8,61±1,98	6,03±2,66	7,92±1,96	5,15±3,58	NS
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	<i>p</i> =0,006	NS	<i>p</i> =0,01	NS	

NS= Diferencias estadísticamente no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a,b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

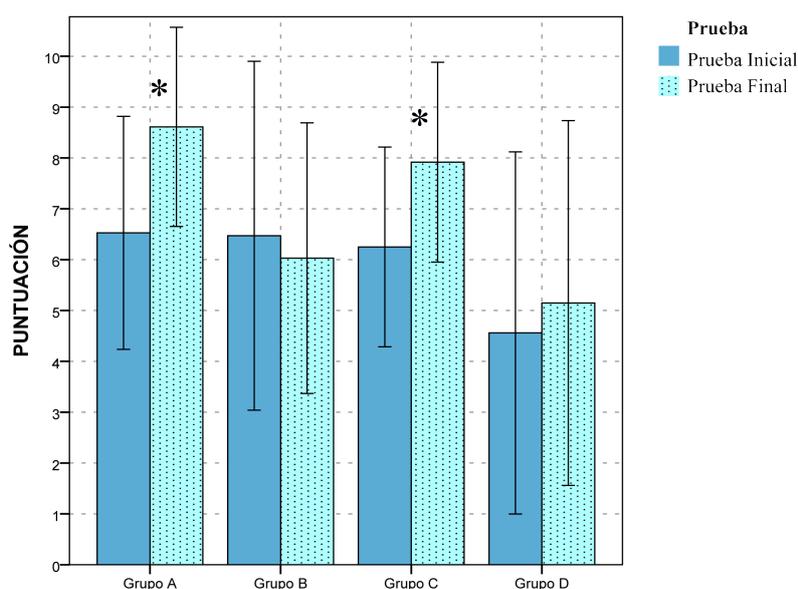


Figura 35. Valores medios obtenidos del bloque III “movimientos y posición de la sonda en el paciente” para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Por otro lado, en cuanto a la comparación de los resultados obtenidos por los grupos de veterinarios con respecto la *prueba inicial* de los grupos de estudiantes, todos presentaron diferencias con respecto el grupo de expertos no siendo así respecto el grupo de inexpertos (Tabla 24).

En cuanto a la comparación de la *prueba final* de los grupos de estudiantes ninguno mostró diferencias significativas con respecto el grupo de veterinarios expertos. Con respecto el grupo de inexpertos, los grupos A y C superaron significativamente su puntuación y los grupos B y D obtuvieron valoraciones significativamente inferiores (Tabla 24 y Figura 36).

Tabla 24. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final para el bloque III “movimientos y posición de la sonda en el paciente”. de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,55±1,01	Grupo F 7,22±1,95
<i>Prueba inicial</i> Media ± SD	Grupo A	6,53±2,29	p< 0,001	NS
	Grupo B	6,47±3,43	p< 0,001	NS
	Grupo C	6,25±1,96	p< 0,001	NS
	Grupo D	4,56±3,56	p< 0,001	NS
<i>Prueba final</i> Media ± SD	Grupo A	8,61±1,98	NS	p= 0,006
	Grupo B	6,03±2,66	NS	p< 0,001
	Grupo C	7,92±1,96	NS	p< 0,001
	Grupo D	5,15±3,58	NS	p< 0,001

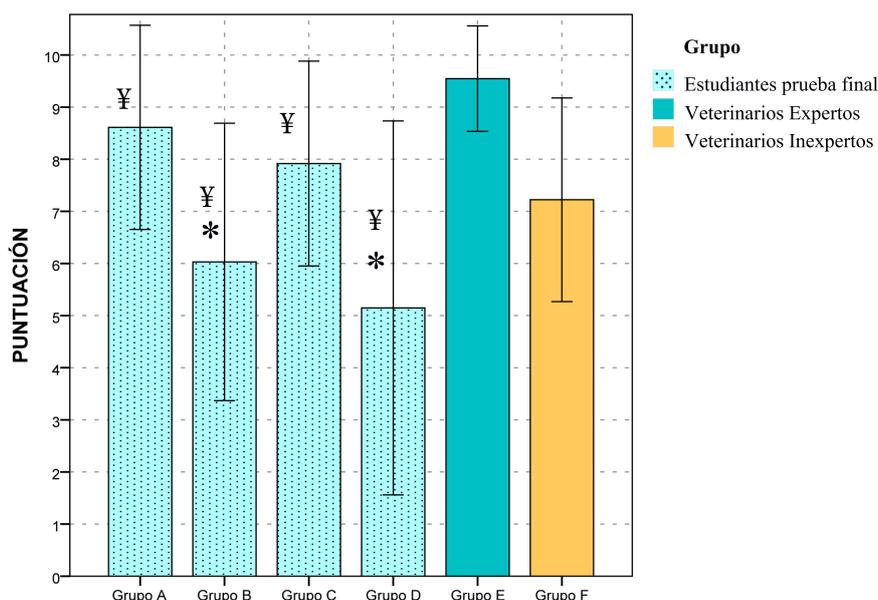


Figura 36. Valores medios obtenidos en el bloque III “movimientos y posición de la sonda en el paciente” para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” de los grupos de estudiantes respecto el grupo E. ¥ Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

En cuanto al **bloque IV** de preguntas acerca de “**la posición del paciente en la exploración**” no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en la *prueba inicial* para los distintos grupos. En cuanto a la *prueba final* sí que existen diferencias significativas entre el grupo A, herramienta de *entrenador para PC*, con respecto grupo

B, herramienta *PowerPoint™* y el grupo C, herramienta *iPad®* (Tabla 25).

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos tras la fase de entrenamiento, el grupo B, grupo C y grupo D mejoraron significativamente en la *prueba final* con respecto la *prueba inicial* (Figura 37).

Tabla 25. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final para el bloque IV “la posición del paciente en la exploración”

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media ±SD	5,67±2,3	5,17±2,13	5,78±1,92	5,05±2,4	NS
Prueba final Media ±SD	6,33±2,4a	9,05±1,59b	9,22±1,39b	8±2,34ab	$p=0,01$
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	NS	$p<0,001$	$p<0,001$	$p=0,001$	

NS= Diferencias estadísticamente no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a, b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

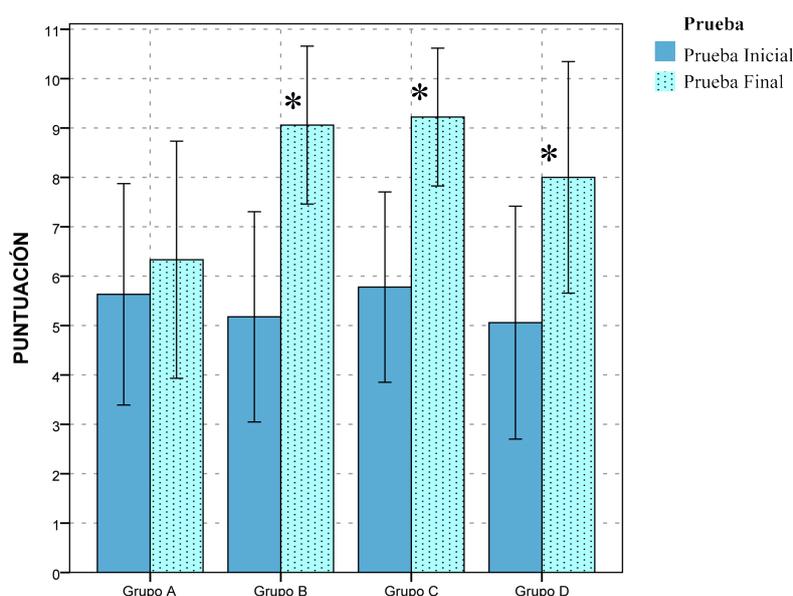


Figura 37. Valores medios obtenidos del bloque IV “la posición del paciente en la exploración” para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de *entrenador para PC*. Grupo B, herramienta *PowerPoint™*. Grupo C, herramienta *iPad®*. Grupo D, documento impreso.

En cuanto a la comparación de los grupos de estudiantes con respecto a los grupos de Veterinarios, todos los estudiantes presentaron diferencias significativas en la *prueba inicial* con respecto al grupo de expertos, presentando valores muy próximos al grupo de inexpertos (Tabla 26).

En cuanto a la *prueba final*, el único grupo que presentó diferencias significativas con respecto al grupo de expertos fue el grupo A, sin embargo no presentó diferencias significativas respecto al grupo de inexpertos (Tabla 26 y Figura 38).

Tabla 26. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final para el bloque IV “la posición del paciente en la exploración” de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,45±0,93	Grupo F 4,89±3,18
<i>Prueba inicial</i> Media ± SD	Grupo A	5,67±2,3	p< 0,001	NS
	Grupo B	5,17±2,13	p< 0,001	NS
	Grupo C	5,78±1,92	p< 0,001	NS
	Grupo D	5,05±2,4	p< 0,001	NS
<i>Prueba final</i> Media ± SD	Grupo A	6,33±2,4	p= 0,005	NS
	Grupo B	9,05±1,59	NS	p< 0,001
	Grupo C	9,22±1,39	NS	p< 0,001
	Grupo D	8±2,34	NS	p= 0,006

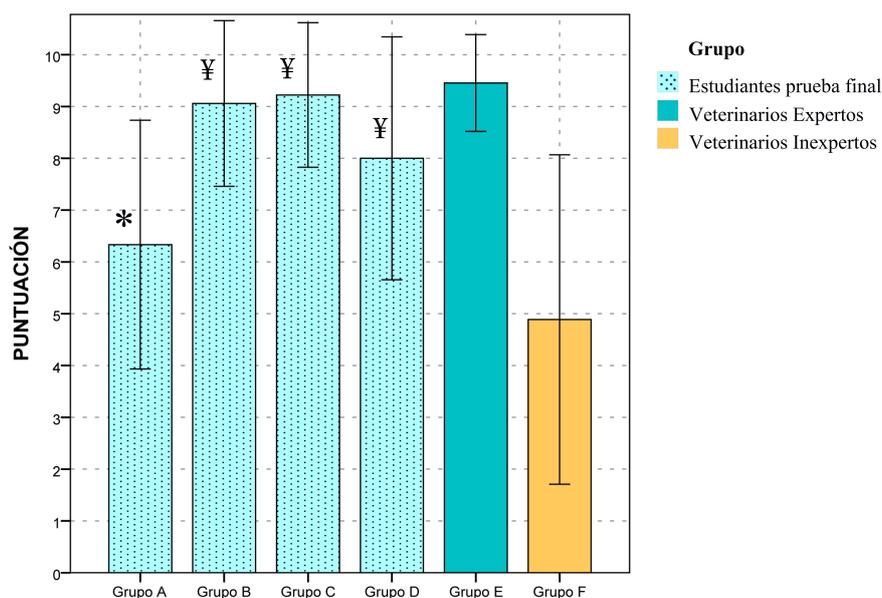


Figura 38. Valores medios obtenidos en el bloque IV “la posición del paciente en la exploración” para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” de los grupos de estudiantes respecto al grupo E. ¥Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

En cuanto al **bloque V** de preguntas acerca de la “**identificación ecográfica en imagen digital**”, ningún grupo de estudiantes presentó diferencias significativas entre grupos, ni para la *prueba inicial*, ni para la *prueba final* (Tabla 27).

Posteriormente a la fase de entrenamiento no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la *prueba inicial* y la *prueba final* para ninguno de los grupos de estudiantes (Figura 39).

Tabla 27. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final para el bloque V “identificación ecográfica en imagen digital”.

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media \pm SD	5,76 \pm 1,4	5,22 \pm 1,72	5,35 \pm 2,14	4,11 \pm 2,1	NS
Prueba final Media \pm SD	7,08 \pm 1,36	8,08 \pm 0,78	8,05 \pm 1,78	6,61 \pm 2,37	NS
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	NS	NS	NS	NS	

NS= Diferencias estadísticamente no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a,b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

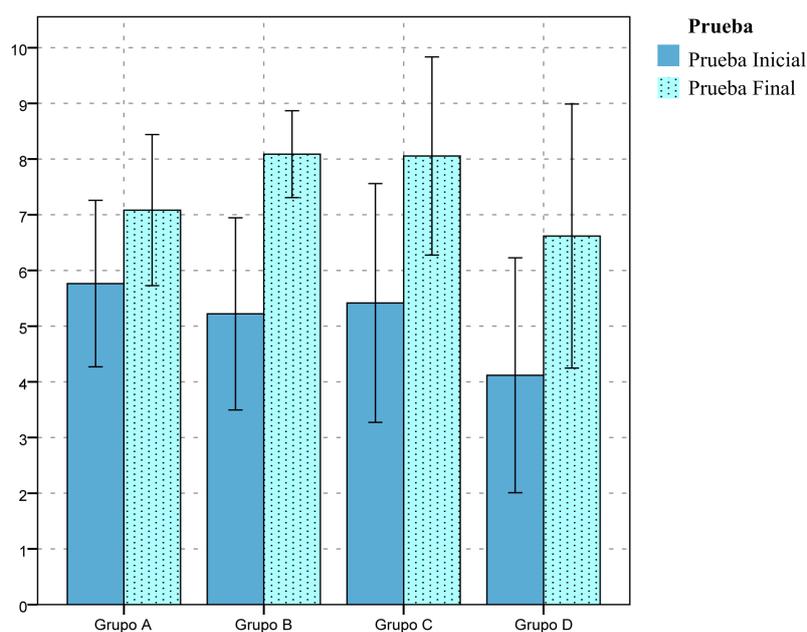


Figura 39. Valores medios obtenidos del bloque V “identificación ecográfica en imagen digital” para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Los resultados de la *prueba inicial* de los estudiantes presentaron diferencias significativas con respecto al grupo de veterinarios expertos, no siendo así con respecto el grupo de inexpertos (Tabla 28).

Por otro lado, en cuanto a la comparación de la *prueba final*, los grupos A y D mostraron valores significativamente inferiores al grupo de expertos. Además, el grupo D no obtuvo diferencias significativas con respecto al grupo de inexpertos (Tabla 28 y Figura 40).

Tabla 28. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final para el bloque V “identificación ecográfica en imagen digital”. de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,31±0,86	Grupo F 4,86±1,58
<i>Prueba inicial</i> Media ± SD	Grupo A	5,76±1,4	p< 0,001	NS
	Grupo B	5,22±1,72	p< 0,001	NS
	Grupo C	5,35±2,14	p=0,001	NS
	Grupo D	4,11±2,1	p< 0,001	NS
<i>Prueba final</i> Media ± SD	Grupo A	7,08±1,36	p=0,006	p=0,01
	Grupo B	8,08±0,78	NS	p< 0,001
	Grupo C	8,05±1,78	NS	p< 0,001
	Grupo D	6,61±2,37	p< 0,001	NS

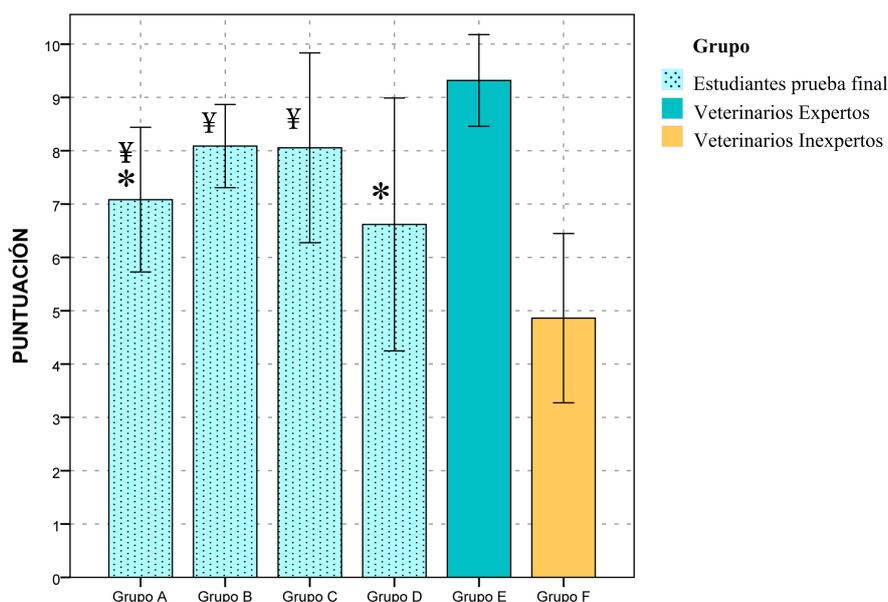


Figura 40. Valores medios obtenidos en el bloque V “identificación ecográfica en imagen digital” para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” de los grupos de estudiantes respecto el grupo E. ¥ Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Finalmente en cuanto al **bloque VI** de preguntas correspondientes a la “**identificación ecográfica en vídeo**” no se observaron diferencias significativas entre grupos ni para la *prueba inicial*, ni para la *prueba final* (Tabla 29).

Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la *prueba inicial* y la *prueba final* (Figura 41).

Tabla 29. Valores medios obtenidos por los grupos de estudiantes en la prueba inicial y final para el bloque VI “identificación ecográfica en vídeo”.

	GRUPOS DE ESTUDIANTES				Nivel de significación Sig.(bil) (Factor grupo)
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	
Prueba inicial Media \pm SD	4,91 \pm 1,58	4,61 \pm 1,73	4,53 \pm 1,61	5,3 \pm 2,91	NS
Prueba final Media \pm SD	7,62 \pm 1,54	7,49 \pm 1,20	8,09 \pm 1,65	6,20 \pm 2,36	NS
Nivel de significación Sig.(bil) (Factor prueba)	NS	NS	NS	NS	

NS= Diferencias estadísticamente no significativas.

Sig (bil) (Factor grupo): Nivel de Significancia Bilateral en el test ANOVA. Test de Bonferroni, a,b y c. Letras distintas denotan medias estadísticamente diferentes.

Sig (bil) (Factor prueba): Nivel de Significancia Bilateral en el test T-Student.

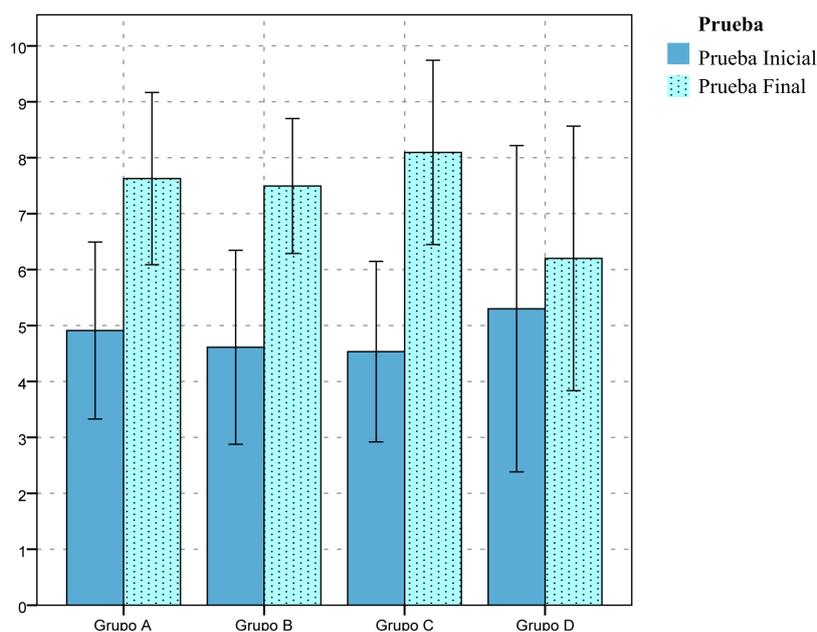


Figura 41. Valores medios obtenidos del bloque VI “identificación ecográfica en vídeo” para las pruebas inicial y final de los grupos de estudiantes. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) entre la “prueba inicial” y la “prueba final”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

En cuanto a la comparación de los resultados de estudiantes con respecto los grupos de veterinarios, cabe destacar que todos los grupos de estudiantes mostraron valores significativamente inferiores al grupo expertos (Tabla 30).

En cuanto a la comparación de la *prueba final* con respecto el grupo de expertos, todos presentaron diferencias significativas menos el grupo C. Con respecto el grupo de inexpertos todos los grupos mostraron diferencias significativas salvo el grupo D (Tabla 30 y Figura 42).

Tabla 30. Comparación de los valores medios de la prueba inicial y final para el bloque VI “identificación ecográfica en vídeo”. de los grupos de estudiantes frente a los grupos de veterinarios.

ESTUDIANTES			VETERINARIOS	
			Grupo E 9,9±0,3	Grupo F 4,62±1,62
Prueba inicial Media ± SD	Grupo A	4,91±1,58	p< 0,001	NS
	Grupo B	4,61±1,73	p< 0,001	NS
	Grupo C	4,53±1,61	p=0,001	NS
	Grupo D	5,3±2,91	p< 0,001	NS
Prueba final Media ± SD	Grupo A	7,62±1,54	p=0,006	p< 0,001
	Grupo B	7,49±1,20	p=0,003	p< 0,001
	Grupo C	8,09±1,65	NS	p< 0,001
	Grupo D	6,20±2,36	p< 0,001	NS

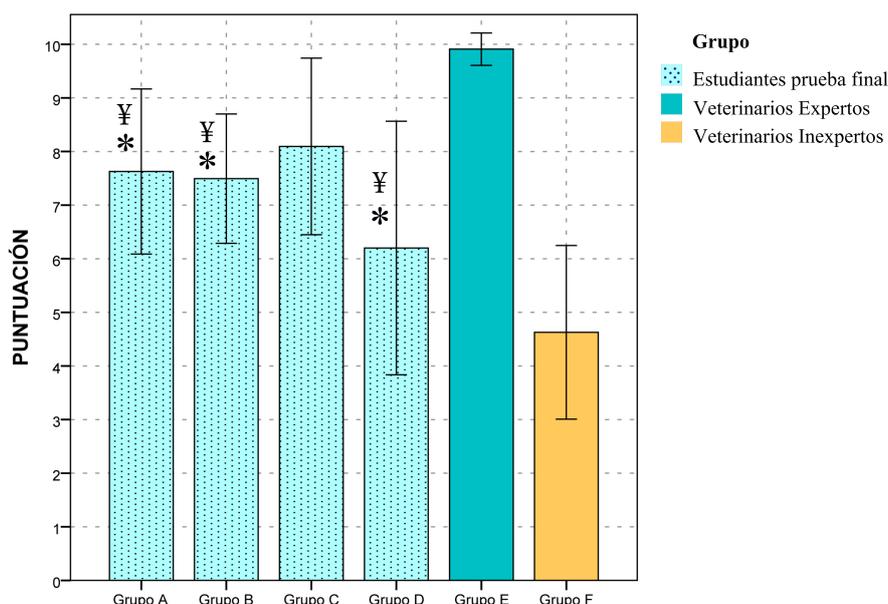


Figura 42. Valores medios obtenidos en el bloque VI “identificación ecográfica en vídeo” para la prueba final de los grupos de estudiantes (A, B, C, D), de los veterinarios expertos (grupo E) y de los veterinarios inexpertos (grupo F). *Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) en la “prueba final” de los grupos de estudiantes respecto el grupo E. ¥ Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,001$) en la “prueba final” entre los grupos de estudiantes y el grupo F. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Resultados de la prueba de transferencia

En cuanto a los resultados obtenidos en la realización de los 14 ejercicios sobre simulador *ex vivo*, ninguno de los grupos de estudiantes obtuvo puntuaciones cercanas a las obtenidas por el grupo de expertos. Todos los grupos presentaron diferencias significativas respecto al grupo de expertos ($E=13,7\pm 0,48$), ($A=7,44\pm 2,9$ $p<0,001$; $B=5,94\pm 4,03$ $p<0,001$; $C= 8,94\pm 2,79$

$p=0,004$; $D=4,28\pm 3,93$ $p<0,001$). Por otro lado ninguno de los grupos de estudiantes presentó diferencias significativas con respecto al grupo de veterinarios sin experiencia en ecografía (grupo $F=5,44\pm 1,74$). El grupo que mejores resultados obtuvo fue el grupo C ($8,94\pm 2,79$), seguido del grupo A ($7,44\pm 2,9$), grupo B ($5,94\pm 4,03$) y grupo D ($4,28\pm 3,93$) (Figura 43).

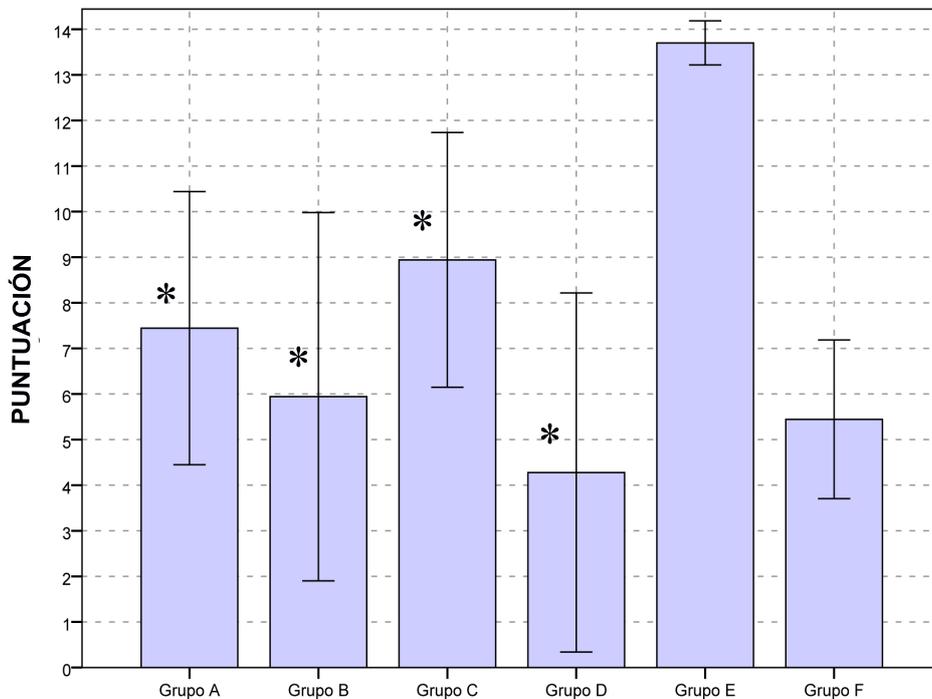


Figura 43. Resultados obtenidos por todos los participantes en la realización de los 14 ejercicios en el simulador *ex vivo* para ecografía veterinaria. *Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,001$) entre la puntuación de los grupos de estudiantes y el grupo de expertos. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™ Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso. Grupo E, veterinarios expertos. Grupo F, veterinarios inexpertos.

Resultados de la evaluación aparente de las herramientas de formación empleadas

A la pregunta **“Utilidad de la herramienta empleada en el aprendizaje de la exploración ecográfica abdominal del perro”** los grupos A, B y C superaron los 3 puntos (sobre 5), ($C=4,47\pm0,70$; $A=3,95\pm0,97$ y $B=3,61\pm1,14$). Por otro lado el grupo que peor valoró su herramienta fue el grupo D con una puntuación de $2,84\pm1,54$ (Figura 44A). El grupo C valoró su herramienta con más de 4,5 puntos en cuanto a la **“Utilidad para el aprendizaje de los principios básicos de ecografía”**. Mientras que los grupos A, B y D valoraron con una puntuación de $4,26\pm0,81$, $3,89\pm1,23$ y $3,53\pm1,54$ respectivamente (Figura 44B).

En cuanto a la **“Utilidad de la indicación de las estructuras anatómicas”**, el grupo C valoró su herramienta en mayor medida que el resto de los grupos, otorgándole una puntuación de $4,44\pm0,51$. El grupo A valoró su herramienta con $4,32\pm1,06$, seguido del grupo B con $3,94\pm1,06$. Finalmente el grupo que menor puntuación otorgó a su herramienta fue el grupo D con $2,74\pm1,24$. (Figura 44C).

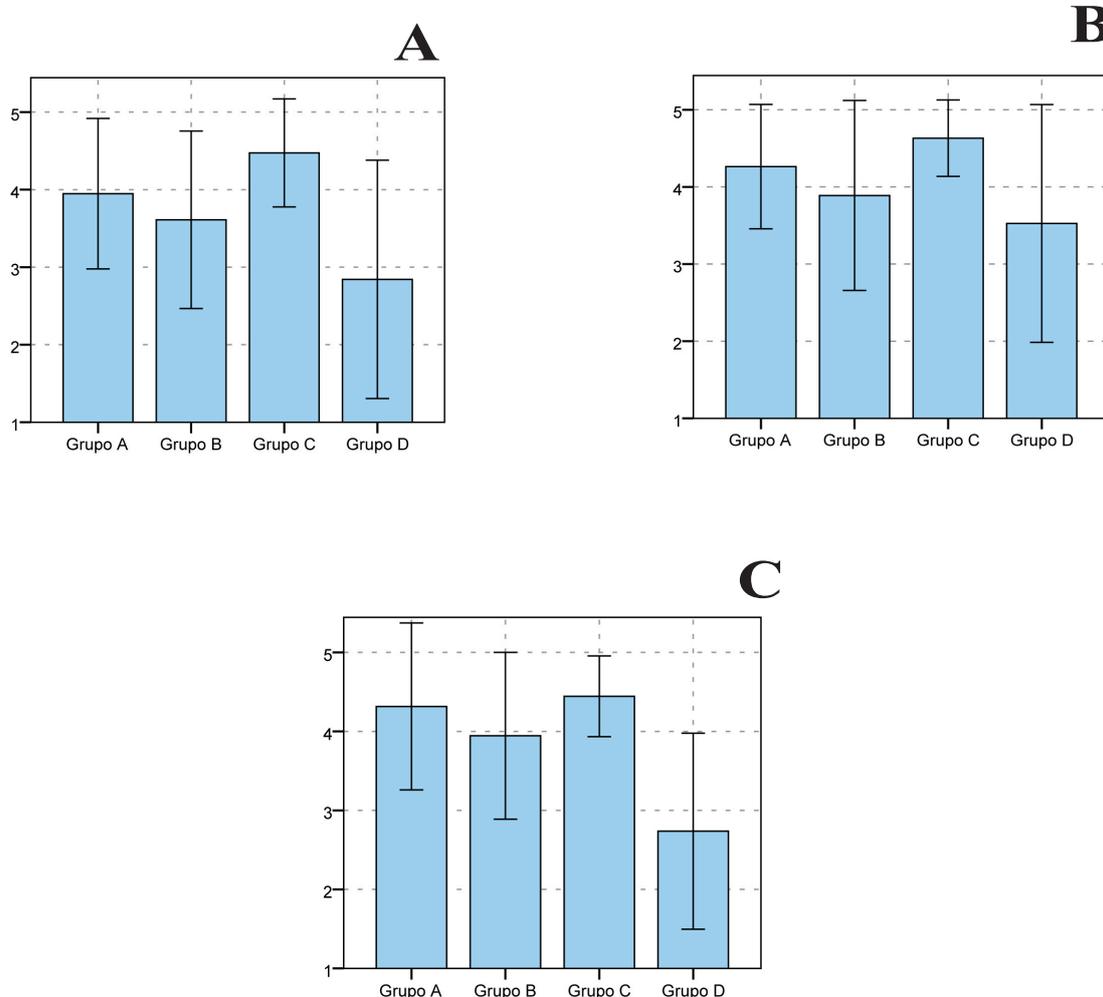


Figura 44. Valores medios obtenidos por todos los grupos de estudiantes para la valoración de: (A) “Utilidad de la herramienta empleada en el aprendizaje de la exploración ecográfica abdominal del perro”; (B) “Utilidad para el aprendizaje de los principios básicos de ecografía” y (C) “Utilidad de la indicación de las estructuras anatómicas”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™, Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Por otro lado, las valoraciones de cada herramienta respecto a la **“Utilidad de la herramienta empleada en el entrenamiento previo a la práctica directa en el paciente”**, superaron los 3 puntos en todos los grupos: B=4,28±0,67, C =4,26±0,73, A=4,06±1 y D=3,26±1,88 (Figura 45A).

Por otro lado en cuanto a la **“Repercusión de la utilización de esta herramienta en la disminución de errores en la práctica clínica”**, el grupo C fue el que valoró más positivamente

este aspecto, seguido de los grupos B, A y D (C=4,17±0,79, B=4,11±1,23, A=4,05±0,91 y D 3,37±1,95) (Figura 45B).

Finalmente, el grupo A fue el que mayor valoración otorgó a su herramienta en cuanto a la **“Contribución del sistema para la disminución de la curva de aprendizaje de la ecografía”** con una puntuación de 3,26±1,37, seguido del grupo C (3,21±1,27), del grupo B (3±1,28) y finalmente grupo A (3,26±1,37) (Figura 45C).

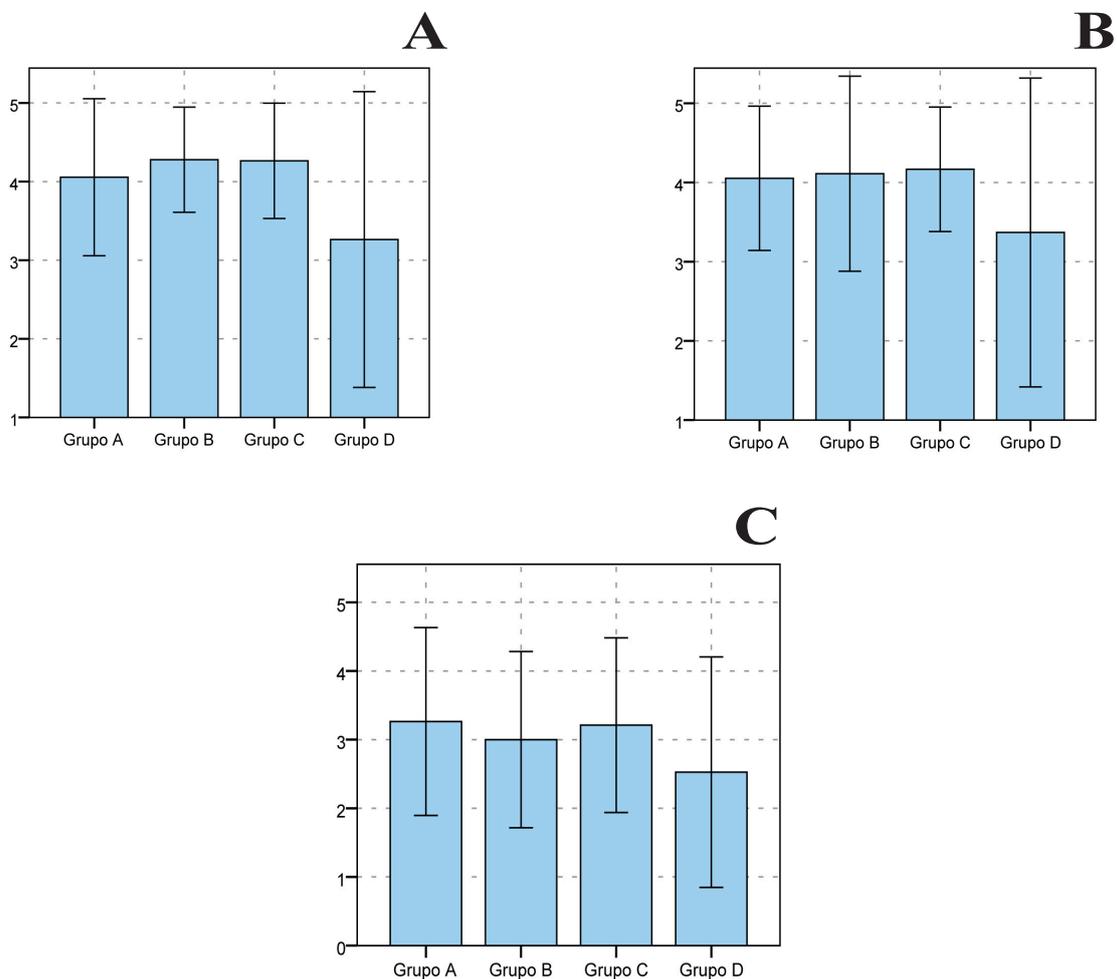


Figura 45. Valores medios obtenidos por todos los grupos de estudiantes para la valoración de (A) “Utilidad de la herramienta empleada en el entrenamiento previo a la práctica directa en el paciente”, (B) “Repercusión de la utilización de esta herramienta en la disminución de errores en la práctica clínica”, (C) “Contribución de este sistema para la disminución de la curva de aprendizaje de la ecografía”. Grupo A, herramienta de entrenador para PC. Grupo B, herramienta PowerPoint™. Grupo C, herramienta iPad®. Grupo D, documento impreso.

Resultados sobre la opinión de los alumnos respecto a las mejoras que se deberían realizar en la “herramienta de formación empleada”

El 63,64% de los usuarios del grupo A, *entrenador para PC*, consideró necesario la mejora en la facilidad de uso del dispositivo. Un 22,7% consideró que debía mejorarse el esquema de presentación del sistema. Por otro lado, un 9,09% consideró necesario mejorar la calidad de las imágenes y únicamente el 4,55% consideró que no era necesario modificar nada (Figura 46).

En el grupo B (herramienta “*PowerPoint™*”), el 42,31% consideró necesario realizar mejoras en la calidad de las imágenes, el 30,77% consideró que no había nada que modificar, el 19,23% que habría que mejorar el esquema de presentación y el 7,69% que habría que mejorar la facilidad de uso (Figura 47).

En el Grupo C (herramienta “*iPad®*”), el 42,11% de los participantes consideró que no era necesario modificar nada. El 36,84% opinó que se debería cambiar la calidad de las imágenes y el 10,53% consideró que se deberían mejorar tanto la la facilidad de uso, como el esquema de presentación (Figura 48).

Por último, en cuanto a las mejoras consideradas por el grupo D (herramienta “*documento impreso*”) un 37,04% consideró oportuna la necesidad de mejorar la facilidad de uso, un 29,63% que debería mejorarse el esquema de presentación, un 22,22% que se debería mejorar la calidad de las imágenes y finalmente, el 11,11% no cambiaría nada (Figura 49).

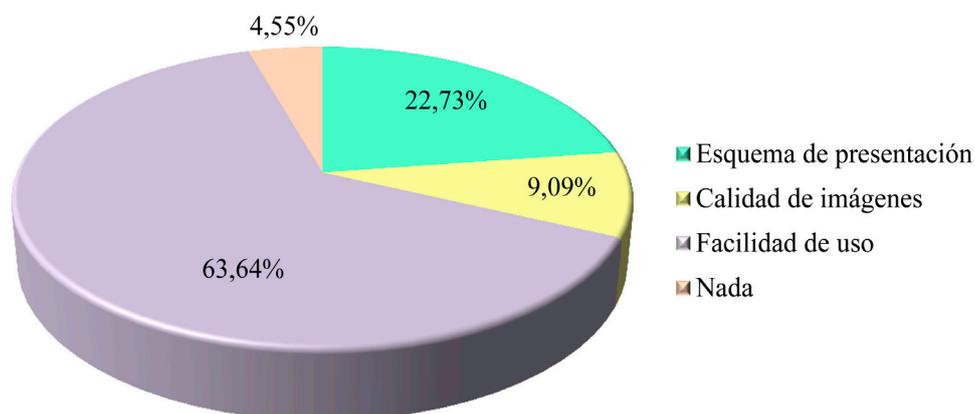


Figura 46. Porcentajes obtenidos sobre los aspectos que deberían mejorarse en la herramienta “entrenador para PC” correspondiente al grupo A.

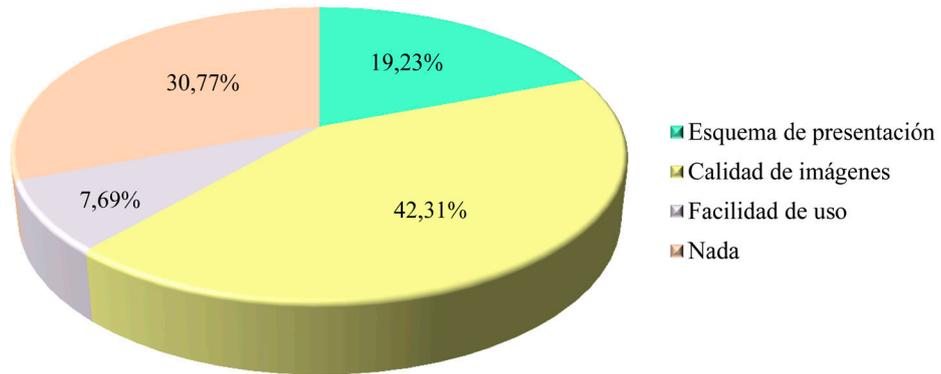


Figura 47. Porcentajes obtenidos sobre los aspectos que deberían mejorarse en la herramienta “Power Point™” correspondiente al grupo B.

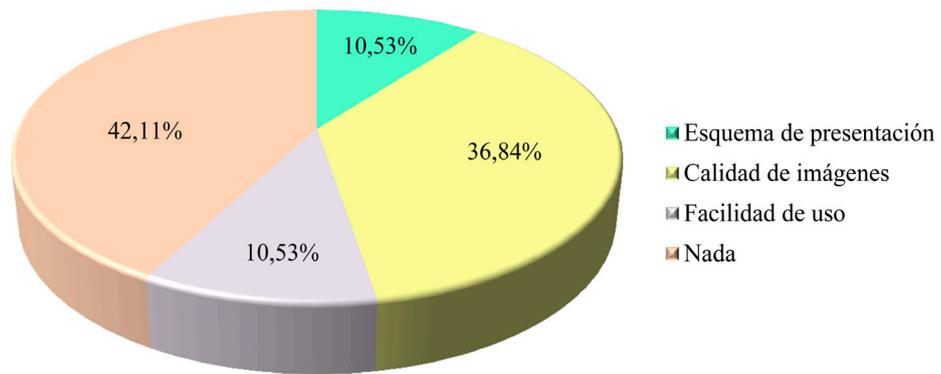


Figura 48. Porcentaje obtenidos sobre los aspectos que deberían mejorarse en la herramienta “Libro digital de exploración ecográfica de especie canina para dispositivos Ipad (iOS)” correspondiente al grupo C.

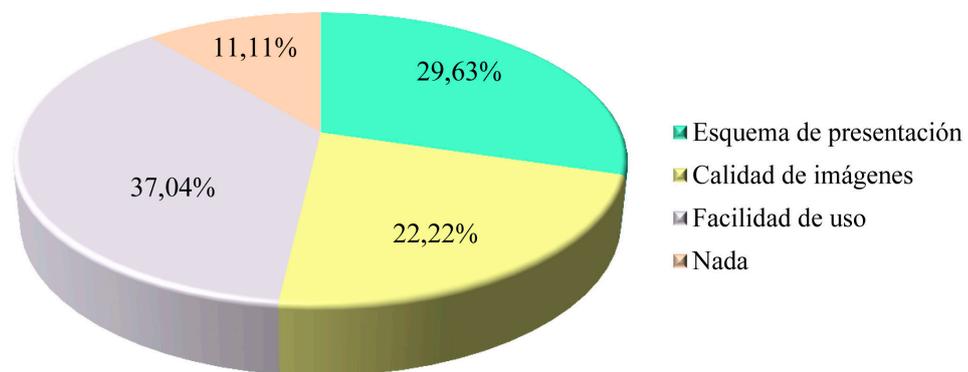


Figura 49. Porcentajes obtenidos sobre los aspectos que deberían mejorarse en la herramienta “Documento impreso” correspondiente al grupo D.

Resultados sobre la opinión de los alumnos en el empleo de herramientas multimedia en la formación

Los grupos que emplearon herramientas multimedia valoraron con más de 4 puntos (sobre 5) todas las preguntas, excepto el grupo D que valoró las cuestiones en torno a los 3 puntos (Figura 50).

El grupo B fue el que otorgó una mayor valoración a la cuestión sobre “en qué medida consideras útil la implantación de herramientas electrónicas multimedia en el aprendizaje de la Veterinaria”, seguido del grupo C, del grupo A y finalmente del grupo D.

Por otro lado el grupo C valoró más el hecho de “en qué medida considera útil la implantación de herramientas multimedia para el aprendizaje de imagen diagnóstica (radiología, ecografía...)”, mientras que el grupo D lo valoró peor (Figura 50).

Finalmente, el grupo B estimó más importante que el resto la cuestión de “considera útil la creación de un entrenador multimedia para el aprendizaje y visualización de patologías ecográficas”. Al igual que el resto de los aspectos valorados, el grupo D fue el que peor valoró esta última cuestión (Figura 50).

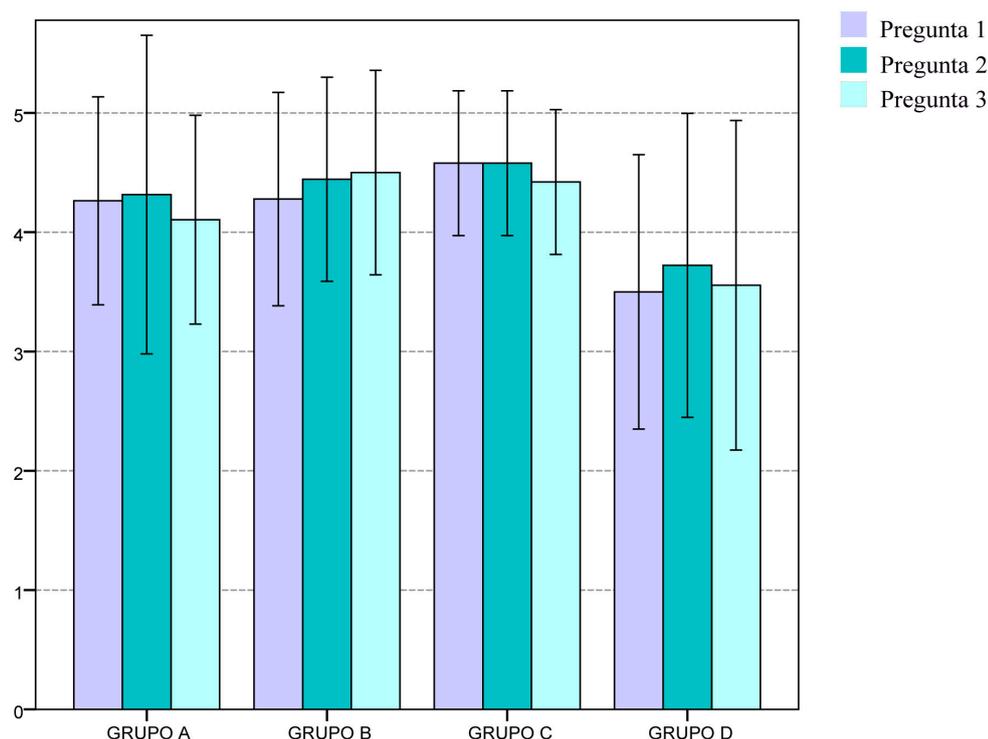


Figura 50. Valores medios obtenidos por todos los participantes de los diferentes grupos en la encuesta de valoración subjetiva para las preguntas:

- Pregunta 1: En qué medida considera útil la implantación de herramientas electrónicas multimedia en el aprendizaje de la Veterinaria.
- Pregunta 2: En qué medida considera útil la implantación de herramientas multimedia para el aprendizaje de imagen diagnóstica (radiología, ecografía...)
- Pregunta 3: Consideraría útil la creación de un entrenador multimedia para el aprendizaje y visualización de patologías ecográficas.

Discusión

La ecografía permite la ejecución del análisis morfológico y funcional a tiempo real del órgano de estudio. Actualmente, esta herramienta diagnóstica tiene, debido a las ventajas que aporta frente a otros métodos invasivos, una amplia aceptación como método diagnóstico, tanto en Medicina Humana como en Veterinaria. Sin embargo, no carece de desventajas. Entre estas últimas destaca que la fiabilidad diagnóstica depende directamente de la experiencia del clínico que lleve a cabo la exploración ecográfica (Blum 2013). De igual modo, este inconveniente se ve acrecentado por el difícil acceso a una formación adecuada (Scrivani 2002, Boysen y Lisciandro 2013) y la inexistencia de programas de estudio específicos y estandarizados instaurados en el Grado de Veterinaria (Ahern, Mallin *et al.* 2010, Kessler y Bhandarkar 2010) (Heegeman y Kieke 2003). Actualmente, dentro del ámbito universitario, el programa teórico y práctico para el estudio de la ecografía depende de cada Facultad. Por otro lado, existen programas de postgrado, en los cuales se puede adquirir una formación en ecografía de alta calidad. Algunos ejemplos de estos programas son los ofrecidos por el “*European College of Veterinary Diagnostic Imaging*” y por el “*American College of Veterinary Radiology*”. La principal limitación que presentan es que requieren una dedicación exclusiva y que están al alcance de muy pocos veterinarios clínicos.

En Medicina Humana destacan los programas específicos de formación en ecografía implementados durante la formación MIR (Médico Interno Residente) de diferentes especialidades, tales como Ginecología y Obstetricia, Radiología y Medicina de Urgencias. Por ejemplo, esta última ha desarrollado un programa de formación avanzado para la valoración ultrasonográfica de urgencia en pacientes politraumatizados (Press, Miller *et al.* 2013).

Los resultados obtenidos en este estudio han demostrado que la aplicación de dicho programa da lugar a una considerable mejora en el diagnóstico de patologías, demostrando la eficacia que tiene la implantación de un *curriculum vitae* específico de formación en ecografía (Press, Miller *et al.* 2013). Otros autores atestiguan que este tipo de formación permite la familiarización de los estudiantes con la ultrasonografía, proporcionándoles una idea general de sus diferentes usos y aplicaciones (Wittich, Montgomery *et al.* 2002).

Además, tanto Wittich y colaboradores (2002), como Tshibwabwa y Groves (2005) constataron que la inclusión de la ecografía en la formación médica universitaria mejora los conocimientos de otras materias relacionadas con la Medicina, en particular, favorece el aprendizaje de la anatomía de una forma más práctica y eficaz.

Aunque algunas Universidades de Medicina han constituido su propio método de formación para la enseñanza de la ecografía con el objetivo de mejorar la eficacia de su aprendizaje, actualmente no existe un método universal estandarizado (Amini 2013). En Veterinaria al igual que en Medicina, no existen ningún patrón normalizado.

Dentro de la Medicina Humana, algunos autores como Palma (2015) recomiendan seguir una serie de pautas. Si bien este autor describe un modelo específico de formación para Medicina Militar, estos aspectos pueden trasladarse a cualquier disciplina médica. La primera recomendación que establece es que es fundamental que el alumno esté familiarizado con la disciplina en la que vaya a trabajar. Por ejemplo, en el caso de la Medicina Militar los alumnos deberán de conocer que la mayoría de casos estarán relacionados con la ecografía de urgencias. En segundo lugar, aconseja combinar

la exploración ecográfica con la formación en anatomía, complementando las imágenes ecográficas con dibujos o imágenes, disección en cadáveres o realizando la exploración física a un paciente real. Además, este autor considera que el aprendizaje de la ecografía es inherente al estudio de la fisiopatología, por lo que sugiere que ambas se estudien de forma simultánea, ya que así se establece una sinergia en el aprendizaje. Aparte de estas recomendaciones, también aconseja un orden en el aprendizaje de las exploraciones. Para empezar, los alumnos deberían realizar los procedimientos más sencillos, como escáneres abdominales y torácicos, identificando la anatomía o la presencia de líquido libre en estas cavidades. Posteriormente, aconseja llevar a cabo la exploración hepatobiliar y después, realizar el protocolo de exploración rápida en caso de shock. Según este autor lo ideal sería dejar para el final aquellos procedimientos que requieran una mayor destreza de las habilidades psicomotoras, como son las punciones ecoguiadas.

Aunque Palma (2015) no considera en su programa de formación el empleo de simuladores para el aprendizaje de la ecografía, debe tenerse en cuenta que el método de aprendizaje de la ecografía no puede llevarse a cabo de forma heurística sobre el paciente. En otros términos, para la adquisición de las habilidades necesarias para la realización e interpretación de una ecografía no es justificable el método de ensayo-error. Por esta razón, y tras revisar la evidencia científica, se considera que la inclusión de herramientas multimedia durante la formación en ecografía facilitaría y apoyaría su aprendizaje, además de ofrecer un entorno autónomo al alumno frente al uso de las herramientas tradicionales (libros, artículos científicos, etc.).

Las **herramientas multimedia**, presentaciones visuales combinadas con texto y voz, y situados en entornos computarizados dinámicos o interactivos, se están implantando de forma creciente en la educación médica. El empleo de este tipo de sistemas está favorecido por las posibilidades de difusión que ofrece internet, por la facilidad de acceso a los contenidos didácticos (Kay 2011, Koch, Fischer *et al.* 2012, Duncan, Yarwood-Ross *et al.* 2013,

Steele, Crabb *et al.* 2013) y porque aporta una flexibilidad temporal y una educación individualizada al usuario (Cook 2007).

Dentro de la Medicina, estas herramientas ofrecen la posibilidad de aprender diferentes procesos fisiológicos, abordar y tomar decisiones frente a casos clínicos y aprender protocolos de actuación (protocolos quirúrgicos y de emergencias) (Boruff y Storie 2014). Además, el hecho de abordar y ensayar una determinada técnica antes de enfrentarse al caso real disminuye considerablemente el número de errores y el estrés del profesional en los futuros casos (Lateef 2010, Govaere Jan, de Kruif *et al.* 2012).

Por otro lado, la implantación de estos sistemas en la docencia se ve mejorada por la facilidad de **acceso a las tecnologías** de los estudiantes y profesores, así como de los profesionales médicos y veterinarios. Así pues, en relación con el acceso a las tecnologías, en nuestro estudio hemos evidenciado que la totalidad de los participantes posee un ordenador y un teléfono inteligente. Por otro lado, únicamente el 24,3% de los alumnos participantes en nuestro estudio disponía de una *tablet*. Estos resultados difieren bastante de un estudio multicentro realizado en Estados Unidos en 2012, donde el 49% de estudiantes de Medicina disponían de este dispositivo (Robinson y Burk 2013).

Además, el 95,6% de los participantes consideró útil la inclusión de aplicaciones y sistemas informáticos en los programas docentes para la formación Veterinaria, prefiriendo el uso de estas herramientas frente a las tradicionales, tal y como sucede en otros estudios sobre la formación en Veterinaria (Vandeweerd, Davies *et al.* 2007, Wang, Rush *et al.* 2014), así como dentro de otras disciplinas (Gikas y Grant 2013). Es interesante observar que este acercamiento de los alumnos y profesores hacia las nuevas tecnologías se va implantando poco a poco en la formación reglada, tanto en Medicina Humana (Schifferdecker, Berman *et al.* 2012, Fernandez-Aleman, Sanchez Garcia *et al.* 2014, Lee y Clarke 2015) como en Veterinaria (Short 2002, Short, Maddison *et al.* 2007, Siegford, Cottee *et al.* 2010).

Además de para el aprendizaje de la ecografía, los **sistemas multimedia de formación** se están empleando para casi todos los ámbitos médicos, como por ejemplo para Odontología (Browne, Mehra *et al.* 2004, Schulz, Sagheb *et al.* 2013, Moazami, Bahrapour *et al.* 2014), Inmunología, Cuidados Críticos y pruebas diagnósticas; destacando un mayor número de desarrollos para el estudio de Anatomía (Pereira, Pleguezuelos *et al.* 2007, Lewis, Burnett *et al.* 2014, Stirling y Birt 2014) y Radiología (Pinto, Brunese *et al.* 2011, Rodrigues, Visvanathan *et al.* 2013).

Específicamente para la formación Veterinaria se ha desarrollado una amplia gama de herramientas multimedia y *e-learning*, siendo posible encontrar desde los sistemas *web* computarizados, a las más recientes aplicaciones para teléfonos inteligentes o para *tablets*. En la bibliografía existen referencias sobre el estudio de este tipo de herramientas aplicadas a la Farmacología (Demuth, Muntener *et al.* 2012), Salud, bienestar y manejo Animal (Barnes, Sims *et al.* 1999, Conrad, Hird *et al.* 2007, Siegford, Cottee *et al.* 2010, Klupiec, Pope *et al.* 2014), Seguridad Alimentaria (Allenspach, Bell *et al.* 2008), Obstetricia (Govaere Jan, de Kruijff *et al.* 2012), Anatomía (Van Ginneken 2005), Radiología (Kraft, Hoskinson *et al.* 1998, Khalil, Johnson *et al.* 2005, Khalil, Paas *et al.* 2005, McGreevy, Shaw *et al.* 2007, Vandeweerd, Davies *et al.* 2007, Hecht, Adams *et al.* 2013) y para la adquisición de diferentes habilidades clínicas (Baillie, Kinnison *et al.* 2011, Artemiou, Adams *et al.* 2013) y quirúrgicas (Short, Maddison *et al.* 2007, Baran, Johnson *et al.* 2009, Baran, Johnson *et al.* 2010).

Dadas las ventajas que ofrecen las herramientas multimedia frente a las tradicionales en el aprendizaje de algunas disciplinas, a finales de siglo XX algunos investigadores como Moreno y Mayer (1999) analizaron los factores y las características para que las herramientas sean más eficaces en la formación. De este modo, surgió la “Teoría del Aprendizaje Multimedia” que ha sido adoptada por muchos investigadores para crear entornos educativos (DiGiacinto 2007). Estos estudios han demostrado cómo

su aplicación puede tener un impacto positivo en el aprendizaje, aumentando la memoria a corto y largo plazo y disminuyendo la carga de trabajo (Schnotz y Kürschner 2007). En definitiva, mejorando los procesos cognitivos del aprendiz (Moreno y Mayer 1999, Moreno y Mayer 2000, Mayer, Heiser *et al.* 2001, Mayer y Moreno 2002, Mayer 2005, Moreno y Mayer 2007, Mayer 2010).

Numerosos estudios han destacado la importancia de las herramientas multimedia como complemento a la formación en ecografía dentro de la Medicina Humana. Es posible encontrar sistemas computarizados o *e-learning* para el aprendizaje de la ecografía aplicados en cardiología, especialmente en la monitorización transesofágica (Kempny y Piorkowski 2010), Medicina Interna (Beaulieu, Laprise *et al.* 2015), Medicina de Urgencias (Platz, Goldflam *et al.* 2010, Damewood, Jeanmonod *et al.* 2011, Markowitz, Hwang *et al.* 2011, Platz, Liteplo *et al.* 2011, Press, Miller *et al.* 2013), Reumatología (Filippucci, Meenagh *et al.* 2007), Anestesiología (Woodworth, Chen *et al.* 2014), Ginecología y Obstetricia (Heer, Middendorf *et al.* 2004, Amesse, Callendar *et al.* 2008), Fisioterapia (McKiernan, Chiarelli *et al.* 2012), Neumología (Cuca, Scheiermann *et al.* 2013) y Anigiología (Gao, Zhang *et al.* 2012). Cabe destacar que ninguno de los estudios anteriores tienen un programa de formación similar al establecido en nuestro estudio en cuanto a los principios básicos de la ecografía y la explicación de la exploración ecográfica abdominal.

Según la bibliografía consultada, en Medicina Veterinaria solo se existe una herramienta *e-learning* para el aprendizaje de la ecografía en pequeños animales. Se trata de un sistema computarizado empleado para el aprendizaje de los fundamentos físicos de la ecografía aplicados a la Veterinaria. Sobre este sistema se han realizado dos estudios. El primero referido al estudio comparativo entre hombres y mujeres para la ejecución de ejercicios, y el segundo sobre la validación aparente de la herramienta (Wood, Dadd *et al.* 1996, Wood, Lublin *et al.* 2000). Aunque en un principio podríamos pensar que el objetivo de estos trabajos son coincidentes con el nuestro, existen numerosas diferencias.

En primer lugar, el objetivo de Wood fue crear un software activo, parecido a un simulador virtual, donde el usuario interactúa variando los parámetros de la imagen ultrasonográfica: ganancia, resolución, frecuencia, etc. para obtener una buena imagen ecográfica. En nuestro caso se pretenden evaluar distintas competencias, tales como el conocimiento de los fundamentos físicos de la ecografía, la identificación de estructuras anatómicas en la imagen ecográfica, la colocación de la sonda; así como conocer la relación entre los movimientos de la sonda, los cortes ecográficos de las estructuras orgánicas y la imagen ecográfica resultante. Otra diferencia respecto a nuestro estudio, probablemente la más importante, es que en el estudio de Wood los alumnos realizaban la prueba de evaluación inmediatamente después de la explicación, sin realizar un examen inicial para saber el nivel basal de conocimientos en ecografía que presentaba cada alumno. Este planteamiento podría ser considerado de poca validez científica, ya que los resultados de la *prueba final* no se compararon con valores iniciales de experiencia, en este caso desconocidos. Finalmente, y en tercer lugar, Wood no establece ninguna comparación con otras herramientas de formación, ni tradicional ni multimedia. Además, no lleva a cabo una prueba de transferencia práctica de los conocimientos adquiridos, se centra principalmente en la comparación de resultados entre hombres y mujeres, hecho que consideramos no vinculante a la adquisición de las habilidades necesarias para ejecutar una exploración ecográfica.

No obstante, nuestro estudio presenta algunas similitudes con el trabajo de Wood: en ambos casos se pretende establecer una herramienta para el aprendizaje de los fundamentos básicos de la ecografía, se evalúa a alumnos de Veterinaria, se emplea un sistema computarizado y se usa un simulador físico *ex vivo*. Aunque en el estudio de Wood, el empleo del simulador formó parte de la fase de formación de los alumnos y no como herramienta de evaluación como hicimos en nuestro estudio. Por otro lado, cabe destacar

que una de las conclusiones de Wood fue que tras el uso del sistema computarizado los alumnos tenían una mayor confianza en la realización de las ecografías y que su empleo fomentaba las ganas de aprender del alumno, cuestiones que no hemos planteado en nuestro estudio.

Por otro lado, en nuestro estudio los grupos se conformaron según el nivel de experiencia, y no el nivel cursado, como se ha realizado en estudios donde se comparaban herramientas de formación *e-learning* con sistemas tradicionales de formación (Browne, Mehra *et al.* 2004, Vandeweerd, Davies *et al.* 2007). Esta conformación por experiencia se debe fundamentalmente a que consideramos que la visualización previa de exploraciones ecográficas no depende del año que cursa el alumno.

Según se deriva de las comparaciones entre las cuatro herramientas, es interesante observar que los alumnos que emplearon las herramientas multimedia (sistema *web*, *PowerPoint™* y *iPad®*) obtuvieron mejores resultados en la *prueba final* que los que utilizaron una herramienta de formación tradicional, lo que coincide con lo descrito por Prabhakaran (2012) y Moazami (2014). En nuestro estudio, al igual que otros autores (Amesse, Callendar *et al.* 2008, Bose, Matyal *et al.* 2011, Moazami, Bahrapour *et al.* 2014), se consideró como herramienta tradicional el documento impreso. El hecho de que obtuvieran mejores resultados que con las herramientas tradicionales, respalda que el empleo adecuado de las herramientas multimedia, aplicando la teoría de la carga cognitiva (Sweller 1994), la teoría multimedia de Mayer (Mayer 2005), así como sus principios (Lau 2014), influyen en la reducción de la carga cognitiva para los mismos contenidos teóricos, en un mismo periodo de tiempo (Issa, Schuller *et al.* 2011, Issa, Mayer *et al.* 2013). Es decir, la utilización de vídeos, animaciones, gráficos, etc. repercute de forma positiva en la adquisición de conocimientos y habilidades para el aprendizaje de la ecografía.

Es difícil realizar comparaciones entre nuestro estudio y estudios similares de la bibliografía. Esto se debe principalmente a la variación de la conformación de grupos y de las herramientas didácticas empleadas para un mismo tema. Además, la variedad de nombres empleados refiriéndose a sistemas multimedia computarizados también dificulta la comparación: *e-learning*, sistemas basados en *web*, sistemas basados en computadoras, etc. Incluso cuando estos están dentro de un mismo tipo de formato, cada desarrollo es completamente diferente a otro, tanto en diseño, como en aplicaciones y objetivos docentes. Por todo ello se considera que establecer una comparación de unos estudios con otros puede llevar a confusión, tal y como demostraron Cook y colaboradores (Cook, Garside *et al.* 2010, Cook, Levinson *et al.* 2010). Este hecho replantea la hipótesis, debiendo valorar si el diseño de la herramienta es efectivo para el aprendizaje, independientemente del formato o de que sea mejor o peor que un sistema tradicional. Así pues, en nuestro estudio hemos establecido tanto la validación de las herramientas de forma individual, estableciendo una comparación con los resultados obtenidos por ecografistas expertos, como comparándolas entre sí para el mismo tipo de evaluación.

En nuestro trabajo, en cuanto a la conformación de los grupos de estudio, no se consideró necesario establecer un grupo control específico, a diferencia de Platz y colaboradores (2010). Esto se debió a que en nuestro estudio, los grupos definidos por el tipo de herramienta realizaron la prueba de evaluación inicial, la fase de formación y la prueba de evaluación final de forma consecutiva, sin que los alumnos tuvieran la posibilidad de abandonar el aula, imposibilitando el contacto con otros compañeros, sirviendo así cada alumno de su propio control. Además, este mismo autor, en un estudio posterior, decidió abolir el grupo control al no observar diferencias significativas entre los resultados de la prueba de evaluación inicial y final del mismo grupo (Platz, Liteplo *et al.* 2011).

Contrariamente a lo esperado, la herramienta *PowerPoint™* obtuvo el segundo puesto en cuanto a los resultados obtenidos en la *prueba final* superando al grupo que empleó la *herramienta para PC*. Según el estudio realizado por Subramanian y colaboradores (2012), donde se comparó un sistema *web* (para PC) computarizado con a una presentación *PowerPoint™* para la exposición un caso clínico de Medicina Interna, los resultados de las pruebas finales a corto y largo plazo fueron significativamente mejores en los alumnos que emplearon el sistema *web* (Subramanian, Timberlake *et al.* 2012). No está claro por qué en nuestro estudio la herramienta *PowerPoint™* obtuvo mejores resultados que el sistema *web* de entrenamiento. Podría atribuirse a que los alumnos que emplearon la herramienta para *PC*, diseñada específicamente para el aprendizaje activo, podían haber requerido de un periodo previo de familiarización con la herramienta (Khalil, Paas *et al.* 2005). Al ser un sistema *web* de entrenamiento, el aprendizaje se basa en la experiencia, si bien es necesaria la colaboración activa del alumno (descubriendo y realizando los ejercicios por sí mismo) y un mayor tiempo (Petrinec, Savitsky *et al.* 2011, Blum 2013). Por otro lado, consideramos posible que no se haya aplicado bien el principio de interactividad en la programación informática del entrenador *web* (Evans y Gibbons 2007, Domagk, Schwartz *et al.* 2010, Grierson, Barry *et al.* 2012) o bien que no se hayan integrado otros principios de la “Teoría del aprendizaje multimedia” (Mayer 2005), tales como el principio de modalidad, al no integrar una explicación auditiva, y el principio de señalización, al no proporcionar una navegación intuitiva. Esta consideración sobre la no aplicación de algunos de los principios multimedia, se debe principalmente a que no se llevó a cabo un estudio previo de validación del sistema, valorando si el diseño del entrenador *web* era el adecuado para su finalidad docente (Yue, Kim *et al.* 2013). Respecto a esta idea, algunos autores consideran que para obtener la máxima eficacia en la docencia es necesario

tener un conocimiento previo de las posibilidades que ofrecen las herramientas *web*, así como comprobar su utilidad para el tipo de materia que se pretende enseñar (Cook 2007, Cook, Garside *et al.* 2010, Stredney 2013).

Además, los resultados del grupo *PowerPoint™* muestran como el empleo del doble canal: vía auditiva y vía visual, es más efectivo en cuanto a la distribución de la carga en el procesamiento, que a su vez mejora la retención de información (Paivio y Sadoski 2011). El hecho de combinar la presentación multimedia y la narración de contenidos fue clave para captar la atención de los receptores, aumentando el grado de implicación y mejorando su aprendizaje cognitivo en base a la teoría sobre la carga cognitiva (Sweller 1994). Además, en esta presentación no se incluyeron contenidos innecesarios o efectos superfluos que pudieran distraer al receptor al aumentar de forma negativa la carga cognitiva de la materia (Harp y Mayer 1998). El principal inconveniente que puede presentar es que al tratarse de una grabación de pantalla, la calidad de los vídeos es baja, pudiendo pasar desapercibidos detalles en las imágenes ecográficas (Liao y Young 2008).

Aunque la herramienta de *PowerPoint™* también puede emplearse para fomentar el aprendizaje activo, la efectividad de ésta depende principalmente del método utilizado para confeccionar la presentación (Rabinowitz, Kernodle *et al.* 2010). Actualmente es una de las herramientas más empleadas en las Facultades de Ciencias de la Salud. Algunos docentes consideran que el propio uso de este *software* ya hace que la presentación sea buena. Esto no siempre es así, ya que una mala presentación puede hacer que el alumno deje de prestar atención e incluso sienta rechazo por la temática abordada (Harden 2008). Por esta razón es importante que el personal docente conozca las teorías sobre el aprendizaje vinculadas al empleo de herramientas multimedia para así conseguir una presentación de calidad docente que permita al alumno asimilar los conceptos de forma sencilla (Issa, Schuller *et al.* 2011, Issa, Mayer *et al.* 2013).

En este estudio no sólo se ha llevado a cabo una comparación entre diferentes herramientas de formación para ecografía, sino que además se ha estudiado la eficacia en el aprendizaje de cada una de las herramientas de forma individual. Por esta razón, y con la finalidad de validar el método de evaluación empleado en las pruebas inicial y final, se propuso la participación de un grupo de veterinarios expertos en ecografía y un grupo de veterinarios sin experiencia, con los que comparar a nuestros grupos estudiantes. Aunque la comparación con un grupo de expertos es muy frecuente en la validación constructiva de simuladores virtuales de ecografía para Medicina Humana (Weidenbach, Razek *et al.* 2009, Chalasani, Cool *et al.* 2011, Madsen, Konge *et al.* 2014), contrariamente a lo que cabría esperar, apenas existe literatura referida a la comparación entre diferentes niveles de experiencia para el uso de herramientas multimedia computarizada para la formación médica específica de ecografía. Un estudio donde se compararon grupos de diferente nivel de experiencia en ecografía torácica fue el realizado por Beaulieu y colaboradores (2015). En este estudio se comparó el nivel de conocimientos teóricos y prácticos en ecografía de los residentes de último año con los residentes de primer año, antes y después de que realizaran un programa específico de entrenamiento en ecografía (Beaulieu, Laprise *et al.* 2015).

De forma más específica, en el análisis comparativo de cada una de las herramientas multimedia, se muestra uno de los hallazgos más interesante que se puede extraer de este trabajo. La herramienta de libro electrónico diseñada para dispositivo *iPad®* mostró los mejores resultados en la *prueba final*. No obstante, no hemos encontrado ningún estudio en la bibliografía referido al uso de libros electrónicos aplicados como herramienta docente en ecografía, existiendo numerosa literatura para su uso en radiología (Rodrigues, Visvanathan *et al.* 2013, Székely, Talanow *et al.* 2013, Berkowitz, Kung *et al.* 2014). Estos autores coinciden en que esta herramienta ha cambiado el paradigma en la formación en radiología dentro de la Medicina Humana, aportando a los

usuarios ventajas en el aprendizaje de patologías y la emisión de diagnósticos, como herramienta de consulta y facilitando la comunicación entre especialistas y pacientes. Por consiguiente, y puesto que la ecografía también es un método de diagnóstico por imagen, estas mismas ventajas podrían establecerse para mejorar su formación. Actualmente, otras especialidades médicas han optado por implantar este tipo de dispositivos en sus programas de formación no estandarizados, describiéndose en la bibliografía estudios para Enfermería (Brusco 2011), Cirugía maxilofacial (Payne, Goodson *et al.* 2012), Medicina interna (Luo, Chapman *et al.* 2013), Inmunología (Ortega-Rivas, Saorin *et al.* 2013) y Anatomía (Lewis, Burnett *et al.* 2014, Stirling y Birt 2014).

Ahora bien, además de poder emplearse las *tablets* como herramientas docentes, se ha demostrado que estos dispositivos facilitan el trabajo diario (buscar información, acceder a bases de datos, tomar notas...) de los facultativos y estudiantes dentro de disciplinas médicas y no médicas (Davison, Murphy *et al.* 2005, Henderson y Yeow 2012, Martin y Ertzberger 2013, Amer y Ibrahim 2014). En el campo de la Veterinaria se han llevado a cabo estudios sobre su aceptación como herramienta docente para los estudiantes, pero no se ha realizado previamente ninguna validación de su uso para una tarea cognitiva específica. En concreto, Wang y colaboradores (2014) afirman que este tipo de dispositivo favorece el aprendizaje de los alumnos de Veterinaria a través de la interacción con el sistema, aunque por otro lado tiene el inconveniente de ser una distracción e interferir de forma negativa en la concentración del alumno.

Dado que los resultados obtenidos en algunas preguntas son muy similares a los obtenidos por el grupo de expertos, consideramos necesario hacer un análisis preciso de los bloques de preguntas de la prueba de evaluación.

En primer lugar, cabe destacar que uno de los hallazgos más relevantes del estudio, coincide con las puntuaciones globales. Tanto el bloque específico de preguntas correspondiente a los

fundamentos físicos de la ecografía básica (bloque I), como el **bloque sobre la exploración del paciente en la exploración (bloque IV)**, mostraron puntuaciones significativamente superiores para el grupo de *iPad*® respecto al resto de métodos empleados. Por tanto, en el caso del bloque I, la herramienta *iPad*® superó significativamente al resto de las herramientas, siendo muy próxima a los resultados del grupo de expertos en este bloque. Estos resultados concuerdan con los de varios estudios, donde se ha demostrado que el uso de las herramientas multimedia mejora el rendimiento académico para la comprensión de diferentes teorías o principios básicos de física, además de la memorización de protocolos (Stelzer, Gladding *et al.* 2009, Chen, Stelzer *et al.* 2010).

En cuanto al bloque correspondiente a la **identificación ecográfica en vídeo (bloque VI)**, no existen evidencias científicas que demuestren que el formato *iPad*® es mejor que el resto de herramientas para el aprendizaje de la ecografía. Pensamos que el motivo de que los resultados sean mejores-similares a los del grupo de expertos-se debe principalmente a la calidad ofrecida para la visualización de las imágenes, así como la posibilidad de tener un control temporal de los vídeos. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el diseño multimedia que empleamos para la herramienta en dispositivo *tablet* es más efectivo para el aprendizaje de la ecografía que el resto de herramientas estudiadas. Aun así, estos resultados deben interpretarse con cautela, puesto que no hay un número suficiente de estudios que certifiquen que el formato de presentación de los contenidos englobados en las herramientas *iPad*® sean mejores que los contenidos presentes en otros formatos multimedia (Amer y Ibrahim 2014). Aún así, cabe destacar que la herramienta *PowerPoint*TM, cuyos vídeos son similares a los presentes en el formato *iPad*®, obtuvo unos resultados ligeramente inferiores. Consideramos que uno de los motivos principales es que al tratarse de una grabación de pantalla, la calidad de los vídeos es baja, pudiendo pasar desapercibidos detalles en las imágenes ecográficas (Liao y Young 2008).

En cuanto a la valoración de las preguntas relacionadas con la **anatomía (bloque II)** no se observaron diferencias significativas entre las diferentes herramientas multimedia en la *prueba final*, ni cuando se compararon con el documento impreso, siendo ligeramente superiores en los alumnos que emplearon la herramienta *iPad*®. Estos mismos resultados fueron descritos por Khalil y colaboradores (2005), quienes realizaron un estudio comparativo entre una herramienta tradicional (documento impreso) y otra computarizada para el aprendizaje de la Radiología en Medicina Veterinaria. Creemos que la similitud de los resultados encontrados entre este estudio y el nuestro es debida a que en ambos trabajos se emplearon imágenes en dos dimensiones en formato impreso en papel y digital para el aprendizaje de la anatomía. Pese a que algunos autores han demostrado que el uso de la imagen digital favorece el aprendizaje en educación médica (Loh, Boo *et al.* 2012), en ambos estudios, no se observó ninguna diferencia. En cambio, en estudios más recientes, como el elaborado por Stirling y Birt (2014) sobre el aprendizaje de anatomía cardiaca, sí se muestran diferencias significativas entre el empleo de un sistema de formación tradicional (imágenes impresas en papel) y una herramienta computarizada, en formato *iPad*® con visualización e interacción de imágenes en tres dimensiones, rasgo por el cual los autores consideran que el rendimiento de los alumnos mejoró considerablemente.

Así pues, dentro de la formación en anatomía, algunos autores han demostrado que si se realiza un programa de formación combinado o mixto (*b-learning*), complementando las sesiones teóricas con el aprendizaje a través de sistemas *online* con contenidos multimedia, los resultados son estadísticamente mejores que los obtenidos en el grupo tradicional (Pereira, Pleguezuelos *et al.* 2007). Es importante destacar que en nuestro estudio, el aprendizaje de la anatomía no fue uno de los objetivos más importantes, sino que se optó por incluirla para favorecer la comprensión de la exploración ecográfica ya que consideramos más significativo poner en valor

el aprendizaje de otras habilidades más ligadas a la ecografía.

En lo que respecta a los resultados obtenidos en las preguntas relacionadas con **la posición y los movimientos de la sonda en el paciente (bloque III)**, estos fueron superiores en la herramienta de sistema *web* de entrenamiento. Este sistema podría clasificarse como un simulador *web* dinámico de alta fidelidad según la clasificación establecida por Lewis y colaboradores (2014). Aunque no se puede ejecutar ni evaluar el movimiento real de la sonda como en otros simuladores (Nicolau, Vemuri *et al.* 2011), el emplear el ratón para orientar la sonda virtual parece que ayudó a los usuarios a memorizar cuáles eran las posiciones correctas. En cuanto a los resultados sobre las preguntas referidas a la posición del paciente para la exploración fueron significativamente mejores frente al resto de grupos, probablemente debido a que los alumnos que participaron en estos grupos observaban vídeos de las exploraciones reales en perro y no un paciente virtual como en el sistema *web* de entrenamiento para *PC*.

Por otra parte, en el bloque correspondiente a la **identificación de las estructuras anatómicas en imagen ecográfica digital (bloque V)**, todas las herramientas multimedia mostraron resultados superiores en la *prueba final*, pero sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre grupos. El grupo que mostró un menor incremento en los resultados de la *prueba final* fue el que empleó en su formación el documento impreso. No obstante, el contenido ecográfico de todas las herramientas proviene de una única fuente de información, por lo que al igual que en los resultados obtenidos en el bloque correspondiente a la anatomía, el formato de presentación (digital o impreso) puede ser condicionante en los resultados.

En cuanto a los resultados obtenidos en las cuestiones correspondientes a la **identificación de las estructuras anatómicas en vídeo de la exploración ecográfica (bloque VI)** fueron superiores en el grupo que empleó la herramienta *iPad*®. Este grupo no presentó diferencias

significativas con respecto al resto de grupos, aunque en la comparación con el grupo de veterinarios expertos fue el único que no obtuvo diferencias significativas.

Aunque la prueba de evaluación sobre conocimientos teóricos muestra qué herramienta es mejor para el aprendizaje de la ecografía de forma global y de forma específica, al igual que otros autores como Beaulieu y colaboradores (2015), consideramos necesario establecer una **prueba de transferencia** de conocimientos en ecografía para todos los participantes del estudio. El objetivo de esta prueba reside en evaluar la capacidad del individuo para llevar a la práctica la materia aprendida y garantizar la eficacia de la herramienta empleada para su formación (Van Merriënboer y Sweller 2010, Blum 2013).

Ante la necesidad de realizar esta prueba de competencias en los participantes, surgió la idea de utilizar un simulador físico *ex vivo*. En nuestra opinión y de acuerdo con Lo y colaboradores (2012) y Chao y colaboradores (2013) consideramos que la utilización de este tipo de herramienta es muy importante para el entrenamiento en el diagnóstico ecográfico. Además, con el uso de este simulador se han evitado algunos inconvenientes relacionados con el tiempo de ejecución de los ejercicios por parte del alumno, con la planificación, así como con el empleo de animales. En cuanto al método de evaluación de los ejercicios, al no existir ninguna referencia descrita en la bibliografía para la evaluación de la exploración ecográfica en el perro, se consideró oportuno la modificación y adaptación de la *Checklist* para exploración abdominal confeccionada para Medicina Humana por la Facultad de Medicina de la Universidad de Carolina del Sur (Hoppmann, Rao *et al.* 2011).

En cuanto a los resultados obtenidos en esta prueba, ninguno de los grupos de estudiantes alcanzó los valores obtenidos por el grupo de expertos, aunque el grupo que empleó la herramienta *iPad*® fue el que más se aproximó, al realizar correctamente más de la mitad de los catorce ejercicios. Esto parece demostrar que el tiempo de práctica con cada una de las

herramientas fue insuficiente o por el contrario que se necesite otro programa complementario de formación. También es verdad que el objetivo del estudio no fue alcanzar los conocimientos de expertos, sino ver qué herramienta didáctica era la más eficaz para disminuir la curva de aprendizaje de los conocimientos básicos en ecografía.

A día de hoy, no hay ningún sistema computarizado validado que se haya comparado con sistemas tradicionales para el aprendizaje de la ecografía en Medicina Veterinaria. Además, debemos añadir que apenas existen simuladores o sistemas computarizados aplicables a Veterinaria, posiblemente debido a sus limitaciones de desarrollo e implantación (Fletcher, Militello *et al.* 2012). Los más desarrollados están encaminados a la formación de técnicas en grandes animales (Kinnison, Forrest *et al.* 2009, Kreiter, Haugen *et al.* 2011). Algunos autores piensan que gracias al desarrollo de las tecnologías informáticas, tanto los simuladores como los sistemas computarizados se implantarán de forma progresiva en el aprendizaje de la ecografía Veterinaria, tal y como sucede en Medicina Humana (Padilla, Lee *et al.* 2008).

A pesar de que en la bibliografía consultada apenas hemos encontrado estudios sobre la validación de diferentes herramientas de formación multimedia en ecografía, uno de los trabajos más reciente y similares al nuestro fue el desarrollado por Bealieu y colaboradores (2015). En este estudio se establece un *curriculum vitae* específico para la formación complementaria *e-learning* del manejo ecográfico vascular en el programa de formación de residentes de Medicina Interna. Al igual que en nuestro estudio Bealieu demuestra cómo con el uso de un sistema multimedia se puede alcanzar un nivel de conocimientos teóricos similares a un experto en una materia específica. Neelankavil y colaboradores (2012) realizaron una comparación entre el empleo de vídeos didácticos y el uso de un simulador para evaluar las habilidades en la realización de ecografía torácica en pacientes. Los alumnos debían obtener cinco imágenes

para interpretarlas posteriormente. Destaca que los resultados fueron superiores en los alumnos que emplearon el simulador. Respecto a nuestro estudio, aunque el grupo que obtuvo mayor puntuación en la realización de los ejercicios sobre el simulador fue el que empleó la herramienta *iPad*®, al igual que en el estudio de Neelankavil, el grupo de *entrenador para PC* fue superior al grupo de exposición de vídeo en formato *PowerPoint*™.

Finalmente, en cuanto al sistema de *entrenador para PC*, aun existiendo un elevado desarrollo de herramientas multimedia en el mercado para la educación médica, no hemos encontrado ningún estudio en el que se contraste el uso de las herramientas tipo *iPad*® con un simulador para *PC* referidos al aprendizaje de la ecografía. Los resultados de nuestro estudio fueron superiores en el grupo que empleó la herramienta *tablet* respecto al grupo de *entrenador para PC*.

En un primer lugar estimamos que el simulador para *PC* tendría mejores resultados ya que se trata de un sistema de aprendizaje activo (prueba de ensayo-error) y de un sistema interactivo (Funke 1998, Evans y Sabry 2003). Además, otro punto de apoyo para nuestra hipótesis fue que Evans obtuvo mejores resultados con la herramienta interactiva que con la convencional para la comprensión de un mecanismo físico (Evans y Gibbons 2007).

Otro de los inconvenientes que muestran los sistemas para *PC* frente a la prueba de transferencia ejecutando ecografías reales es que este tipo de sistemas, al no mostrar la deformidad de los tejidos en la práctica, ni permitir el manejo de la sonda de forma real como los simuladores con soporte físico, no pueden emplearse como herramientas definitorias para la formación autónoma en la obtención de competencia definitivas en ecografía, tal y como define Blum (2013) en la revisión que realizó sobre los sistemas computarizados para simulación ecográfica en Medicina Humana.

Por otro lado, a diferencia de las puntuaciones obtenidas en los conocimientos más teóricos, el grupo que empleó el sistema para *PC* fue superior al grupo que utilizó la presentación *PowerPoint*™. Una posible explicación para esto es que la activación del aprendizaje que generan los sistemas multimedia, en este caso el *entrenador para PC*, es más efectiva que escuchar una presentación de forma pasiva. Este resultado está reforzado por un estudio comparativo entre *e-learning* y una exposición cara a cara para el aprendizaje de la ecografía pulmonar en Medicina Humana, donde el sistema *e-learning* obtuvo mejores resultados (Cuca, Scheiermann *et al.* 2013).

En cuanto a la **evaluación aparente de las herramientas de formación empleadas** por los alumnos de Veterinaria, el sistema *iPad*® fue el mejor valorado, seguido por el *entrenador para PC*, el *PowerPoint*™ y, por último, el documento impreso. Actualmente, aplicaciones específicas para los sistemas *iPad*®, *smartphones* o *tablets* están cada vez más implantados en programas de formación de diferentes ámbitos, especialmente en la educación de Ciencias y Medicina (Hernon, Hopper *et al.* 2007, Payne, Goodson *et al.* 2012, Thompson y Misra 2012, Visvanathan, Hamilton *et al.* 2012, Connor, Brady *et al.* 2013, Worm 2013, Amer y Ibrahim 2014). Dentro de la Medicina Humana se ha extendido bastante el uso de estas herramientas electrónicas móviles, destacando su utilidad en el diagnóstico por imagen (Rodrigues, Visvanathan *et al.* 2013), ya que parecen ayudar en la definición y consecución del diagnóstico (Székely, Talanow *et al.* 2013). En la formación Veterinaria aún no se han desarrollado sistemas que hayan sido evaluados, por lo que los sistemas actuales presentan una dudosa calidad científica (Demuth, Muntener *et al.* 2012). Lo que si se ha demostrado es su eficacia como dispositivo para su uso como herramienta de soporte para tomar notas en clase y organizar el contenido de las lecciones (Eurell, Diamond *et al.* 2005).

Tras la valoración de los alumnos con respecto a la facilidad de uso, el 64% de los participantes que empleó el sistema de *entrenador para PC* consideró que debía mejorarse. Estos resultados no fueron muy alentadores, ya que posiblemente desenmascaran un fallo en el diseño que no haya permitido una correcta interactividad del alumno con el sistema. Este hallazgo tiene implicaciones importantes en los resultados obtenidos en las pruebas de retención y transferencia. Según Kay (2011) un mal diseño de la herramienta computarizada puede ocasionar aburrimiento y frustración al alumno repercutiendo negativamente en su rendimiento cognitivo. Por ello, se debería haber realizado la validación previa de *usabilidad* (Del inglés, definido como la facilidad en la que un usuario puede utilizar una herramienta). Por el contrario, para la herramienta *iPad®*, únicamente el 10% de los alumnos consideró que debía mejorarse la “facilidad de uso”, lo que se atribuye a que el propio sistema *iPad®* presenta un diseño y *usabilidad* validados para la facilitar el manejo y la interactividad al usuario (Stirling y Birt 2014).

El estudio realizado presenta varias **limitaciones**:

- No se han realizado las validaciones aparente y constructiva de los contenidos. Sin embargo, no interfiere con el principal objetivo del estudio (definir la mejor herramienta), ya que en todos los sistemas el contenido fue el mismo.
- El tiempo de interacción del usuario con las herramientas fue el mismo en todos los grupos. Este hecho ha podido limitar el potencial de aprendizaje de las herramientas interactivas, las cuales requieren un mayor periodo de familiarización.
- No se ha incluido un método de aprendizaje cara a cara, es decir, profesor experto-alumnos, al carecer de la disponibilidad temporal de experto y alumnos fuera del horario lectivo universitario.
- Así pues tampoco se ha establecido un método de aprendizaje combinado *b-learning*. Estudios en los que se ha llevado a cabo esta

comparación apenas han mostrado diferencias entre los resultados de los grupos que empleaban herramientas *e-learning* y los que asistían a una formación tradicional para ecografía en Medicina Humana (Platz, Goldflam *et al.* 2010, Platz, Liteplo *et al.* 2011, McKiernan, Chiarelli *et al.* 2012).

- No se ha evaluado la retención a largo plazo tanto para la prueba teórica como de la evaluación de competencias, para así determinar si estas competencias poseen aplicación clínica directa, ya que ambas pruebas no estaban incluidas dentro de los objetivos de este estudio.
- Aunque uno de los objetivos primordiales de este estudio era demostrar que las herramientas multimedia computarizadas pueden ayudar al aprendizaje de la ecografía en las fases iniciales de formación para el conocimientos de los fundamentos básicos y la exploración ecográfica abdominal del perro, aún falta por determinar si la adquisición de habilidades con los sistemas empleados es efectiva en la práctica clínica en pacientes (validación predictiva).

Para superar estas limitaciones, en un futuro estudio se establecerá un grupo constituido por alumnos que asistan a una exposición cara a cara, es decir, profesor experto-alumnos, sobre los fundamentos físicos de la ecografía y la exploración básica abdominal del perro.

Por otro lado, consideramos que también sería conveniente establecer un grupo donde se aplique el aprendizaje combinado, es decir, la suplementación de una explicación convencional con ayuda de un sistema computarizado multimedia. La eficacia de este tipo de aprendizaje está demostrada para en la formación sobre ecografía en Medicina Humana (Lewiss, Hoffmann *et al.* 2014).

Así pues, para certificar que este tipo de herramientas repercuten en la retención de información largo plazo, se debería realizar otra prueba de evaluación, semanas o incluso meses después del periodo de formación (Subramanian, Timberlake *et al.* 2012, Blum 2013, Issa, Mayer *et al.* 2013).

En definitiva, a partir de los conocimientos adquiridos en este trabajo, y para dar respuesta en futuros trabajos a las limitaciones del presente trabajo, consideramos útil establecer unas **directrices** previas al desarrollo e implantación de este tipo de sistemas en un programa educativo:

- En primer lugar, es imprescindible realizar previamente la validación de la herramienta, tanto de tipo aparente, de contenidos y de constructo (Kay 2011, Mossop y Cobb 2013), además de hacer un estudio de *usabilidad* y un estudio comparativo con herramientas tradicionales, ya que no todas las herramientas multimedia que existen en el mercado, simplemente por el hecho de ser multimedia, son mejores que las tradicionales (Blum 2013).

- En segundo lugar, el material docente debe cumplir los principios sobre la “Teoría del Aprendizaje Multimedia” (Moreno y Mayer 1999, Ellaway 2011, Mayer y Moreno 2002, Mayer 2005, Issa, Schuller *et al.* 2011, Lau 2014).

- En tercer lugar, se debe tener en cuenta la dificultad de los conceptos explicados y las habilidades que se pretenden estimular. Ante conceptos muy simples, que puedan comprenderse fácilmente, el empleo de los sistemas multimedia no presentaría ninguna ventaja significativa frente a las herramientas tradicionales (Khalil, Johnson *et al.* 2005, McKiernan, Chiarelli *et al.* 2012).

- En cuarto lugar, debe de conocerse el objetivo final y el límite máximo de situaciones o escenas a explicar, ya que una herramienta muy saturada puede pasar a ser aburrida si no se produce una segmentación y selección de los contenidos que se pretenden mostrar (Mayer, Heiser *et al.* 2001).

- En quinto lugar es importante conocer las posibilidades y limitaciones de diseño que ofrecen los dispositivos. Un ejemplo citado por Blum (2013) es que si queremos diseñar una herramienta cuyo objetivo es aprender a manejar la sonda y hacer una correcta exploración, lo más eficaz sería utilizar un simulador físico o virtual con dispositivo háptico que permita el manejo de la sonda. Y si queremos estudiar las patologías ecográficas habría que emplear un sistema computarizado que nos permita incluir un amplio número de casos clínicos.

- En sexto lugar, los usuarios deben de estar familiarizados con la herramienta o el programa informático, evitando que su empleo no sea un hándicap (Khalil, Johnson *et al.* 2005, Platz, Goldflam *et al.* 2010).

- Por último, en séptimo lugar es importante que en los sistemas multimedia computarizados activen la motivación del usuario para conseguir que el aprendizaje sea más efectivo (Varnhagen y Wright 2008).

Conclusiones

1. El empleo de sistemas multimedia es más eficaz que el sistema tradicional (documento impreso) para el aprendizaje de los fundamentos básicos de la ecografía.
2. La integración de las herramientas multimedia facilita considerablemente al usuario la asimilación del protocolo de exploración ecográfica abdominal del perro y la ejecución de determinados ejercicios de exploración ecográfica sobre un simulador *ex vivo*.
3. Entre las herramientas multimedia evaluadas, el programa diseñado para dispositivo *iPad*® es el más eficaz para el aprendizaje de la ecografía básica Veterinaria.
4. El empleo de la herramienta diseñada para dispositivo *iPad*® es la más eficiente para el aprendizaje de la ecografía en cuanto a la ejecución de una exploración básica en un simulador *ex vivo*.
5. Los catorce ejercicios de exploración ecográfica planteados sobre el simulador físico *ex vivo*, permiten diferenciar el grado de experiencia del operador.

Resumen

Algunas de las principales ventajas que presenta la ecografía como herramienta diagnóstica es que permite la captura de imágenes en tiempo real y que no emite ninguna radiación ionizante perjudicial. Por el contrario, su mayor inconveniente reside en la dificultad de aprender a realizar una ejecución e interpretación correctas. Nuestra hipótesis es que el uso de las herramientas multimedia, tales como las herramientas interactivas para PC, las presentaciones tipo *Power point*TM y los libros electrónicos podrían acortar la curva de aprendizaje de la ecografía en los estudiantes de grado de Veterinaria.

El objetivo de este trabajo es comparar la eficacia de varias herramientas multimedia frente a un método tradicional, evaluando la asimilación de los principios básicos de la ecografía y el protocolo de exploración abdominal del perro, así como la ejecución de ejercicios prácticos en un simulador *ex vivo*.

En este estudio participaron 70 estudiantes de Veterinaria que se dividieron en cuatro grupos de experiencia similar en ecografía (Grupos A, B, C y D) y 20 veterinarios con más de 4 años de experiencia clínica (Grupos E, expertos en ecografía, y F, inexpertos). Cada grupo de estudiantes llevó a cabo una sesión de entrenamiento sobre ecografía básica abdominal del perro con una herramienta diferente. La sesión de entrenamiento del Grupo A se realizó con un sistema interactivo para PC, el grupo B con una vídeo-presentación en *Power point*TM, el grupo C con un libro electrónico específico para *iPad*[®] y en el grupo D con un documento impreso. Todas las herramientas presentan contenidos educativos similares. Todos los grupos de estudiantes respondieron a un examen sobre “los principios básicos de ecografía y la exploración ecográfica abdominal en perro” antes (*prueba inicial*) y después (*prueba final*) de la sesión de entrenamiento. Por otra parte, los grupos de veterinarios (E y F) no realizaron la sesión de entrenamiento, pero sí la prueba de evaluación teórica. Finalmente todos los participantes realizaron un examen práctico que consistió en ejecutar 14 ejercicios sobre un simulador *ex vivo*.

En la *prueba inicial* no se observaron diferencias significativas entre los grupos de estudiantes. Por otro lado, después de la sesión de entrenamiento, las pruebas finales mostraron una puntuación mayor en los grupos que emplearon herramientas multimedia. El Grupo C ($8,69 \pm 1,6$) presentó una puntuación significativamente mayor en comparación con los grupos A, B y D ($A=7,64 \pm 2,04$; $B=7,83 \pm 1,97$ y $D=6,92 \pm 2,81$, $p < 0,003$). En cuanto a la comparación de la *prueba final* entre los grupos de estudiantes con el grupo E, no se observaron diferencias significativas entre los grupos C y E. Sin embargo, en la prueba práctica realizada sobre el simulador *ex vivo*, ningún grupo de estudiantes obtuvo resultados similares a los del grupo E.

En conclusión, el uso de herramientas multimedia mejora la retención de conocimientos a corto plazo para la asimilación de los principios básicos de la ecografía y el protocolo de exploración abdominal del perro, con respecto al empleo de una herramienta tradicional.

Summary

The ultrasound main advantages are that it allows real time images capture and it does not involve ionizing radiation. On the other hand, one of the main disadvantages is the difficulty to interpret. We believe that the use of e-books, *web*-based-learning and *Power Point*TM video-presentations implemented with multimedia tools could shorten the learning curve of ultrasonography of Veterinary Medicine students.

The aim of this work is to assess the effectiveness of the multimedia methods versus a traditional method, determining the assimilation of dog ultrasound scan protocol and the implementation of specific examination exercises on *ex vivo* ultrasound simulator.

This study involved 70 Veterinary students who were divided into four groups of similar experience in ultrasound (groups A, B, C and D) and 20 veterinarians (groups E, expert in ultrasound, and F, inexperienced). Each group of students performed a specific training on basic ultrasound and abdominal ultrasound examination in dogs with different tools. The training session was performed in Group A by means of a specific e-book for *iPad*®, in group B with a video-presentation Power point, in group C with a *web*-based-learning and in group D with a printed paper document. All tools presented similar educational contents. Student groups responded to a test about “Abdominal Ultrasound examination in dogs” before (pre-test) and after (post-test) the training session. On the other hand, the veterinarians groups did not performed the training sessions but completed the same test that students. Finally every participant executed a practical ultrasound scanning test on an *ex vivo* simulator.

In the pre-test no significant differences were observed between groups. On the other hand, post-test showed a greater score in multimedia than traditional tools. Namely, Group C ($8,69 \pm 1,63$) presented a significantly greater score compared with groups A, B and D ($A=7,64 \pm 2,04$; $B=7,83 \pm 1,97$ and $D=6,92 \pm 2,81$, $p < 0,003$). Regarding the comparisons of student’s post-test with group E, no significant differences were observed between group C and group E. Moreover, no student’s group had similar results to group E in the scanning test.

In conclusion, the use of multimedia tools seems to improve to a greater extent the short-term memory retention for learning of basic principles of ultrasound and abdominal examination protocol in dogs.

Bibliografía

ACVR. (2015). "American College of Veterinary Radiology". *Certificate*. [Fecha de consulta 17/04/2015]. Disponible en: <http://www.acvr.org/page/ecvdi-program-essentials>.

Ahern, M., M. P. Mallin, S. Weitzel, T. Madsen and P. Hunt (2010). "Variability in Ultrasound Education among Emergency Medicine Residencies." *West J Emerg Med* 11(4): 314-318.

Aldrich, J. E. (2007). "Basic physics of ultrasound imaging." *Crit Care Med* 35(5 Suppl): S131-137.

Alessandrini, B., S. D'Albenzio, M. Turrini, L. Valerii, M. Moretti, O. Pediconi, M. L. Callegari and R. Lelli (2012). "Emergency management: *e-learning* as an immediate response to veterinary training needs." *Vet Ital* 48(2): 219-225.

Alessi, S. M. y. T., S.R. (2001). *Multimedia for learning: Methods and Development*. Boston, MA, Allyn & Bacon, Inc.

Allenspach, K., J. Bell and K. D. Whittlestone (2008). "Interactive clinical cases in veterinary education used to promote independent study." *Journal of veterinary medical education* 35(4): 589-594.

Amer, H. and W. Ibrahim (2014). Using the *iPad* as a pedagogical tool to enhance the learning experience for novice programming students. *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE*.

Amesse, L. S., E. Callendar, T. Pfaff-Amesse, J. Duke and W. N. Herbert (2008). "Evaluation of Computer-aided Strategies for Teaching Medical Students Prenatal Ultrasound Diagnostic Skills." *Med Educ Online* 13: 13.

Amini, R. A., S. ; Stolz, L. ; O'Brien, K. ; Gross, A. ; Panchal, A. ; Drummond, B. ; Reilly, K. ; Chan, L. ; Sanders, A. (2013). "Theme-Based Ultrasound Education: A Novel Approach to Teaching Point-of-Care Ultrasound to Medical Students." *ANNALS OF EMERGENCY MEDICINE* 62(4): S 136.

Arkhurst, W., A. Pommert, E. Richter, H. Frederking, S. I. Kim, R. Schubert and K. H. Höhne (2001). "A virtual reality training system for pediatric sonography." *International Congress Series* 1230(0): 483-487.

Artemiou, E., C. L. Adams, A. Vallevand, C. Violato and K. G. Hecker (2013). "Measuring the effectiveness of small-group and *web*-based training methods in teaching clinical communication: a case comparison study." *Journal of veterinary medical education* 40(3): 242-251.

Baddeley, A. (2010). "Working memory." *Current Biology* 20(4): R136-R140.

Baddeley, A. D. and G. Hitch (1974). *Working Memory. Psychology of Learning and Motivation*. H. B. Gordon, Academic Press. Volume 8: 47-89.

Bahner, D. P., E. Goldman, D. Way, N. A. Royall and Y. T. Liu (2014). "The State of Ultrasound Education in U.S. Medical Schools: Results of a National Survey." *Acad Med*.

Baillie, S., A. Crossan, S. A. Brewster, S. A. May and D. J. Mellor (2010). "Evaluating an automated haptic simulator designed for veterinary students to learn bovine rectal palpation." *Simul Healthc* 5(5): 261-266.

- Baillie, S., T. Kinnison, N. Forrest, V. H. Dale, J. P. Ehlers, M. Koch, M. Mandoki, E. Ciobotaru, E. de Groot, T. B. Boerboom and P. van Beukelen (2011). "Developing an *online* professional network for veterinary education: the NOVICE project." *Journal of veterinary medical education* 38(4): 395-403.
- Baillie, S., D. J. Mellor, S. A. Brewster and S. W. Reid (2005). "Integrating a bovine rectal palpation simulator into an undergraduate veterinary curriculum." *J Vet Med Educ* 32(1): 79-85.
- Baran, S. W., E. J. Johnson, J. Kehler and F. C. Hankenson (2010). "Development and implementation of multimedia content for an electronic learning course on rodent surgery." *J Am Assoc Lab Anim Sci* 49(3): 307-311.
- Baran, S. W., E. J. Johnson, M. A. Stephens and J. Kehler (2009). "Development of electronic learning courses for surgical training of animal research personnel." *Lab Anim (NY)* 38(9): 295-304.
- Barnes, D. M., J. P. Sims and W. Jamison (1999). "Use of Internet-based resources to support an introductory animal and poultry science course." *J Anim Sci* 77(5): 1306-1313.
- Beaulieu, Y., R. Laprise, P. Drolet, R. Thivierge, K. Serri, M. Albert, A. Lamontagne, M. Belliveau, A.-Y. Denault and J.-V. Patenaude (2015). "Bedside ultrasound training using *web*-based *e-learning* and simulation early in the curriculum of residents." *Critical Ultrasound Journal* 7(1): 1.
- Berkowitz, S. J., J. W. Kung, R. L. Eisenberg, K. Donohoe, L. L. Tsai and P. J. Slanetz (2014). "Resident *iPad* use: has it really changed the game?" *J Am Coll Radiol* 11(2): 180-184.
- Bilek, S. E. y. T., Fulya (2013). "Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review." *International Journal of Food Microbiology* 166(1): 155-162.
- Blum, T. R., A. Navab, N. Friess, H. Martignoni, M. (2013). "A review of computer-based simulators for ultrasound training." *Simul Healthc* 8(2): 98-108.
- Boland, L. E., R. J. Hardie, S. P. Gregory and C. R. Lamb (2003). "Ultrasound-guided percutaneous drainage as the primary treatment for prostatic abscesses and cysts in dogs." *J Am Anim Hosp Assoc* 39(2): 151-159.
- Boruff, J. T. and D. Storie (2014). "Mobile devices in medicine: a survey of how medical students, residents, and faculty use smartphones and other mobile devices to find information." *J Med Libr Assoc* 102(1): 22-30.
- Bose, R. R., R. Matyal, H. J. Warraich, J. Summers, B. Subramaniam, J. Mitchell, P. J. Panzica, S. Shahul and F. Mahmood (2011). "Utility of a transesophageal echocardiographic simulator as a teaching tool." *J Cardiothorac Vasc Anesth* 25(2): 212-215.
- Boysen, S. R. and G. R. Lisciandro (2013). "The Use of Ultrasound for Dogs and Cats in the Emergency Room: AFAST and TFAST." *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice* 43(4): 773-797.
- Branca, F. P., S. A. Sciuto and A. Scorza (2012). "Comparative evaluation of ultrasound scanner accuracy in distance measurement." *Review of Scientific Instruments* 83(10): -.
- Browne, L., S. Mehra, R. Rattan and G. Thomas (2004). "Comparing lecture and *e-learning* as pedagogies for new and experienced professionals in dentistry." *Br Dent J* 197(2): 95-97.
- Brusco, J. M. (2011). "*Tablet* and e-reader technology in health care and education." *AORN J* 93(6): 775-781.
- Bude, R. O. and R. S. Adler (1995). "An easily made, low-cost, tissue-like ultrasound phantom material." *J Clin Ultrasound* 23(4): 271-273.
- Carlos, W. G., K. Goss and M. Morad (2014). "YouTube-based critical care educational videos go viral." *Medical Education* 48(5): 526-526.
- Carrig, C. B. and R. L. Pyle (2001). "Anatomic models and phantoms for diagnostic ultrasound instruction." *Vet Radiol Ultrasound* 42(4): 320-328.

Cikes, M., L. Tong, G. R. Sutherland and J. D'Hooge (2014). "Ultrafast Cardiac Ultrasound Imaging: Technical Principles, Applications, and Clinical Benefits." *JACC Cardiovasc Imaging* 7(8): 812-823.

Connor, K., R. R. Brady, B. Tulloh and A. de Beaux (2013). "Smartphone applications (apps) for bariatric surgery." *Obes Surg* 23(10): 1669-1672.

Conrad, P. A., D. Hird, J. Arzt, R. H. Hayes, D. Magliano, J. Kasper, S. Morfin and S. Pinney (2007). "Interactive computerized learning program exposes veterinary students to challenging international animal-health problems." *Journal of veterinary medical education* 34(4): 497-501.

Cook, D. A. (2007). "Web-based learning: pros, cons and controversies." *Clin Med* 7(1): 37-42.

Cook, D. A., S. Garside, A. J. Levinson, D. M. Dupras and V. M. Montori (2010). "What do we mean by *web*-based learning? A systematic review of the variability of interventions." *Med Educ* 44(8): 765-774.

Cook, D. A., A. J. Levinson and S. Garside (2010). "Time and learning efficiency in Internet-based learning: a systematic review and meta-analysis." *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 15(5): 755-770.

Cuca, C., P. Scheiermann, D. Hempel, G. Via, A. Seibel, M. Barth, T. Hirche, F. Walcher and R. Breitzkreutz (2013). "Assessment of a new *e-learning* system on thorax, trachea, and lung ultrasound." *Emerg Med Int* 2013: 145361.

Cuca, C., P. Scheiermann, D. Hempel, G. Via, A. Seibel, M. Barth, T. O. Hirche, F. Walcher and R. Breitzkreutz (2013). "Assessment of a new *e-learning* system on thorax, trachea, and lung ultrasound." *Emerg Med Int* 2013: 145361.

Culjat, M. O., D. Goldenberg, P. Tewari and R. S. Singh (2010). "A review of tissue substitutes for ultrasound imaging." *Ultrasound Med Biol* 36(6): 861-873.

Chalasan, V., D. W. Cool, S. Sherebrin, A. Fenster, J. Chin and J. I. Izawa (2011). "Development and validation of a virtual reality transrectal ultrasound guided prostatic biopsy simulator." *Can Urol Assoc J* 5(1): 19-26.

Chan, W.-Y., D. Ni, W.-M. Pang, J. Qin, Y.-P. Chui, S.-H. Yu and P.-A. Heng (2010). Learning Ultrasound-Guided Needle Insertion Skills through an Edutainment Game. *Transactions on Edutainment IV*. Z. Pan, A. Cheok, W. Müller, X. Zhang and K. Wong, Springer Berlin Heidelberg. 6250: 200-214.

Chao, S.-L., K.-C. Chen, L.-W. Lin, T.-L. Wang and C.-F. Chong (2013). "Ultrasound Phantoms Made of Gelatin Covered with Hydrocolloid Skin Dressing." *The Journal of Emergency Medicine* 45(2): 240-243.

Dale, V. H., T. Kinnison, N. Short, S. A. May and S. Baillie (2011). "Web 2.0 and the veterinary profession: current trends and future implications for lifelong learning." *Vet Rec* 169(18): 467.

Damewood, S., D. Jeanmonod and B. Cadigan (2011). "Comparison of a multimedia simulator to a human model for teaching FAST exam image interpretation and image acquisition." *Acad Emerg Med* 18(4): 413-419.

Davison, G., S. Murphy and R. Wong (2005). The use of eBooks and interactive multimedia as alternative forms of technical documentation. *Proceedings of the 23rd annual international conference on Design of communication: documenting & designing for pervasive information*. Coventry, United Kingdom, ACM: 108-115.

de Bie, M. H. and L. J. Lipman (2012). "The use of digital games and simulators in veterinary education: an overview with examples." *J Vet Med Educ* 39(1): 13-20.

Demuth, D., C. Muntener and F. Althaus (2012). "[e-TAK - The Swiss Veterinary Drug Compendium for smartphones and tablet-computer]." *Schweiz Arch Tierheilkd* 154(6): 257-259.

- DiGiacinto, D. (2007). "Using multimedia effectively in the teaching-learning process." *J Allied Health* 36(3): 176-179.
- Domagk, S., R. N. Schwartz and J. L. Plass (2010). "Interactivity in multimedia learning: An integrated model." *Computers in Human Behavior* 26(5): 1024-1033.
- Dosher, B. A. (2006). *Working Memory. Encyclopedia of Cognitive Science*, John Wiley & Sons, Ltd.
- Duncan, I., L. Yarwood-Ross and C. Haigh (2013). "YouTube as a source of clinical skills education." *Nurse Educ Today* 33(12): 1576-1580.
- ECVDI. (2015). "European College of Veterinary Diagnostic Imaging". *Credentials*. [Fecha de consulta 03/05/2015]. Disponible en: <http://www.ecvdi.org/coms/credentials-committee>.
- Ehricke, H. H. (1998). "SONOSim3D: a multimedia system for sonography simulation and education with an extensible case database." *Eur J Ultrasound* 7(3): 225-300.
- Ellaway, R. (2011). "Reflecting on multimedia design principles in medical education." *Med Educ* 45(8): 766-767.
- ESAVS. (2015). "European School for Advanced Veterinary Studies". *Certificate*. [Fecha de consulta 23/05/2015]. Disponible en: <http://www.esavs-certificate.org/>.
- ESVPS. (2014). "European School of Veterinary Postgraduate Studies". *Certificates*. [Fecha de consulta 25/09/2014]. Disponible en: <http://www.esvps.org/home/>.
- Eurell, J. A., N. A. Diamond, B. Buie, D. Grant and G. J. Pijanowski (2005). "Tablet computers in the veterinary curriculum." *J Vet Med Educ* 32(1): 113-116.
- Evans, C. and N. J. Gibbons (2007). "The interactivity effect in multimedia learning." *Computers & Education* 49(4): 1147-1160.
- Evans, C. and K. Sabry (2003). "Evaluation of the interactivity of *web*-based learning systems: principles and process." *Innovations in Education & Teaching International* 40(1): 89-99.
- Fernandez-Aleman, J. L., A. B. Sanchez Garcia, M. J. Lopez Montesinos, P. Marques-Sanchez, E. Bayon Darkistade and F. J. Perez Rivera (2014). "Exploring the Use of information and communication technologies and social networks among university nursing faculty staff. An opinion survey." *Invest Educ Enferm* 32(3): 438-450.
- Filippucci, E., G. Meenagh, A. Ciapetti, A. Iagnocco, A. Taggart and W. Grassi (2007). "*E-learning* in ultrasonography: a *web*-based approach." *Ann Rheum Dis* 66(7): 962-965.
- Fletcher, D. J., R. Militello, G. L. Schoeffler and C. L. Rogers (2012). "Development and evaluation of a high-fidelity canine patient simulator for veterinary clinical training." *Journal of veterinary medical education* 39(1): 7-12.
- Flynn, K. y. R., Miladin (2011). "Evaluation of defects in materials using resonant ultrasound spectroscopy." *Journal of Materials Science* 46(8): 2548-2556.
- Funke, J. (1998). "Computer-based Testing and Training with Scenarios from Complex Problem-solving Research: Advantages and Disadvantages." *International Journal of Selection and Assessment* 6(2): 90-96.
- Gao, L., Y. Zhang, K. Zhang, G. Cai, J. Zhang and X. Shi (2012). "A computer simulation model for Doppler ultrasound signals from pulsatile blood flow in stenosed vessels." *Computers in Biology and Medicine* 42(9): 906-914.
- Garcia, D. A. y. F., T. R. (2012). "Errors in abdominal ultrasonography in dogs and cats." *J Small Anim Pract* 53(9): 514-519.
- George, D. R., T. D. Dreibelbis and B. Aumiller (2013). "Google Docs and SurveyMonkey: lecture-based active learning tools." *Med Educ* 47(5): 518.
- Gikas, J. and M. M. Grant (2013). "Mobile computing devices in higher education: Student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media." *The Internet and Higher Education* 19(0): 18-26.

Goetz, E. T. S., Mark (1995). "Commentary: The Perils of Seduction: Distracting Details or Incomprehensible Abstractions?" *Reading Research Quarterly* 30(3): 500.

Govaere Jan, L. J., A. de Kruif and M. Valcke (2012). "Differential impact of unguided versus guided use of a multimedia introduction to equine obstetrics in veterinary education." *Computers & Education* 58(4): 1076-1084.

Gregory, J. y. C., Peter (2003). "Avoidance behaviour of *Alosa fallax fallax* to pulsed ultrasound and its potential as a technique for monitoring clupeid spawning migration in a shallow river." *Aquatic Living Resources* 16(3): 313-316.

Grierson, L. E., M. Barry, B. Kapralos, H. Carnahan and A. Dubrowski (2012). "The role of collaborative interactivity in the observational practice of clinical skills." *Med Educ* 46(4): 409-416.

Gunning, P., A. Smith, V. Fox, D. M. Bolt, J. Lowe, C. Sinclair, T. H. Witte and R. Weller (2013). "Development and validation of an equine nerve block simulator to supplement practical skills training in undergraduate veterinary students." *Vet Rec* 172(17): 450.

Harden, R. M. (2008). "Death by *PowerPoint*—the need for a 'fidget index'." *Medical Teacher* 30(9-10): 833-835.

Harp, S. F. and R. E. Mayer (1998). "How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning." *Journal of Educational Psychology* 90(3): 414-434.

Heath, S., J. Higgs and D. R. Ambruso (2008). "Evidence of knowledge acquisition in a cognitive flexibility-based computer learning environment." *Med Educ Online* 13: 16.

Hecht, S., W. H. Adams, M. A. Cunningham, I. F. Lane and N. E. Howell (2013). "Student performance and course evaluations before and after use of the Classroom Performance System in a third-year veterinary radiology course." *Vet Radiol Ultrasound* 54(2): 114-121.

Heegeman, D. and B. Kieke (2003). "Learning curves, credentialing, and the need for ultrasound fellowships." *Acad Emerg Med* 10: 404 - 405.

Heer, I. M., K. Middendorf, S. Muller-Egloff, M. Dugas and A. Strauss (2004). "Ultrasound training: the virtual patient." *Ultrasound Obstet Gynecol* 24(4): 440-444.

Heller, M. (1997). "Emergency ultrasound: out of the acoustic shadows [editorial]." *Ann Emerg Med* 29: 380 - 382.

Heller, M. and S. Melanson (1997). "Applications for ultrasonography in the emergency department." *Emerg Med Clin North Am* 15: 735 - 744.

Henderson, S. and J. Yeow (2012). *iPad in Education: A Case Study of iPad Adoption and Use in a Primary School*. System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on.

Hernon, P., R. Hopper, M. R. Leach, L. L. Saunders and J. Zhang (2007). "E-book Use by Students: Undergraduates in Economics, Literature, and Nursing." *The Journal of Academic Librarianship* 33(1): 3-13.

Hoppmann, R. A., V. V. Rao, M. B. Poston, D. B. Howe, P. S. Hunt, S. D. Fowler, L. E. Paulman, J. R. Wells, N. A. Richeson, P. V. Catalana, L. K. Thomas, L. Britt Wilson, T. Cook, S. Riffle, F. H. Neuffer, J. B. McCallum, B. D. Keisler, R. S. Brown, A. R. Gregg, K. M. Sims, C. K. Powell, M. D. Garber, J. E. Morrison, W. B. Owens, K. A. Carnevale, W. R. Jennings and S. Fletcher (2011). "An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 4-year experience." *Crit Ultrasound J* 3(1): 1-12.

Hunt, A., A. Ristolainen, P. Ross, R. Öpik, A. Krumme and M. Kruusmaa (2013). "Low cost anatomically realistic renal biopsy phantoms for interventional radiology trainees." *European Journal of Radiology* 82(4): 594-600.

Issa, N., R. E. Mayer, M. Schuller, E. Wang, M. B. Shapiro and D. A. DaRosa (2013). "Teaching for understanding in medical classrooms using multimedia design principles." *Med Educ* 47(4): 388-396.

Issa, N., M. Schuller, S. Santacaterina, M. Shapiro, E. Wang, R. E. Mayer and D. A. DaRosa (2011). "Applying multimedia design principles enhances learning in medical education." *Med Educ* 45(8): 818-826.

Issenberg, S. B., W. C. McGaghie, E. R. Petrusa, D. Lee Gordon and R. J. Scalese (2005). "Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review." *Med Teach* 27(1): 10-28.

IVUSS. (2014). "International Veterinary Ultrasound Society." *Certificate*. [Fecha de consulta 21/08/2014]. Disponible en: http://www.ivuss.org/certificate_info/certificate_dvm.html.

Jelacic, S., A. Bowdle, K. Togashi and P. VonHomeyer (2013). "The use of TEE simulation in teaching basic echocardiography skills to senior anesthesiology residents." *J Cardiothorac Vasc Anesth* 27(4): 670-675.

Jiménez, A. R. y. S., F. (2005). "Precise localisation of archaeological findings with a new ultrasonic 3D positioning sensor." *Sensors and Actuators A: Physical* 123-124(0): 224-233.

Johnson, L. M., T. R. Ames, J. A. Jacko and L. A. Watson (2011). "The informatics imperative in veterinary medicine: collaboration across disciplines." *Journal of veterinary medical education* 38(1): 5-9.

Kay, R. (2011). "Evaluating learning, design, and engagement in *web*-based learning tools (WBLTs): The WBLT Evaluation Scale." *Computers in Human Behavior* 27(5): 1849-1856.

Kempny, A. and A. Piorkowski (2010). "CT2TEE - a novel, internet-based simulator of transoesophageal echocardiography in congenital heart disease." *Kardiol Pol* 68(3): 374-379.

Kessler, C. and S. Bhandarkar (2010). "Ultrasound training for medical students and internal medicine residents--a needs assessment." *J Clin Ultrasound* 38(8): 401-408.

Khalil, M. K., T. E. Johnson and C. H. Lamar (2005). "Comparison of computer-based and paper-based imagery strategies in learning anatomy." *Clin Anat* 18(6): 457-464.

Khalil, M. K., F. Paas, T. E. Johnson and A. F. Payer (2005). "Design of interactive and dynamic anatomical visualizations: the implication of cognitive load theory." *Anat Rec B New Anat* 286(1): 15-20.

Kinnison, T., N. D. Forrest, S. P. Frean and S. Baillie (2009). "Teaching bovine abdominal anatomy: use of a haptic simulator." *Anat Sci Educ* 2(6): 280-285.

Klupiec, C., S. Pope, R. Taylor, D. Carroll, M. H. Ward and P. Celi (2014). "Development and evaluation of *online* video teaching resources to enhance student knowledge of livestock handling." *Aust Vet J* 92(7): 235-239.

Koch, M., M. R. Fischer, A. Tipold and J. P. Ehlers (2012). "Can *online* conference systems improve veterinary education? A study about the capability of *online* conferencing and its acceptance." *Journal of veterinary medical education* 39(3): 283-296.

Koyama, H. (2004). "Ultrasonographic evaluation of abdominal organs in veterinary medicine." *International Congress Series* 1274(0): 192-194.

Kraft, S. L., J. J. Hoskinson, J. M. Mussman, W. E. Michaels, R. McLaughlin, E. M. Gaughan and J. K. Roush (1998). "Development of interactive patient-based multimedia computer programs in veterinary orthopedic radiology." *Vet Radiol Ultrasound* 39(2): 98-104.

Kreiter, C. D., T. Haugen, T. Leaven, C. Goerdt, N. Rosenthal, W. C. McGaghie and F. Dee (2011). "A report on the piloting of a novel computer-based medical case simulation for teaching and formative assessment of diagnostic laboratory testing." *Med Educ Online* 16.

Lamb, C. R. (1990). "Abdominal ultrasonography in small animals: Examination of the liver, spleen and pancreas." *Journal of Small Animal Practice* 31(1): 5-14.

- Lamb, C. R. (1990). "Abdominal ultrasonography in small animals: Intestinal tract and mesentery, kidneys, adrenal glands, uterus and prostate." *Journal of Small Animal Practice* 31(6): 295-304.
- Latapie, I. (2007). "Acercamiento al aprendizaje multimedia." *Investigación Universitaria Multidisciplinaria* 6.
- Lateef, F. (2010). "Simulation-based learning: Just like the real thing." *J Emerg Trauma Shock* 3(4): 348-352.
- Lau, K. H. (2014). "Computer-based teaching module design: principles derived from learning theories." *Med Educ* 48(3): 247-254.
- Lee, C. H., W. T. Chen, C. C. Lin, W. Teng, S. M. Lin and C. T. Chiu (2015). "Radiofrequency ablation assisted by real-time virtual sonography for hepatocellular carcinoma inconspicuous under sonography and high-risk locations." *Kaohsiung J Med Sci* 31(8): 413-419.
- Lee, J. J. and C. L. Clarke (2015). "Nursing students' attitudes towards information and communication technology: an exploratory and confirmatory factor analytic approach." *J Adv Nurs*.
- Lewis, T. L., B. Burnett, R. G. Tunstall and P. H. Abrahams (2014). "Complementing anatomy education using three-dimensional anatomy mobile *software* applications on *tablet* computers." *Clin Anat* 27(3): 313-320.
- Lewis, R. E., B. Hoffmann, Y. Beaulieu and M. B. Phelan (2014). "Point-of-care ultrasound education: the increasing role of simulation and multimedia resources." *J Ultrasound Med* 33(1): 27-32.
- Liao, M. and R. Young (2008). "1 YouTube for Ultrasound Education." *Academic Emergency Medicine* 15: S226-S226.
- Likert, R. (1931). "A technique for the measurement of attitudes." *Arch Psychol* 140: 1 - 55.
- Lo, M. D., S. H. Ackley and P. Solari (2012). "Homemade ultrasound phantom for teaching identification of superficial soft tissue abscess." *Emergency Medicine Journal* 29(9): 738-741.
- Loh, K. Y., N. Y. Boo and S. K. Cheong (2012). "Using digital photography to facilitate learning for medical students." *Med Educ* 46(11): 1120-1121.
- Luo, N., C. G. Chapman, B. K. Patel, J. N. Woodruff and V. M. Arora (2013). "Expectations of *iPad* use in an internal medicine residency program: is it worth the "hype"?" *J Med Internet Res* 15(5): e88.
- Madsen, M. E., L. Konge, L. N. Norgaard, A. Tabor, C. Ringsted, A. K. Klemmensen, B. Ottesen and M. G. Tolsgaard (2014). "Assessment of performance measures and learning curves for use of a virtual-reality ultrasound simulator in transvaginal ultrasound examination." *Ultrasound Obstet Gynecol* 44(6): 693-699.
- Markowitz, J. E., J. Q. Hwang and C. L. Moore (2011). "Development and validation of a *web*-based assessment tool for the extended focused assessment with sonography in trauma examination." *J Ultrasound Med* 30(3): 371-375.
- Martin, F. and J. Ertzberger (2013). "Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology." *Computers & Education* 68(0): 76-85.
- Maul, H., A. Scharf, P. Baier, M. Wustemann, H. H. Gunter, G. Gebauer and C. Sohn (2004). "Ultrasound simulators: experience with the SonoTrainer and comparative review of other training systems." *Ultrasound Obstet Gynecol* 24(5): 581-585.
- Maus, T. M. (2011). "Simulation: The Importance of "Hands-On" Learning." *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia* 25(2): 209-211.
- Mayer, R., ed. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press.
- Mayer, R. and R. Moreno (2002). "Animation as an Aid to Multimedia Learning." *Educational Psychology Review* 14(1): 87-99.
- Mayer, R. E. (2010). "Applying the science of learning to medical education." *Med Educ* 44(6): 543-549.

- Mayer, R. E., J. Heiser and S. Lonn (2001). "Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding." *Journal of Educational Psychology* 93(1): 187-198.
- McGreevy, P., T. Shaw, D. Burn and N. Miller (2007). "OLIVER: an *online* library of images for veterinary education and research." *Journal of veterinary medical education* 34(4): 510-516.
- McKiernan, S., P. Chiarelli and H. Warren-Forward (2012). "A comparison between workshop and DVD methods of training for physiotherapists in diagnostic ultrasound." *Radiography* 18(4): 287-291.
- Miesner, M. D. (2013). *Abdominal Ultrasound. Veterinary Techniques for Llamas and Alpacas*, Wiley-Blackwell: 161-165.
- Moazami, F., E. Bahrapour, M. R. Azar, F. Jahedi and M. Moattari (2014). "Comparing two methods of education (virtual versus traditional) on learning of Iranian dental students: a post-test only design study." *BMC Med Educ* 14: 45.
- Moreno, R. and R. Mayer (2007). "Interactive Multimodal Learning Environments." *Educational Psychology Review* 19(3): 309-326.
- Moreno, R. and R. E. Mayer (1999). "Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity." *Journal of Educational Psychology* 91(2): 358-368.
- Moreno, R. and R. E. Mayer (2000). "A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages." *Journal of Educational Psychology* 92(1): 117-125.
- Morey, C. and N. Cowan (2004). "When visual and verbal memories compete: Evidence of cross-domain limits in working memory." *Psychonomic Bulletin & Review* 11(2): 296-301.
- Mosa, A. S., I. Yoo and L. Sheets (2012). "A systematic review of healthcare applications for smartphones." *BMC Med Inform Decis Mak* 12: 67.
- Motola, I., L. A. Devine, H. S. Chung, J. E. Sullivan and S. B. Issenberg (2013). "Simulation in healthcare education: a best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82." *Med Teach* 35(10): e1511-1530.
- Neelankavil, J., K. Howard-Quijano, T. C. Hsieh, D. Ramsingh, J. C. Scovotti, J. H. Chua, J. K. Ho and A. Mahajan (2012). "Transthoracic echocardiography simulation is an efficient method to train anesthesiologists in basic transthoracic echocardiography skills." *Anesth Analg* 115(5): 1042-1051.
- Nelson, T. R. (2000). "Three-dimensional imaging." *Ultrasound Med Biol* 26 Suppl 1: S35-38.
- Newman, P. G. y. R., G. S. (1998). "The history of ultrasound." *Surg Clin North Am* 78(2): 179-195.
- Nicolau, S. A., A. Vemuri, H. S. Wu, M. H. Huang, Y. Ho, A. Charnoz, A. Hostettler, C. Forest, L. Soler and J. Marescaux (2011). "A cost effective simulator for education of ultrasound image interpretation and probe manipulation." *Stud Health Technol Inform* 163: 403-407.
- Novellas, R., Y. Espada and R. Ruiz de Gopegui (2007). "Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats." *Vet Radiol Ultrasound* 48(1): 69-73.
- Nyland, T. G. M., T. S.; Herrgessel, E. J.; Wisner, E. R (2002). *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. Philadelphia, Estados Unidos.
- Ortega-Rivas, A., J. L. Saorin, J. de la Torre and H. Elsheikha (2013). "Touch-pad mobile devices for blended learning in immunology practicals." *Med Educ* 47(5): 518-519.
- Padilla, L., C. Lee, R. Milner, A. Shahlaee and W. E. Bolch (2008). "Canine anatomic phantom for preclinical dosimetry in internal emitter therapy." *J Nucl Med* 49(3): 446-452.
- Paivio, A. and M. Sadoski (2011). "Lexicons, contexts, events, and images: commentary on Elman (2009) from the perspective of dual coding theory." *Cogn Sci* 35(1): 198-209.

- Palma, J. K. (2015). "Successful strategies for integrating bedside ultrasound into undergraduate medical education." *Mil Med* 180(4 Suppl): 153-157.
- Payne, K. F., A. M. Goodson, A. Tahim, H. J. Wharrad and K. Fan (2012). "Using The iBook In Medical Education And Healthcare Settings - The iBook As A Reusable Learning Object; A Report Of The Author's Experience Using iBooks Author *Software*." *Journal of Visual Communication in Medicine* 35(4): 162-169.
- Penninck, D., D'Anjou M-A. (2008). *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. Ames, Iowa.
- Pereira, J. A., E. Pleguezuelos, A. Meri, A. Molina-Ros, M. C. Molina-Tomas and C. Masdeu (2007). "Effectiveness of using blended learning strategies for teaching and learning human anatomy." *Med Educ* 41(2): 189-195.
- Petrinec, K., E. Savitsky and C. Hein (2011). "Patient-specific cases for an ultrasound training simulator." *Stud Health Technol Inform* 163: 447-453.
- Pinto, A., L. Brunese, F. Pinto, C. Acampora and L. Romano (2011). "*E-learning* and education in radiology." *Eur J Radiol* 78(3): 368-371.
- Platz, E., K. Goldflam, M. Mennicke, E. Parisini, M. Christ and C. Hohenstein (2010). "Comparison of *Web*-versus classroom-based basic ultrasonographic and EFAST training in 2 European hospitals." *Ann Emerg Med* 56(6): 660-667.
- Platz, E., A. Liteplo, S. Hurwitz and J. Hwang (2011). "Are live instructors replaceable? Computer vs. classroom lectures for EFAST training." *J Emerg Med* 40(5): 534-538.
- Pospischil, A., V. Djamei, M. Rutten, T. Sydler and L. Vaughan (2007). "Introduction to the Swiss way of teaching veterinary pathology in the twenty-first century: application of *e-learning* modules." *Journal of veterinary medical education* 34(4): 445-449.
- Prabhakaran, L., J. Chee, A. Earnest and S. Salleh (2012). "Comparison of Three Different Modes of Teaching Enrolled Nurses on Asthma Management." *Journal of Asthma & Allergy Educators* 3(3): 117-126.
- Press, G. M., S. K. Miller, I. A. Hassan, R. Blankenship, D. del Junco, E. Camp and J. B. Holcomb (2013). "Evaluation of a training curriculum for prehospital trauma ultrasound." *J Emerg Med* 45(6): 856-864.
- Rabinowitz, E., M. W. Kernodle and R. N. McKethan (2010). "The Effective Use of *PowerPoint* to Facilitate Active Learning." *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* 81(5): 12-13,16.
- RCVS. (2015). "Royal College of Veterinary Surgeons. Diagnostic Imaging". *Postgraduate*. [Fecha de consulta 02/02/2015]. Disponible en: <http://www.rcvs.org.uk/education/postgraduate-education-for-veterinary-surgeons/certificate-in-advanced-veterinary-practice/>.
- Reinwein, J. (2012). "Does the Modality Effect Exist? and if So, Which Modality Effect?" *Journal of Psycholinguistic Research* 41(1): 1-32.
- Robinson, R. and M. Burk (2013). "*Tablet* Computer Use by Medical Students in the United States." *Journal of Medical Systems* 37(4): 1-4.
- Rodrigues, M. A., A. Visvanathan, J. T. Murchison and R. R. Brady (2013). "Radiology smartphone applications; current provision and cautions." *Insights Imaging* 4(5): 555-562.
- Rosen, K. R. (2008). "The history of medical simulation." *Journal of Critical Care* 23(2): 157-166.
- Roshier, A. L., N. Foster and M. A. Jones (2011). "Veterinary students' usage and perception of video teaching resources." *BMC Med Educ* 11: 1.
- Scrivani, P. V. (2002). "Assessing diagnostic accuracy in veterinary imaging". *Veterinary Radiology & Ultrasound* 43(5): 442-448.

Schifferdecker, K. E., N. B. Berman, L. H. Fall and M. R. Fischer (2012). "Adoption of computer-assisted learning in medical education: the educators' perspective." *Med Educ* 46(11): 1063-1073.

Schnotz, W. and C. Kürschner (2007). "A Reconsideration of Cognitive Load Theory." *Educational Psychology Review* 19(4): 469-508.

Schroeder, K. M., J. Ramamoorthy and R. E. Galgon (2013). "An easily made, low-cost phantom for ultrasound airway exam training and assessment." *Indian J Anaesth* 57(1): 31-34.

Schulz, P., K. Sagheb, H. Affeldt, H. Klumpp, K. Taylor, C. Walter and B. Al-Nawas (2013). "Acceptance of *e-learning* devices by dental students." *Med 2 0 2*(2): e6.

Short, N. (2002). "The use of information and communication technology in veterinary education." *Res Vet Sci* 72(1): 1-6.

Short, N., J. Maddison, P. Mantis and G. Salmon (2007). "Veterinary e-CPD: a new model for providing *online* continuing professional development for the veterinary profession." *Journal of veterinary medical education* 34(5): 689-694.

Shu-fen, Q., Z. Chong and Y. Yong (2009). Research on Ultrasonic Detection of Seabed Oil Pipeline Based on Wavelet Packet De-Noiseing. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2009. WiCom '09. 5th International Conference on.*

Siefford, J. M., S. Y. Cottee and T. M. Widowski (2010). "Opportunities for learning about animal welfare from *online* courses to graduate degrees." *Journal of veterinary medical education* 37(1): 49-55.

Simulador-RAE. (2001). "Definición de simulador." [Fecha de consulta 30/07/2014]. Disponible en <http://lema.rae.es/drae/?val=simulador>.

Stather, D. R., P. MacEachern, A. Chee, E. Dumoulin, C. A. Hergott and A. Tremblay (2012). "Wet laboratory versus computer simulation for learning endobronchial ultrasound: a randomized trial." *Can Respir J* 19(5): 325-330.

Steele, M., N. P. Crabb, L. J. Moore, K. K. Reyher, S. Baillie and M. C. Eisler (2013). "*Online* tools for teaching evidence-based veterinary medicine." *J Vet Med Educ* 40(3): 272-277.

Steele, M., N. P. Crabb, L. J. Moore, K. K. Reyher, S. Baillie and M. C. Eisler (2013). "*Online* tools for teaching evidence-based veterinary medicine." *Journal of veterinary medical education* 40(3): 272-277.

Stirling, A. and J. Birt (2014). "An enriched multimedia eBook application to facilitate learning of anatomy." *Anat Sci Educ* 7(1): 19-27.

Stredney, D. (2013). "Simulation design for procedural technique training: we need you!" *Vet J* 196(2): 143-144. Stredney, D. (2013). "Simulation design for procedural technique training: we need you!" *Vet J* 196(2): 143-144.

Subramanian, A., M. Timberlake, H. Mittakanti, M. Lara and M. L. Brandt (2012). "Novel Educational Approach for Medical Students: Improved Retention Rates Using Interactive Medical *Software* Compared with Traditional Lecture-Based Format." *Journal of Surgical Education* 69(4): 449-452.

Sweller, J. (1994). "Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design." *Learning and Instruction* 4(4): 295-312.

Székely, A., R. Talanow and P. Bágyi (2013). "Smartphones, *tablets* and mobile applications for radiology." *European Journal of Radiology* 82(5): 829-836.

Taylor, G. A., S. D. Voss, P. R. Melvin and D. A. Graham (2011). "Diagnostic errors in pediatric radiology." *Pediatr Radiol* 41(3): 327-334.

Tefera, M. (2011) "The Use of Veterinary Obstetrics and Gynecology Simulator to Teach Ultrasound Imaging." 25th 130 EVA Proceedings.

Tenhaven, C., A. Tipold, M. R. Fischer and J. P. Ehlers (2013). "Is there a "net generation" in veterinary medicine? A comparative study on the use of the Internet and *Web 2.0* by students and the veterinary profession." *GMS Z Med Ausbild* 30(1): Doc7.

Tshibwabwa, E. T. and H. M. Groves (2005). "Integration of ultrasound in the education programme in anatomy." *Med Educ* 39(11): 1148.

UAB. "Universidad de Barcelona." [Fecha de consulta 21/07/2014]. Disponible en: <http://www.uab.cat/guiesdocents/2015-16/g102677a2015-16iCAT.pdf>.

UAX. "Universidad Alfonso X el Sabio". Programa Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 21/07/2014]. Disponible en: <http://www.uax.es/grado-en-veterinaria.html>.

UCM. "Universidad Complutense de Madrid. Programa Radiología y Diagnóstico por Imagen". [Fecha de consulta 21/07/2014]. Disponible en: [http://veterinaria.ucm.es/radiologia-\(cuarto-curso-de-la-licenciatura-en-veterinaria\)](http://veterinaria.ucm.es/radiologia-(cuarto-curso-de-la-licenciatura-en-veterinaria)).

UCO. "Universidad de Córdoba". Programa Propedéutica Clínica y Radiobiología. [Fecha de consulta 01/12/2014]. Disponible en: <http://www.uco.es/veterinaria/principal/normas-documentos/documentos/otros/plan-estudios-grado-veterinaria-noviembre-2014.pdf>.

UCV. "Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir". Programa de Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 01/12/2014]. Disponible en: https://www.ucv.es/estudios_introduccion.asp?t=126&g=2&f=1#.

UCHCEU. "Universidad de Valencia Cardenal Herrera CEU". Programa de Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 20/02/2015]. Disponible en: https://www.uchceu.es/estudios/grado/documentos/plan_estudios/veterinaria.pdf.

UEX. "Universidad de Extremadura". Programa de Diagnóstico por Imagen y Radiobiología". [Fecha de consulta 13/02/2015]. Disponible en: <http://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/veterinaria/titulaciones/grado>.

ULPGC. "Universidad de Las Palmas de Gran Canaria". Programa de Radiología. [Fecha de consulta 21/07/2014]. Disponible en: http://www2.ulpgc.es/index.php?pagina=estudios&ver=weees002&tipoplan=&codigo=185_1850_10_00.

UM. "Universidad de Murcia". Programa Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 27/02/2015]. Disponible en: <https://aulavirtual.um.es/umugdocente-tool/htmlprint/guia/>

UNILEON. "Universidad de León". Programa Diagnóstico por Imagen. Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 27/02/2015]. Disponible en: http://www.veterinaria.unileon.es/images/Horarios/Plan_Docente_Veterinaria_15-16.pdf.

UNIZAR. "Universidad de Zaragoza". Programa Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 27/02/2015]. Disponible en: <http://titulaciones.unizar.es/asignaturas/28422/index14.html>.

USC. "Universidad de Santiago de Compostela, campus Lugo". Programa Diagnóstico por Imagen. Diagnóstico por Imagen. [Fecha de consulta 27/02/2015]. Disponible en: <http://www.usc.es/es/centros/veterinaria/materia.html?materia=90498&ano=66>.

Uson-Gargallo, J., A. E. Tapia-Araya, I. Diaz-Guemes Martin-Portugues and F. M. Sanchez-Margallo (2014). "Development and evaluation of a canine laparoscopic simulator for veterinary clinical training." *J Vet Med Educ* 41(3): 218-224.

Uson-Gargallo, J., J. M. Uson-Casaus, E. M. Perez-Merino, F. Soria-Galvez, E. Morcillo, S. Enciso and F. M. Sanchez-Margallo (2014). "Validation of a realistic simulator for veterinary gastrointestinal endoscopy training." *J Vet Med Educ* 41(3): 209-217.

UW-Veterinary-Care. "Residency Training Programs". [Fecha de consulta 20/07/2014]. Disponible en: <http://uwveterinarycare.wisc.edu/about-uwvc/residency-training-programs/>.

Valliyate M, R. N., Goodman JR (2012). "Current concepts in simulation and other alternatives for veterinary education: a review." *Veterinarni Medicina* 57(7).

Van Ginneken, C. J. y. V., G. (2005). "Rethinking the learning and evaluation environment of a veterinary course in gross anatomy: the implementation of an assessment and development center and an *E-learning* platform." *J Vet Med Educ* 32(4): 537-543.

Van Merriënboer, J. J. G. and J. Sweller (2010). "Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies." *Medical Education* 44(1): 85-93.

Vandeweerd, J. M., J. C. Davies, G. L. Pinchbeck and J. C. Cotton (2007). "Teaching veterinary radiography by *e-learning* versus structured tutorial: a randomized, single-blinded controlled trial." *J Vet Med Educ* 34(2): 160-167.

Varnhagen, C. K. and D. L. Wright (2008). "Learning characteristics of veterinary technology students in a distance-education and an on-campus program." *Journal of veterinary medical education* 35(3): 449-455.

Vázquez J. M^a, R. G., Gil F, Latorre R, Moreno F, López Albors O, Orenes M, Arencibia A (2000). *Atlas de Anatomía Clínica del Perro y del Gato*. U. d. Murcia.

VDIR-Colorado. "Veterinary Diagnostic Imaging Residency", Colorado State University. [Fecha de consulta 20/07/2014]. Disponible en: <http://csu-cvmb.colostate.edu/academics/erhs/Pages/Veterinary-Diagnostic-Imaging-Residency.aspx>.

Wang, A. T., N. P. Sandhu, C. M. Wittich, J. N. Mandrekar and T. J. Beckman (2012). "Using social media to improve continuing medical education: a survey of course participants." *Mayo Clin Proc* 87(12): 1162-1170.

Wang, H., B. R. Rush, M. Wilkerson and D. van der Merwe (2014). "Exploring the use of *tablet* PCs in veterinary medical education: opportunity or obstacle?" *J Vet Med Educ* 41(2): 122-131.

Watson, A. T., D. Penninck, J. S. Knoll, J. H. Keating and J. Sutherland-Smith (2011). "Safety and correlation of test results of combined ultrasound-guided fine-needle aspiration and needle core biopsy of the canine spleen." *Vet Radiol Ultrasound* 52(3): 317-322.

Weidenbach, M., V. Razek, F. Wild, S. Khambadkone, T. Berlage, J. Janousek and J. Marek (2009). "Simulation of congenital heart defects: a novel way of training in echocardiography." *Heart* 95(8): 636-641.

Whitcomb, M. B., J. Doval and J. Peters (2011). "The use of computed tomographic three-dimensional reconstructions to develop instructional models for equine pelvic ultrasonography." *Vet Radiol Ultrasound* 52(5): 542-547.

Wittich, C. M., S. C. Montgomery, M. A. Neben, B. A. Palmer, M. J. Callahan, J. B. Seward, W. Pawlina and C. J. Bruce (2002). "Teaching cardiovascular anatomy to medical students by using a handheld ultrasound device." *JAMA* 288(9): 1062-1063.

Wood, A. K., M. J. Dadd and J. R. Lublin (1996). "Students' learning of clinical sonography: use of computer-assisted instruction and practical class." *Acad Radiol* 3(8): 683-687.

Wood, A. K., J. R. Lublin, K. L. Hoffmann and M. J. Dadd (2000). "Alternatives for improving veterinary medical students' learning of clinical sonography." *Vet Radiol Ultrasound* 41(5): 433-436.

Woodworth, G. E., E. M. Chen, J.-L. E. Horn and M. F. Aziz (2014). "Efficacy of computer-based video and simulation in ultrasound-guided regional anesthesia training." *Journal of Clinical Anesthesia* 26(3): 212-221.

Worm, B. S. (2013). "Learning from simple ebooks, *online* cases or classroom teaching when acquiring complex knowledge. A randomized controlled trial in respiratory physiology and pulmonology." *PLoS One* 8(9): e73336.

Yue, C., J. Kim, R. Ogawa, E. Stark and S. Kim (2013). "Applying the cognitive theory of multimedia learning: an analysis of medical animations." *Med Educ* 47(4): 375-387.

Trabajos más relevantes del doctorando

Artículos:

Pérez-Duarte FJ, **Fernández Tomé B**, Díaz-Güemes I, Enciso S, Matos-Azevedo AM, Sánchez-Hurtado MA, Hernández L, Sánchez-Margallo FM. Development and initial assesment of a training program for laparoscopic radical prostatectomy. *Journal of Endourology*. 2014

Granados Ortega J.R, Martínez Gómez R, **Fernández- Tomé B**, Sánchez-Margallo FM. Monográfico de mínima invasión en la hernia diafragmática. *Canis et Felis*. 111:56-81. 2010.

Libros electrónicos:

Salvador Pascual, M^a Carmen Tejonero, Francisco Miguel Sánchez-Margallo, Jesús Usón, **Blanca Fernández-Tomé**. Funduplicatura de Nissen/ Protocolo quirúrgico. Formato ibook (ios) 68 páginas. 1 de Octubre 2013. Ibook: ISBN-978-84-616-6312-5.

Idoia Díaz-Güemes, Jesús Usón, Francisco M. Sánchez- Margallo, **Blanca Fernández-Tomé**. Exploración ecográfica del perro. Formato ibook (ios) 58 páginas. 1 de Octubre de 2013. Ibook: ISBN: 978-84-616-6311-8.

Máster Universitario en Investigación en Ciencias de la Salud:

Formación laparoscópica actual *versus* videojuegos. Universidad de Extremadura. 2011. (9,2/10).

Contribuciones a congresos nacionales e internacionales:

Fernández-Tomé B; Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Enciso Sanz S; López MM; Sánchez-Margallo FM; Assessment of porcine model for the laparoscopic liver surgery training. I Congreso Ibérico de Ciencias del Animal de Laboratorio (XIII Congreso SECAL-IIIcongreso SPAL), 18-20 de noviembre de 2015. Comunicación Póster.

Fernández-Tomé B; Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Hermoso de Mendoza JC; López MM; Sánchez-Margallo FM; Benefits of creating ureteral obstruction swine model through minilaparoscopy versus laparoscopy for training on laparoscopic pyeloplasty. I Congreso Ibérico de Ciencias del Animal de Laboratorio (XIII Congreso SECAL-IIIcongreso SPAL), 18-20 de noviembre de 2015. Comunicación Póster.

Fernández-Tomé B; Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Tapia A; Barrera R; Usón J; Sánchez-Margallo FM. Evaluation of multimedia strategies (*web-based-learning, video-presentation and e-book*) for teaching abdominal ultrasound examination in dogs. 50 Congreso Nacional de AVEPA - SEVC. Barcelona 15-17 de octubre de 2015. Comunicación Póster.

Fernández-Tomé B; Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Tapia A; Barrera R; Usón J; Sánchez-Margallo FM. Comparison of *web-based learning* and *video presentation* strategies for ultrasound teaching. 50 Congreso Nacional de AVEPA - SEVC. Barcelona 15-17 de octubre de 2015. Comunicación Póster.

Fernández-Tomé B, Hermoso J, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Sánchez-Margallo FM. Ureteral Obstruction Swine Model through minilaparoscopy and laparoscopy for Training on Laparoscopic Pyeloplasty. 50th Golden Anniversary Congress of the European Society for Surgical Research (ESSR). Liverpool, Reino Unido. 10-13 de Junio de 2015. Comunicación Oral.

FM Sánchez-Margallo, JA Sánchez-Margallo, FJ Pérez-Duarte, **B Fernández**. Analysis of the ergonomics and performance using a novel handheld robotic laparoscopic instrument during laparoscopic single site surgery. SAGES 2015 Annual Meeting. Nashville, TN, Estados Unidos. 25-28 de Abril de 2015. Comunicación Póster.

Fernández-Tomé B, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Usón J, Barrera R, Sánchez-Margallo FM. Effectiveness of *iPad*® as a pedagogical tool to enhance the learning of ultrasonography. 48 th European Veterinarian Conference Voorjaarsdagen. 9-10 de Abril. Amsterdam, Holanda. Comunicación oral.

Fernández-Tomé B, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Usón J, Barrera R, Sánchez-Margallo FM. Effectiveness of multimedia devices as a pedagogical tool to enhance the learning of Veterinary ultrasonography. EduRe'15 Virtual Conference. International conference on education social and technological sciences. 16-17 de Marzo de 2015. Comunicación Oral.

FM Sánchez-Margallo, JA Sánchez-Margallo, FJ Pérez-Duarte, **B Fernández**. Análisis cinemático del instrumental laparoscópico robotizado frente al convencional en la postura de las extremidades superiores en cirugía por puerto único. XXX Congreso Nacional de Cirugía de la AEC. Madrid. 10-13 de Noviembre de 2014. Comunicación Oral.

FM Sánchez-Margallo, JA Sánchez-Margallo, FJ Pérez-Duarte, **B Fernández**. LESS Urethrovesical Anastomosis Using a Novel Laparoscopic Instrument Driven by Robotic Technology. 26th International Conference of the Society for Medical Innovation and Technology (SMIT). Shangai, China. 18-20 de Septiembre de 2014. Comunicación Póster.

FM Sánchez-Margallo, FJ Pérez-Duarte, JA Sánchez-Margallo, **B Fernández**. Ergonomics and performance of a novel handheld articulating laparoscopic instrument driven by robotic technology during laparoscopic single site surgery. 22nd International EAES meeting. París, Francia. 25-28 de Junio de 2014. Comunicación Oral.

Moreno-Naranjo B, **Fernández Tomé B**, Enciso-Sanz S, Díaz-Güemes I, Sánchez - Margallo F.M. Validation of a training model in a gynecologic laparoscopic surgery. ESSR. Budapest. 21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.

Sánchez-Hurtado MA, **Fernández-Tomé B**, Correa-Martín L, Moreno-Naranjo B, Matos Azevedo AM, Pérez Duarte FJ, Díaz-Güemes I, Fatás-Cabeza JA, Sánchez-Margallo F.M. Laparoscopic suture skills development in an advanced laparoscopic course. ESSR. Budapest. 21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.

Sánchez-Hurtado MA, **Fernández Tomé B**, correa-Martín L, Enciso -Sanz S, Matos Azevedo AM, Pérez Duarte FJ, Díaz-Güemes I, Fatás-Cabeza JA, Sánchez-Margallo F.M. Assessment of a porcine model for the laparoscopic ileocecal resection. ESSR. Budapest. 21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.

- Matos-Azevedo A, **Fernández-Tomé B**, Perez-Duarte FJ, Sánchez-Margallo F.M. Performance of expert in LESS surgery intracorporeal suturing. ESSR. Budapest. 21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.
- Matos-Azevedo A, **Fernández-Tomé B**, Asencio-Pascual J.M, Perez-Duarte F.J, Enciso-Sanz S, Hernández-Hurtado L, Bilbao-Vidal E. Laparoscopic suturing skills acquisition during a basic laparoscopic course. ESSR. Budapest.21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.
- Matos-Azevedo A, **Fernández-Tomé B**, Sánchez-Hurtado MA, Perez-Duarte F.J, Carrero Gutiérrez A, Díaz-Güemes I, Sánchez-Margallo FM. Laparoscopic suturing skills comparison novice vs expert digestive surgeons. ESSR. Budapest.21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.
- Pérez-duarte F.J, **Fernández Tomé B**, Matos-Azevedo A, Sánchez Margallo J.A. Lucas Hernandez M, Sánchez Margallo F.M. Analysis of surgeons' ergonomY during laparoscopic single-site surgery performed with one straight and one articulated instrument through the use of surface electromyography. ESSR. Budapest.21-24 de Mayo 2014. Comunicación Oral.
- Perez-Duarte F.J, **Fernández-Tomé B**, díaz-Güemes I, Enciso I, Matos-Azevedo A, Sánchez-Hurtado M.A., Hernández L, Sánchez-Margallo F.M. Validation of a training program for laparoscopic radical prostatectomy. ESSR. Budapest.21-24 de Mayo 2014 Comunicación Oral.
- Fernández-Tomé B**, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Usón Gargallo J, Sánchez-Margallo FM. Development and validation of an ex-vivo simulator for training on canine abdominal ultrasonography. X Congresso do Hospital Veterinário Montenegro. Santa Maria da Feira, Oporto. 8 de febrero de 2014. Comunicación Póster.
- Fernández-Tomé B**, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Usón Gargallo J, Sánchez-Margallo FM. Validación constructiva y de contenidos de un simulador exvivo para la exploración ecográfica abdominal en especie canina. AMVAC. Madrid. 14 de Marzo de 2014. Comunicación Oral.
- Sánchez-Margallo F.M, Díaz-Güemes Martín Portugués I, **Fernández-Tomé B**, Moreno B, Pérez-Duarte F, Sánchez- Hurtado M.A. Análisis de la curva de aprendizaje en simulador físico durante la maniobra de corte laparoscópico en tejido sintético. LXXVII Congreso Nacional de Urología. Vigo. 13 al 16 de junio de 2012. Comunicación Póster.
- Fernández-Tomé B**, Díaz-Güemes Martínez Portugués I, Correa-Martín L, Matos-Azevedo AM, Enciso Sanz S, Hernández- Hurtado L, Sánchez-Margallo FM. Evaluation of the learning curve in laparoscopic intracorporeal suture hands-on physical simulator. ESSR. Lille (Francia). 6-9 junio 2012.Comunicación Oral.
- Fernández-Tomé B**, Usón Gargallo J, Díaz-Güemes Martínez Portugués I, Carrero- Gutiérrez A, Sánchez-Margallo. Training laparoscopic versus current videos games. Comunicación poster. SEIQ. Oviedo. 27-28 de octubre de 2011. Comunicación Póster.
- Pérez-Duarte FJ, Sánchez-Margallo FM, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Lucas-Hernández M, **Fernández-Tomé B**, Usón Gargallo J. Monitor height and laparoscopic surgical table: influence on muscle activity and posture of the surgeon. Comunicación oral. SEIQ. Oviedo. 27-28 de octubre de 2011.Comunicación Oral.

Anexos

- **ANEXO 1: Ejercicios de la herramienta *entrenador para PC***

- **ANEXO 2: Capturas de pantalla correspondientes a la herramienta presentación en formato *Microsoft Power Point™*.**

- **ANEXO 3: Material didáctico correspondiente a la herramienta *documento impreso***

- **ANEXO 4: Encuesta demográfica**

- **ANEXO 5: Examen realizado en las pruebas *inicial y final***
 - Cuestiones del bloque I: “*Fundamentos básicos de la ecografía*” (preguntas 1-10)
 - Cuestiones del bloque II: “*Anatomía abdominal del perro*” (preguntas 11-13)
 - Cuestiones del bloque III: “*Movimientos y posición de la sonda en el paciente*” (preguntas 14-17)
 - Cuestiones del bloque IV: “*La posición del paciente en la exploración*” (preguntas 18-22)
 - Cuestiones del bloque V: “*Identificación ecográfica en imagen digital*” (preguntas 23-30)
 - Cuestiones del bloque VI: “*Identificación ecográfica en vídeo*” (preguntas 31-36)

- **ANEXO 6: Encuesta de validación aparente**

- **ANEXO 7: Encuesta de opinión sobre el empleo de herramientas multimedia en formación**

ANEXO 1

- **Ejercicio 1.** Localizar el riñón izquierdo
- **Ejercicio 2.** Ejecutar el barrido del riñón izquierdo en un corte longitudinal
- **Ejercicio 3.** Realizar el desplazamiento del riñón izquierdo en un corte longitudinal
- **Ejercicio 4.** Ejecutar un corte transversal del riñón izquierdo
- **Ejercicio 5.** Ejecutar el barrido del riñón izquierdo en un corte transversal
- **Ejercicio 6.** Ejecutar el desplazamiento del riñón izquierdo en un corte transversal
- **Ejercicio 7.** Localizar la arteria renal izquierda
- **Ejercicio 8.** Explorar y localizar los grandes vasos
- **Ejercicio 9.** Realizar un corte longitudinal de los grandes vasos
- **Ejercicio 10.** Localizar el ovario izquierdo
- **Ejercicio 11.** Localizar el bazo
- **Ejercicio 12.** Exploración completa del bazo
- **Ejercicio 13.** Explorar el páncreas
- **Ejercicio 14.** Localizar la vejiga
- **Ejercicio 15.** Realizar un corte transversal de la vejiga
- **Ejercicio 16.** Localizar el hígado y la vesícula biliar
- **Ejercicio 17.** Localizar el duodeno

ANEXO 2

EXPLORACION ECOGRÁFICA ABDOMINAL DEL PERRO

Blanca Fernández Tomé
UEX
CCMIJU
2014

ECOGRAFÍA BÁSICA

SECCIONES

1. INTRODUCCIÓN
2. TRANSDUCTORES Y SONDAS
3. CONTROLES
4. INTERACCIÓN DEL SONIDO CON LOS TEJIDOS

Introducción

Ultrasonidos

Los ultrasonidos se definen como ondas de sonido de frecuencia superior a la audible por el oído humano. Las frecuencias de millones de ciclos tienen longitudes de onda cortas, esenciales para obtener alta resolución.

Ciclos por segundo	Medidas
1	1 hertz (Hz)
1.000	1 kilohertz (kHz)
1.000.000	1 megahertz (MHz)

En los exámenes diagnósticos se emplean normalmente frecuencias de sonido entre 2 y 10 MHz.

Longitud de onda:

Es la distancia que recorre una onda durante un ciclo.



Cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la resolución.



$$\text{Velocidad (m/s)} = \text{Frecuencia (ciclos/s)} \times \text{Longitud de onda (m)}$$

A mayor frecuencia, menor longitud de onda (si la velocidad del sonido en el medio se mantiene constante).

Los equipos ecográficos asumen una velocidad de sonido constante en los tejidos blandos, aunque existen ligeras diferencias.

Cuando el haz encuentra aire o hueso, las grandes diferencias de velocidad entre estos medios ocasionan una gran reflexión y una interpretación ecográfica inapropiada.

Velocidad del sonido en los tejidos corporales

Tejido o sustancia	Velocidad (m/s)
Aire	331
Grasa	1450
Agua (50°C)	1540
Tejido blando ("media")	1540
Cerebro	1541
Hígado	1549
Riñón	1551
Sangre	1570
Músculo	1585
Cristalino	1620
Hueso	4080

Transductores y sondas

Selección del transductor

La frecuencia emitida por un transductor concreto depende de las características de los cristales piezoeléctricos especiales que contienen la cabeza de la sonda.

La frecuencia de un cristal es inherente a éste y no puede modificarse mediante los controles del ecógrafo. Para cambiar la frecuencia, en general, es necesario que el ecografista elija un transductor diferente, ya que los cristales producen una frecuencia específica.

Algunos transductores pueden tener función multifrecuencia; esto permite obtener la máxima resolución posible para una profundidad determinada sin tener que cambiar de transductor.

Además de la frecuencia, otros factores afectan a la resolución de la imagen y la capacidad de separar estructuras adyacentes como son:

- Longitud de pulso del ultrasonido
- Diámetro del haz
- Resolución del monitor de vídeo



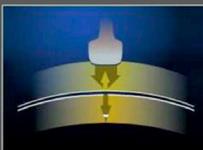
Tamaño del animal	Transductor
Pequeño (<10 kg)	7,5-10 MHz (en oftalmología o intraoperatorias)
Medio	5,0 MHz
Grande	3,0 MHz

Transductores y sondas

La formación de la imagen ecográfica se basa en el principio del pulso-eco.

La imagen se forma a partir de los ecos que regresan al transductor desde los tejidos después de cada pulso. Tono del color gris correspondiente a la amplitud o fuerza del eco que ha regresado.

El ojo humano puede distinguir unos 10 matices diferentes de gris en un monitor de vídeo.



Tipos de sondas

2.1-Sondas sectoriales mecánicas

Las sondas sectoriales en tiempo real se denominan así porque la forma del haz y la imagen resultante en pantalla producidas por el transductor tienen forma de sector o triangular.

2.2-Sondas tipo "array" o de alta resolución

Pueden tener una gran variedad de configuraciones, pero las más comunes son las lineales, convexas, las de fase y anulares.

Permite obtener imágenes en tiempo real de forma lineal o sectorial.

2.2.1 Sonda lineal de alta resolución

Tiene múltiples cristales dispuestos en línea dentro de la sonda con forma de barra.

2.2.2 Sonda convexa de alta resolución

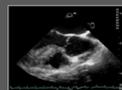
Son sondas lineales transformadas en curvas convexas. Producen una imagen sectorial que tiene un campo de visión más amplio que el de las lineales.

2.2.3 Sondas de alta resolución fase

No tienen partes móviles. Se produce un campo de visión sectorial disparando los múltiples elementos del transductor en una secuencia electrónica precisa.

2.2.4 Sondas anulares de alta resolución

Permiten un enfoque preciso tanto en el plano transversal como en el lateral.



Controles

Control de la potencia

La potencia tendría que ponerse tan baja como sea posible para obtener la mejor resolución y prevenir artefactos.

Control de la ganancia

Amplificación de los ecos que regresan independientemente de la profundidad de origen.

Controles de la compensación tiempo-ganancia

Los ecos que regresan de estructuras muy profundas son más débiles que aquellos que se originan en estructuras superficiales debido a la mayor atenuación del sonido. El tiempo de regreso del eco está directamente relacionado con la profundidad de la superficie reflejante.

Compensación tiempo-ganancia (TGC):

Aumentando la ganancia a medida que el tiempo de regreso del eco se incrementa, se compensa selectivamente para los ecos más débiles que llegan al transductor desde las estructuras más profundas.

Modo A (Modo amplitud)

Se utiliza para exploraciones oftalmológicas y mediciones precisas de longitud o profundidad. Es el más simple.

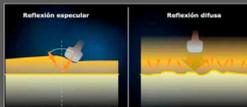
Interacción del sonido

1. Atenuación
2. Refracción
3. Interpretación de la imagen y terminología

1-Atenuación

Los factores que contribuyen son:

3. Reflexión e impedancia acústica: Los ecos reflejados desde las interfaces del tejido blando hacia el transductor forman las bases de la imagen ecográfica. Las interfaces grandes con relación al tamaño del haz son conocidas como reflectores especulares.



4. Impedancia acústica del tejido: Es el producto de la intensidad y la velocidad del sonido en el tejido. Hace referencia a las características de reflexión o transmisión de un tejido.

Para evitar la impedancia se utiliza el gel de contacto acústico entre transductor y piel para eliminar el aire interpuesto.

Tejido o sustancia	Impedancia acústica
Aire	0.0004
Grasa	1.38
Agua (30°C)	1.54
Cartilago	1.58
Hígado	1.65
Músculo	1.62
Sangre	1.61
Médula	1.70
Cristalino	1.84
Hueso	7.80



2-REFRACCIÓN

Es la alteración en la dirección del haz. Refracción junto con reflexión contribuyen a la formación del área delgada de baja ecogenicidad que se observa lateral y distal a las estructuras curvas.



3-INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN Y TERMINOLOGÍA

Orden creciente de ecogenicidad de los tejidos y sustancias corporales.

- Hiperecogénica (blanco)**
- Hueso/aire/límite de órganos
- Grasa estructural/paredes vasculares
- Pevis renal
- Próstata
- Bazo
- Grasa de reserva
- Hígado
- Corteza renal
- Músculo
- Médula renal
- Bilis/orina
- Anecoica (negro)**



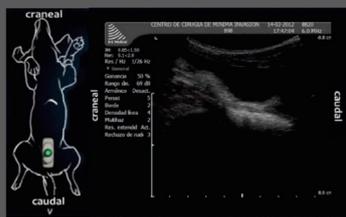
Hay que familiarizarse con la anatomía tridimensional normal para reconocer artefactos, variaciones y cambios patológicos.

Orientación en la ecografía del perro secciones

1. PLANO SAGITAL
2. PLANO TRANSVERSAL

Plano Sagital:

Con el animal en decúbito dorsal.
La orientación craneal se sitúa a la izquierda del ecografista en la imagen.

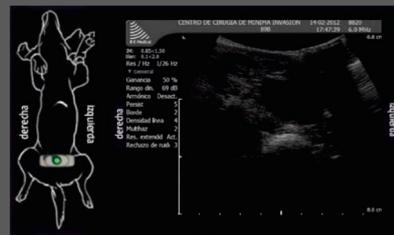


Orientación en la ecografía del perro secciones

1. PLANO SAGITAL
2. PLANO TRANSVERSAL

Plano transversal:

Con el animal en decúbito dorsal.
El lado derecho del animal se sitúa a la izquierda del ecografista en la imagen.

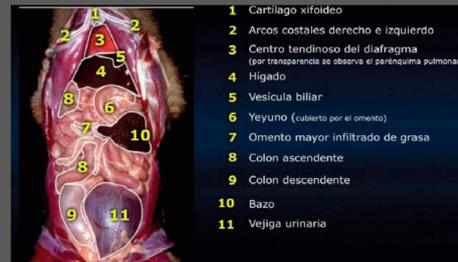


Topografía de las vísceras abdominales del perro

Topografía

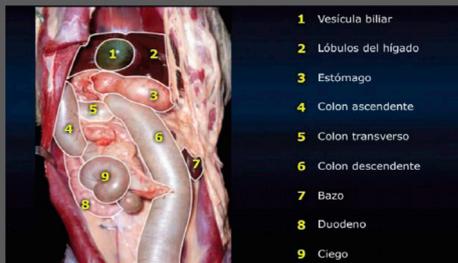
- 1-Topografía de las vísceras abdominales del Perro tras apertura de la cavidad abdominal por la línea blanca.
- 2- Topografía ventral del estómago, duodeno, ciego y colon del perro tras la resección del yeyuno e ileon.
- 3-Topografía del estómago, hígado, vesícula biliar, porta del hígado y omento menor del perro. Visión ventral.
- 4-Topografía de las formaciones vasculares del techo del abdomen del perro tras retirar parcialmente la grasa retroperitoneal
- 5-Topografía de las vísceras abdominales del perro tras reseccionar las paredes abdominales y costal derecha y parcialmente el diafragma.
- 6-Topografía del diafragma y de las vísceras abdominales en la perro tras resección parcial de las paredes abdominales y costal.
- 7-Topografía de las vísceras abdominales en la perra tras resección de la pared ventrolateral izquierda del abdomen.

1-Topografía de las vísceras abdominales del Perro tras apertura de la cavidad abdominal por la línea blanca.

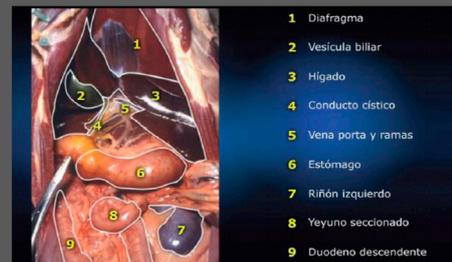


- 1 Cartilago xifoideo
- 2 Arcos costales derecho e izquierdo
- 3 Centro tendinoso del diafragma (por transparencia se observa el parcheazima pulmonar)
- 4 Hígado
- 5 Vesícula biliar
- 6 Yeyuno (cubierto por el omento)
- 7 Omento mayor infiltrado de grasa
- 8 Colon ascendente
- 9 Colon descendente
- 10 Bazo
- 11 Vejiga urinaria

2- Topografía ventral del estómago, duodeno, ciego y colon del perro tras la resección del yeyuno e íleon.



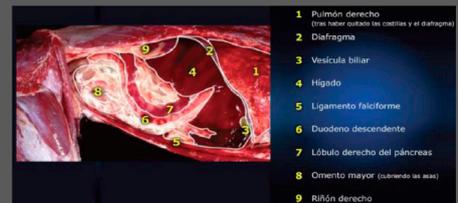
3- Topografía del estómago, hígado, vesícula biliar, porta del hígado y omento menor del perro. Visión ventral.



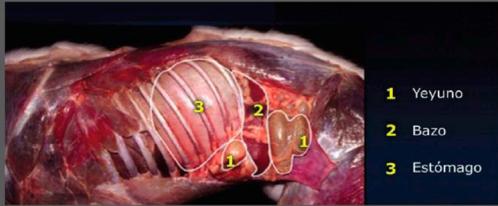
4- Topografía de las formaciones vasculares del techo del abdomen del perro tras retirar parcialmente la grasa retroperitoneal.



5- Topografía de las vísceras abdominales del perro tras reseca las paredes abdominales y costal derecha y parcialmente el diafragma.

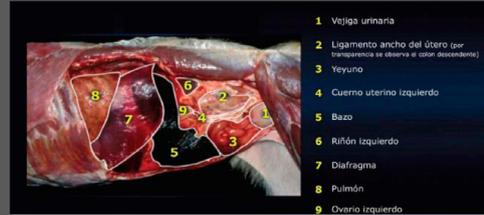


6-Topografía del diafragma y de las vísceras abdominales en la perro tras resección parcial de las paredes abdominales y costal.



- 1 Yeyuno
- 2 Bazo
- 3 Estómago

7-Topografía de las vísceras abdominales en la perra tras resección de la pared ventrolateral izquierda del abdomen.



- 1 Vejiga urinaria
- 2 Ligamento ancho del útero (por transposición al útero el canal descendente)
- 3 Yeyuno
- 4 Cuerno uterino izquierdo
- 5 Bazo
- 6 Riñón izquierdo
- 7 Diafragma
- 8 Pulmón
- 9 Ovario izquierdo

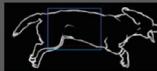
Exploración Ecográfica Abdominal

Secciones
Introducción

1. Paciente En Decúbito Lateral Derecho



2. Paciente En Decúbito Lateral Izquierdo



3. Paciente En Decúbito Dorsal



Introducción:

A continuación se realizará paso por paso el protocolo de exploración del perro, en este caso se trata de un perro de raza beagle, hembra, de 15 Kg. de peso.
Para ello se describe de forma sencilla y ordenada cada uno de los procesos, de forma que se localizarán todas las estructuras de interés que conforman la exploración abdominal ecográfica en perro.
Así pues, dentro de cada uno de los recorridos realizados se localizarán los planos o cortes óptimos, es decir, aquellos planos en los que se observan las estructuras de interés. En estos cortes se delimitarán con diferentes colores las estructuras a localizar.
Gracias a este sistema de aprendizaje el usuario sabrá distinguir cada una de las estructuras que conforman la cavidad abdominal en el momento que se enfrente a una exploración ecográfica real.
Para realizar una exploración correcta y lógica colocamos al perro en tres posturas diferentes, dividiendo así la exploración en tres bloques.

1. Paciente En Decúbito Lateral Derecho

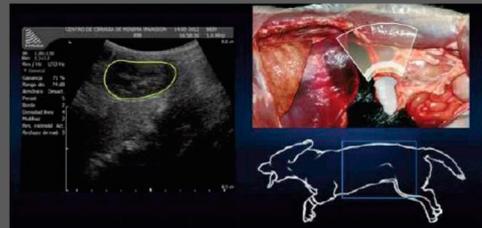


Riñón izquierdo:

Localización:

Se ubica el transductor a tres centímetros

- Animal en decúbito lateral derecho.
- A 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media.
- La sonda se sitúa a 70° con respecto a la pared abdominal.



Riñón izquierdo:

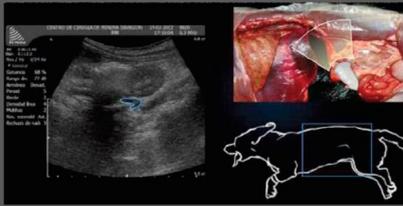
Barrido:

- Animal en decúbito lateral derecho.
- A 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media.
- La sonda se sitúa a 70° con respecto a la pared abdominal.
- Se realiza un barrido de aproximadamente 30° hacia dorsal y 150° grados hacia ventral.



Arteria renal izquierda:

Con el cánido en posición de decúbito lateral derecho y el transductor en la posición indicada se localiza el plano que se observa a la izquierda de la pantalla. En él se percibe la arteria renal izquierda delimitada en azul.



Se realiza el corte longitudinal, para ello se coloca la sonda 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. Se sitúa la sonda a 70° con respecto a la pared abdominal donde se localiza el riñón y su respectiva arteria renal izquierda.

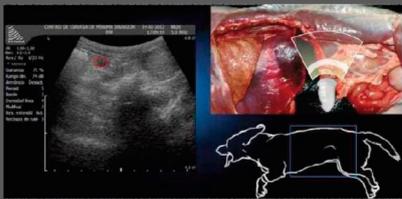


Ovario:

Para la localización y visualización del ovario izquierdo se mantiene la misma posición anatómica, decúbito lateral derecho.

Se divide el ovario izquierdo delimitado en color rojo. Se sitúa la sonda a 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media.

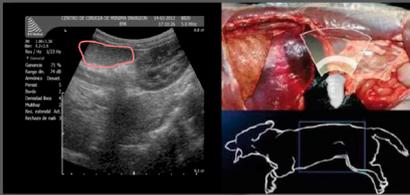
Se realiza un corte transversal situando la sonda a unos 70° con respecto a la pared abdominal. En primer lugar se localiza el riñón. Para ello se ejecuta un desplazamiento caudal de unos dos centímetros, visualizándose una estructura anecogénica redondeada en el polo inferior del riñón. Posteriormente se lleva a cabo un barrido, siempre dando una angulación de 30° y 150° de dorsal a ventral para visualizar correctamente el ovario izquierdo.



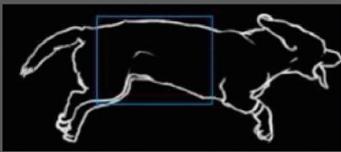
Bazo

La siguiente estructura que se percibe es el bazo. Con el cánido en la misma posición anatómica, lo que cambiamos es la posición del transductor, situándolo en la fosa para-lumbar media. Una vez localizado el plano óptimo, se distingue el bazo delimitado en color rojo.

Se localiza la sonda 3 cm caudal a la línea del arco costal y 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. Para realizar un corte longitudinal se coloca la sonda a 70° con respecto a la pared abdominal, localizando el riñón. Seguidamente se realiza un desplazamiento hacia craneal hasta localizar el bazo. Posteriormente se lleva a cabo un desplazamiento ventral de la sonda, por lo que se apreciará la parte dorsal del animal.



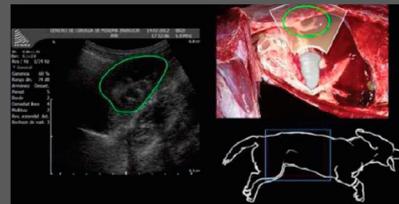
2. Paciente En Decúbito Lateral Izquierdo



Riñón derecho

Con el cánido en decúbito lateral izquierdo y el transductor en la fosa para-lumbar derecha, paralelo al arco costal se percibe el riñón derecho. Se ha delimitado en verde en el plano óptimo ecográfico así como en la imagen de las visceras.

- Animal en decúbito lateral izquierdo.
- A 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media.
- La sonda se sitúa a 70° con respecto a la pared abdominal.





Ovario derecho

Para la localización del ovario derecho se coloca el animal en decúbito lateral izquierdo. La sonda se coloca en la fosa paralumbar derecha donde se delimita el ovario derecho. Se localizará la sonda a 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. Se realiza un corte transversal situando la sonda a unos 70° con respecto a la pared abdominal. En primer lugar se verá el riñón. Para ello se ejecutará un desplazamiento caudal de unos dos centímetros, visualizándose una estructura anecogénica redondeada en el polo inferior del riñón. Posteriormente se realiza un barrido, siempre dando una angulación de 30° y 150° de dorsal a ventral para visualizar correctamente el ovario derecho.



3. Paciente En Decúbito Dorsal

Vejiga

La sonda ecográfica se sitúa en la región supra-púbica justo sobre la línea alba con el transductor colocado como se aprecia en la imagen. En la imagen ecográfica se distingue la vejiga en la parte central y derecha delimitada en color amarillo.



El transductor se posiciona en la línea alba en posición transversal, realizando un barrido con la sonda orientada desde los 30° hasta los 150° de derecha a izquierda.



ANEXO 3

ECOGRAFÍA BÁSICA VETERINARIA

Principios básicos

Exploración abdominal de la especie canina



ECOGRAFÍA BÁSICA VETERINARIA

PRINCIPIOS BÁSICOS DE ECOGRAFÍA:

Los ultrasonidos se definen como ondas de sonido de frecuencia superior a la audible por el oído humano, aproximadamente 20.000 ciclos por segundo (20kHz).

Ciclos por segundo	Medidas
1	1 hertz (Hz)
1000	1 kilohertz (kHz)
1.000.000	1 megahertz (MHz)

En los exámenes diagnóstico se emplean normalmente frecuencias de sonido entre 2 y 10 MHz.

Frecuencia: Número de veces que una onda se repite (ciclo) por segundo.

Las frecuencias de millones de ciclos tienen longitudes de onda cortas, esenciales para tener alta resolución.

Longitud de onda: es la distancia que recorre una onda durante un ciclo.

Cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la resolución.

↑ La frecuencia ↓ Longitud de onda (si la velocidad del sonido en el medio se mantiene constante).

Velocidad (m/s) = frecuencia (ciclos/s) x longitud de onda (m)

Los equipos ecográficos asumen una velocidad de sonido constante en los tejidos blandos, aunque existen ligeras diferencias.

Cuando el haz encuentra aire o hueso, las grandes diferencias de velocidad en estos medios causan una gran reflexión y una interpretación ecográfica inapropiada.

Velocidad del sonido en los tejidos corporales:

Tejido o sustancia	Velocidad (m/s)
Aire	331
Grasa	1450
Agua (50° C)	1540
Tejido blando "Media"	1540
Cerebro	1541
Hígado	1549
Riñón	1561
Sangre	1570
Músculo	1585
Cristalino	1620
Hueso	4080

Frecuencias de ultrasonido más frecuentemente utilizadas (Se asume velocidad= 1,54 mm/ μ sec (1540m/s)

Frecuencia (MHz)	Longitud de onda (mm)
2,0	0.77
3,0	0.51
5,0	0.31
7,5	0.21
10,0	0.15

EQUIPO

1. Selección del transductor (sonda)

La frecuencia emitida por un transductor concreto depende de las características de los **cristales piezoeléctricos especiales** que contiene la cabeza de la sonda.

La frecuencia de un cristal es inherente a éste y no puede modificarse mediante los controles del ecógrafo. Para cambiar la frecuencia, en general, es necesario que el ecografista elija un transductor diferente ya que los cristales producen una frecuencia específica.

Algunos transductores pueden tener función multifrecuencia, esto permite obtener la máxima resolución posible para una profundidad determinada sin tener que cambiar el transductor.

Tamaño del animal	Transductor
Pequeño (<10 Kg)	7,5 - 10 MHz (en oftalmología o intraoperatorias)
Medio	5,0 MHz
Grandes	3,0 MHz

Además de la frecuencia, otros factores afectan a la resolución de la imagen y la capacidad de separar estructuras adyacentes. Son la longitud de pulso del ultrasonido, el diámetro del haz, y la resolución del monitor de vídeo.

La formación de la imagen ecográfica se basa en el principio del pulso-eco. El sonido es producido por el transductor en pulsos y no continuamente. La imagen se forma a partir de los ecos que regresan al transductor desde los tejidos después de cada pulso.

Tono de color gris correspondiente a la amplitud o fuerza del eco que ha regresado:

Tono de color	Intensidad de la eco
Negro	Baja
Blanco	Alta

El ojo humano puede distinguir unos 10 matices diferentes de gris en un monitor de vídeo.

2. Controles del ecógrafo

Control de la potencia (intensidad , rendimiento)

La potencia tendría que ponerse tan baja como sea posible para obtener la mejor resolución y prevenir artefactos.

Controles de la ganancia (amplificación) y del rechazo (supresión, umbral)

Control de ganancia: amplificación de los ecos que regresan independientemente de la profundidad de origen.

Control de rechazo: Elimina los ecos más débiles de todas las profundidades que no contribuyan significativamente a la formación de imagen. (No se usa normalmente al poder perder detalles sutiles del parénquima de los órganos).

Controles de la compensación tiempo-ganancia (profundidad ganancia)

Los ecos que regresan de estructuras muy profundas son más débiles que aquellos que se originan en estructuras superficiales debido a la mayor atenuación del sonido. El tiempo de regreso del eco está directamente relacionado con la profundidad de la superficie reflejante.

Compensación tiempo-ganancia (TGC): Aumentando la ganancia a medida que el tiempo de regreso del eco se incrementa, se compensa selectivamente para los ecos más débiles que llegan al transductor desde las estructuras más profundas.

3. Modos de presentación ecográfica

Modo A: (Modo Amplitud)

Se utiliza para exploraciones oftalmológicas y mediciones precisas de longitud o profundidad. Es el más simple.

Modo B: (Modo brillo)

Representa los ecos que regresan como puntos, el brillo o la escala de grises es proporcional a la amplitud de los ecos de regreso y la posición corresponde a la profundidad en la que el eco se origina a lo largo de una línea única desde el transductor.

Modo M o TM (modo movimiento o tiempo movimiento)

Se utiliza en ecocardiografía junto con el modo B para evaluar el corazón. Registra la profundidad en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal. Útiles para medidas precisas de las paredes y cámaras cardiacas y evaluar cuantitativamente la motilidad de las válvulas o las paredes en el tiempo.

Modo B en tiempo real:

Representa una imagen en movimiento y en tonos gris las secciones anatómicas transversales.

4. Tipos de sondas:

Sondas Sectoriales Mecánicas:

Las sondas sectoriales en tiempo real se denominan así porque la forma del haz y la imagen resultante en la pantalla producidos por el transductor tienen forma de sector o triangular.

Sondas tipo "Array" o de alta resolución:

Pueden tener una gran variedad de configuraciones, pero la más comunes son las lineales, convexas, las de fase y anulares. Permite obtener imágenes en tiempo real de forma lineal o sectorial.

Sonda lineal de alta resolución:

Tiene múltiples cristales dispuestos en línea dentro de la sonda con forma de barra.

Sonda convexa de alta resolución:

Son sondas lineales transformadas en curvas convexas. Producen una imagen sectorial que tiene un campo de visión más amplio que el de las lineales.

Sondas de alta resolución fase: no tienen partes móviles:

Se produce un campo de visión sectorial disparando los múltiples elementos del transductor en una secuencia electrónica precisa.

Sondas anulares de alta resolución:

Permiten un enfoque preciso tanto en el plano transversal como en el lateral.

5. Interacción del sonido con los tejidos y reconocimiento de los artefactos

Atenuación:

El haz de I ultrasonido se atenúa a medida que se desplaza a través de los tejidos hacia una interfase de reflexión. El grado de atenuación es directamente proporcional a la frecuencia del haz; en un medio dado, las frecuencias más altas se atenúan mucho más que las frecuencias bajas. Es aproximadamente igual a 0.5 dB/cm/MHz en la distancia de ida y vuelta.

Los factores que contribuyen son la absorción, reflexión y dispersión del haz

1. Absorción:

Conversión de la energía mecánica del pulso de sonido en calor. Es debido a las fuerzas de fricción que se producen al moverse las moléculas del medio de transmisión de un lado a otro.

2. Reflexión e impedancia acústica

Los ecos reflejados desde las interfases del tejido blando hacia el transductor forman las bases de la imagen ecográfica. Las interfases grandes con relación al tamaño del haz son conocidas como *reflectores especulares*.

Impedancia acústica del tejido: El producto de la intensidad y la velocidad del sonido en el tejido. Hace referencia a las características de reflexión o transmisión de un tejido.

Impedancia acústica (Z)= velocidad (v) x densidad del tejido (p)

Tejido o sustancia	Impedancia acústica
Aire	0.0004
Grasa	1.38
Agua (50° C)	1.54
Cerebro	1.58
Hígado	1.65
Riñón	1.62
Sangre	1.61
Músculo	1.70
Cristalino	1.84
Hueso	7.8

Para evitar la impedancia se utiliza el gel de contacto acústico entre transductor y piel para eliminar el aire interpuesto.

3. Dispersión:

Cuando el haz de ultrasonidos encuentra interfases pequeñas e irregulares (<0.5mm), en el parénquima de los órganos se produce dispersión. También llamada reflexión difusa o no especular y es independiente del ángulo del haz.

Refracción:

Es la alteración en la dirección del haz. La Refracción junto con reflexión contribuyen a la formación del área delgada de baja ecogenicidad que se observa lateral y distal a las estructuras curvas.

6. Orientación y designación de la imagen:

Exploración abdominal

Animal en decúbito dorsal.

Plano sagital: La orientación craneal se sitúa a la izquierda del ecografista en la imagen.

Plano transversal: El lado derecho del animal se sitúa a la izquierda del ecografista en la imagen.

7. Interpretación de la imagen y terminología

Familiarizados con la anatomía tridimensional normal para reconocer artefactos, variaciones y cambios patológicos.

Orden creciente de ecogenicidad de los tejidos y sustancias corporales:

(Negro, anecoica) Bilis/orina < médula renal < músculo < corteza renal < hígado < grasa de reserva < bazo < próstata < pelvis renal < grasa estructural/paredes vasculares < Hueso/aire /límite de órganos. (Blanco hiperecogénica)

Uniforme (homogéneo) o no uniforme (irregular o heterogéneo).

ORIENTACIÓN EN LA ECOGRAFÍA DEL PERRO

Plano Sagital

Con el animal en decúbito dorsal.

La orientación craneal se sitúa a la izquierda del ecografista en la imagen.



Plano Transversal

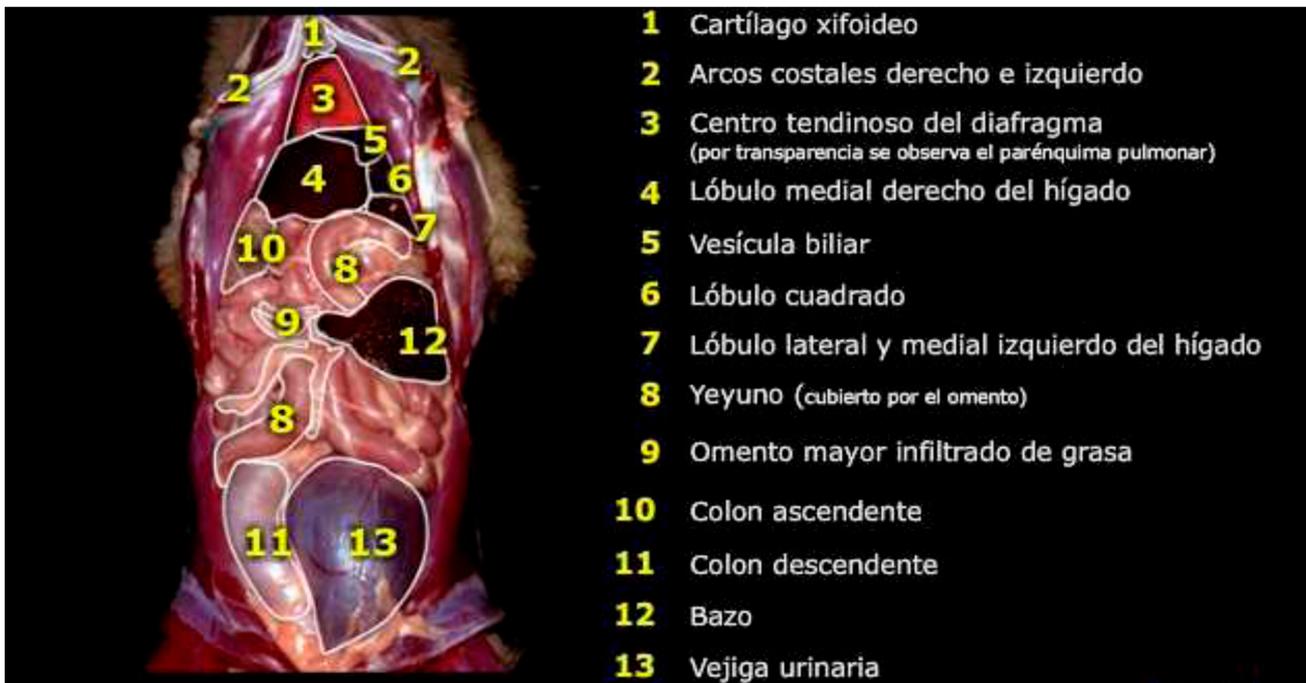
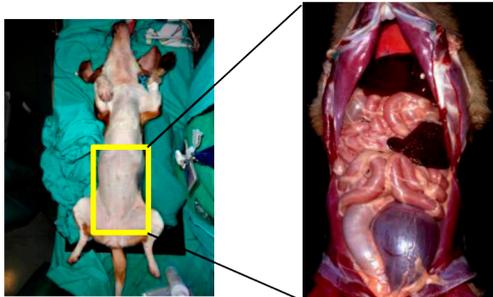
Con el animal en decúbito dorsal.

Plano transversal: El lado derecho del animal se sitúa a la izquierda del ecografista en la imagen.

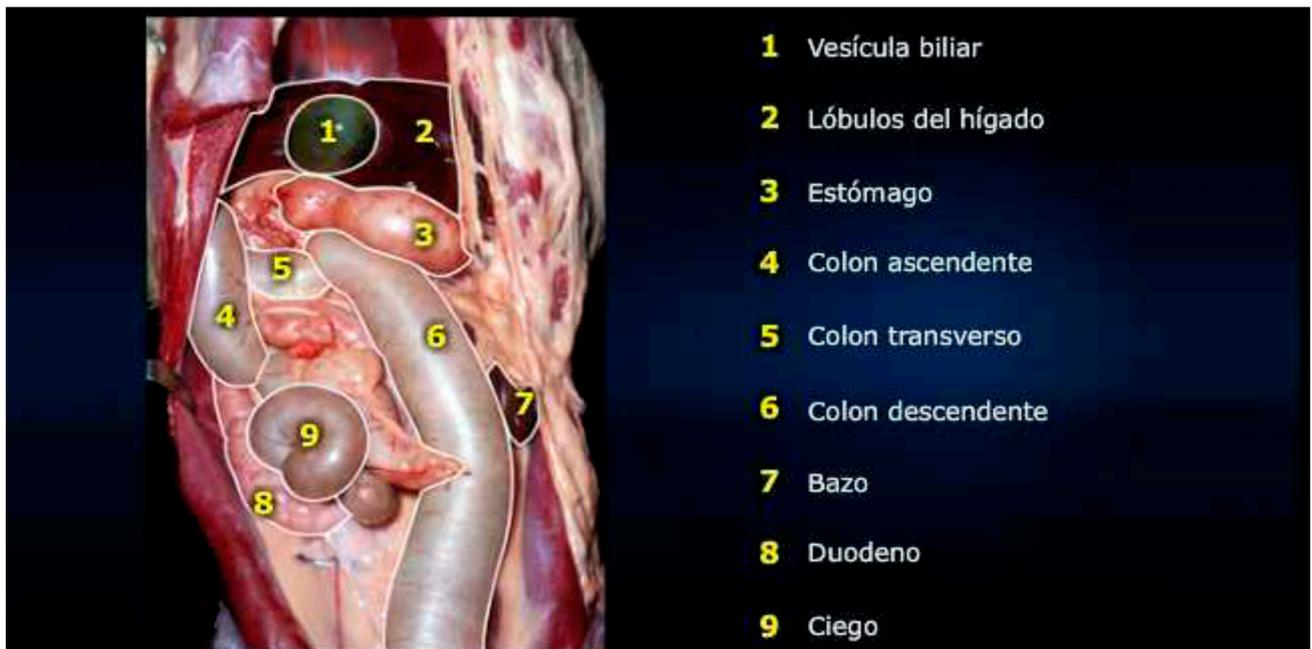
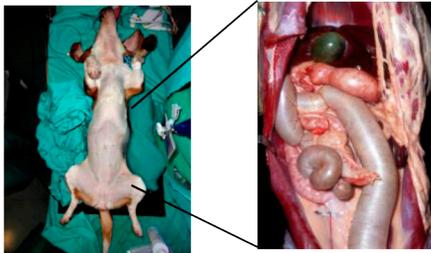


TOPOGRAFÍA DE LAS VÍSCERAS ABDOMINALES DEL PERRO

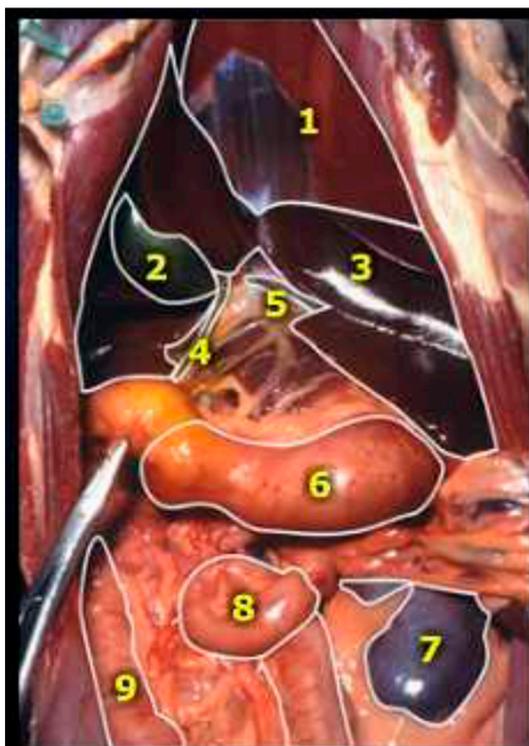
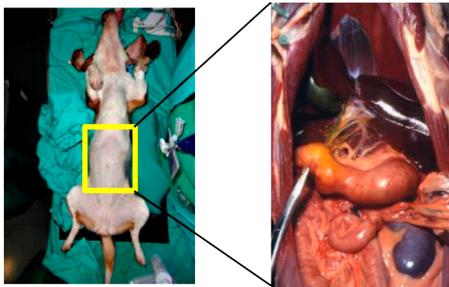
1. Topografía de las vísceras abdominales del perro tras apertura de la cavidad abdominal por la línea blanca.



2. Imagen ventral del estómago, duodeno, ciego y colon del perro tras la resección del yeyuno e íleon.

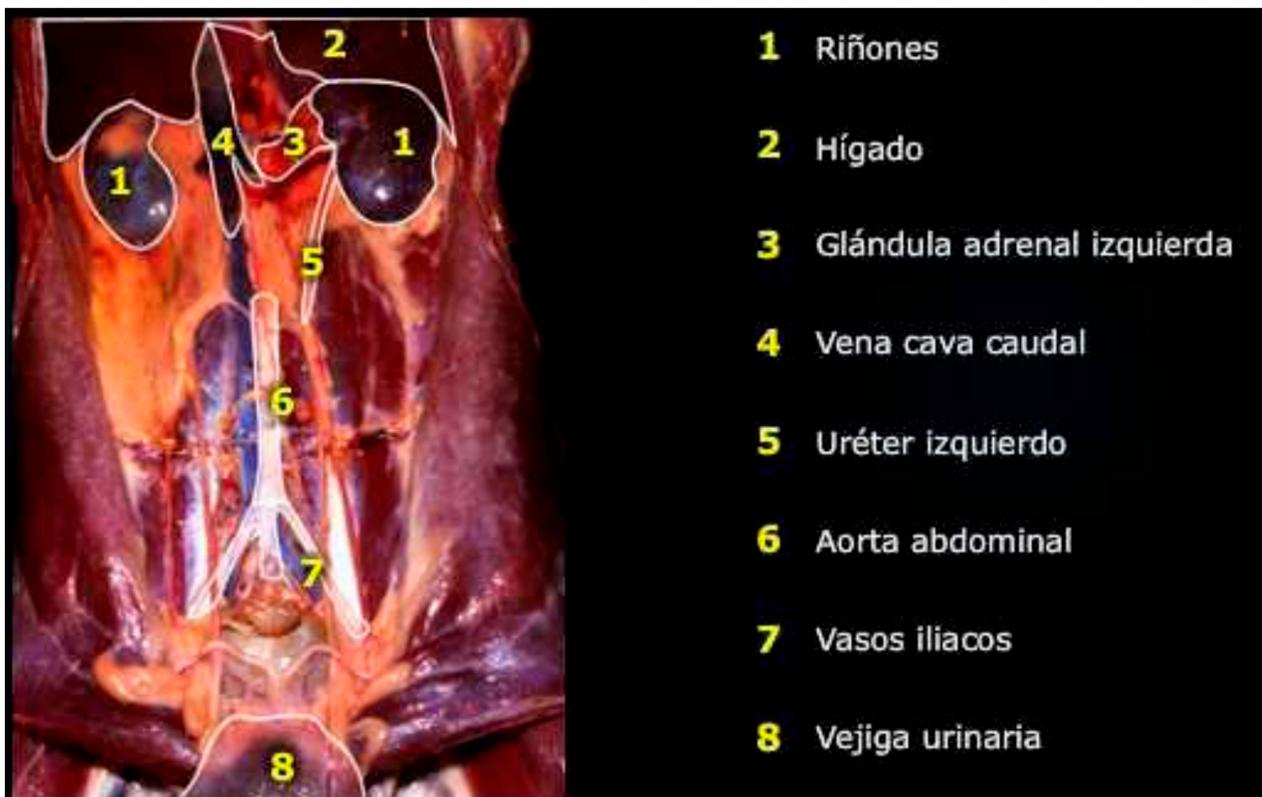
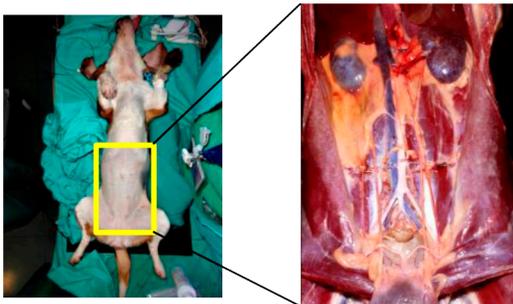


3. Estómago, hígado, vesícula biliar, porta del hígado y omento menor del perro. Visión ventral.

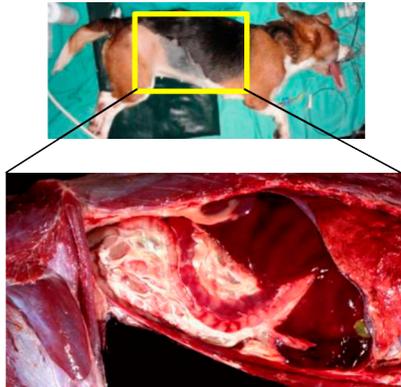


- 1 Diafragma
- 2 Vesícula biliar
- 3 Hígado
- 4 Conducto cístico
- 5 Vena porta y ramas
- 6 Estómago
- 7 Riñón izquierdo
- 8 Yeyuno
- 9 Duodeno

4. Formaciones vasculares del techo del abdomen del perro tras retirar parcialmente la grasa retroperitoneal.

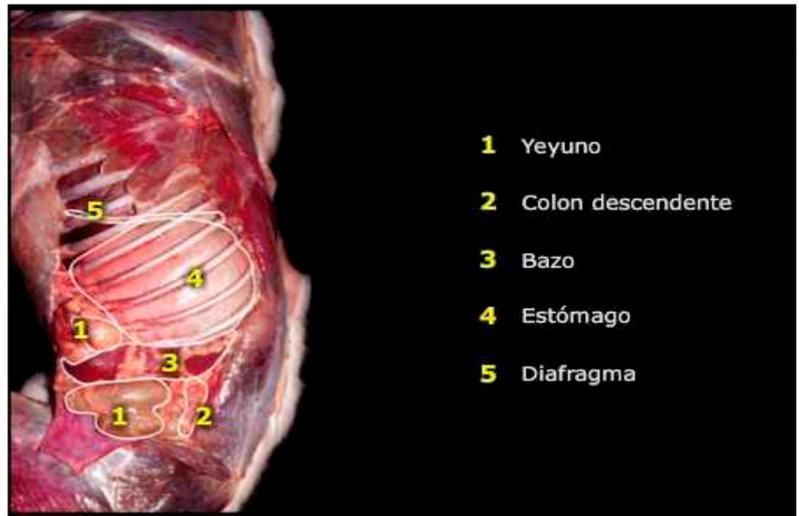
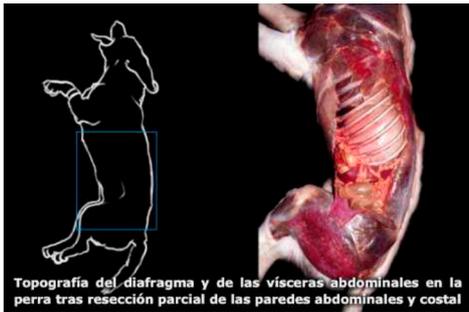


5. Topografía de las vísceras abdominales del perro tras reseca las paredes abdominales y costal derecha y parcialmente el diafragma.

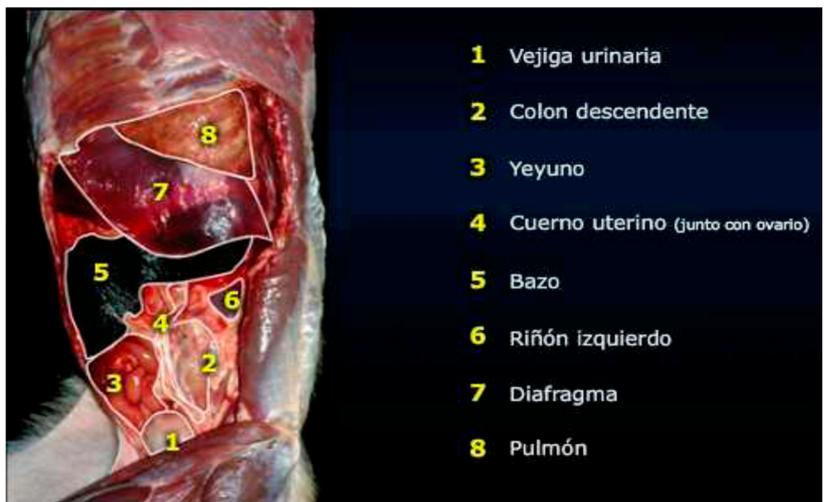


- 1 Pulmón (tras haber quitado las costillas y el diafragma)
- 2 Diafragma
- 3 Vesícula biliar
- 4 Hígado
- 5 Ligamento falciforme
- 6 Duodeno descendente
- 7 Páncreas
- 8 Omento mayor (cubriendo las asas)
- 9 Riñón derecho

6. Topografía del diafragma y de las vísceras abdominales en la perro tras resección parcial de las paredes abdominales y costal.



7. Topografía de las vísceras abdominales en la perra tras resección de la pared ventrolateral izquierda del abdomen.



EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA ABDOMINAL DELA ESPECIE CANINA

PROTOCOLO DE LA EXPLORACIÓN

Una vez estudiada la anatomía general del abdomen del cánido pasamos a correlacionarla con la ecografía.

En el desarrollo de este capítulo podrán observar los planos óptimos ecográficos para visualizar correctamente las estructuras del abdomen.

Para ello se relacionarán las imágenes anatómicas, ecográficas, de posición del animal y posición del transductor.

A continuación se realizará paso por paso el protocolo de exploración del perro, en este caso se trata de un perro de raza beagle, hembra, de 15Kg de peso.

Para ello se describe de forma sencilla y ordenada cada uno de los procesos, de forma que se localizarán todas las estructuras de interés que conforman la exploración abdominal ecográfica en perro.

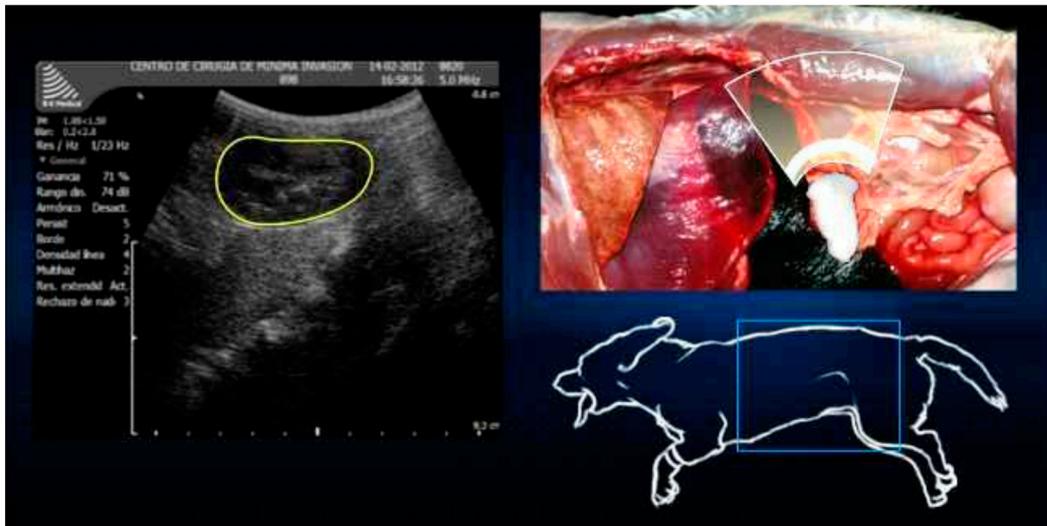
Así pues, dentro de cada uno de los recorridos realizados se localizarán los planos o cortes óptimos, es decir, aquellos planos en los que se observan las estructuras de interés. En estos cortes se delimitarán con diferentes colores las estructuras a localizar.

Para realizar una exploración correcta y lógica colocamos al perro en tres posturas diferentes, dividiendo así la exploración en tres bloques.

Paciente en decúbito lateral derecho

Riñón izquierdo

En la misma posición anatómica que los ejercicios anteriores se delimita el riñón en el plano ecográfico en color amarillo.



Para la correcta exploración del riñón izquierdo se realizan varios movimientos con la sonda.

- En primer lugar se lleva a cabo el **corte longitudinal** del riñón.
Se ubica el transductor a 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. La sonda se sitúa a 70° con respecto a la pared abdominal. Vídeo

A continuación se realiza un **barrido** de aproximadamente 30° hacia dorsal y 150° grados hacia ventral del cánido.

Seguidamente se realiza un **desplazamiento** de 1 cm hacia la derecha y de 1 cm hacia la izquierda volviendo a la posición inicial.



Fig.1. Corte longitudinal del riñón izquierdo.

- Ejecución del **corte transversal**.

Desde la posición anterior se realiza un barrido de 30° craneal y 30° caudal, obteniendo así el corte deseado.

Posteriormente se realiza un barrido de la zona, para ello, se colocará la sonda partiendo de los 30° craneal hacia los 150° caudal, volviendo al centro 90°.

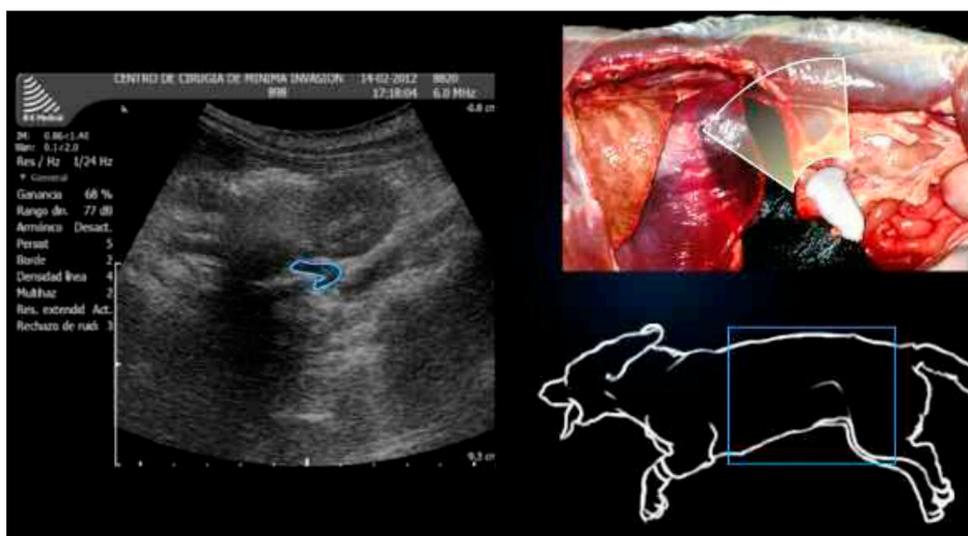
Para completar la exploración del riñón izquierdo se hará un último movimiento. En la posición transversal se realiza un desplazamiento de 2 cm craneal y 2 cm caudal volviendo a la posición inicial.



Fig.2. Corte transversal del riñón izquierdo.

Arteria renal izquierda

Con el cánido en posición de decúbito lateral derecho y el transductor en la posición indicada se localiza el plano que se observa a la izquierda de la pantalla. En él se percibe la arteria renal izquierda delimitada en azul.



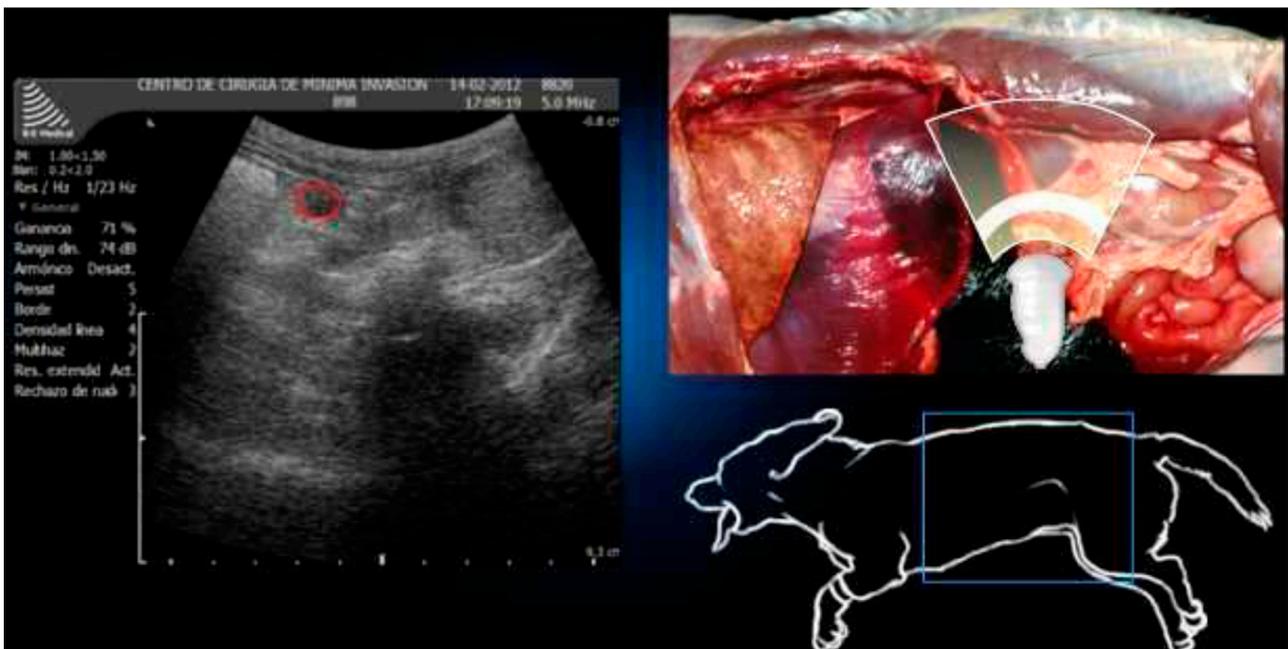
Se realiza el **corte longitudinal**, para ello se coloca la sonda 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. Se sitúa la sonda a 70° con respecto a la pared abdominal donde se localiza el riñón y su respectiva arteria renal izquierda.



Fig.3. Corte longitudinal de la arteria renal izquierda.

Ovario izquierdo

Para la localización y visualización del ovario izquierdo se mantiene la misma posición anatómica, decúbito lateral derecho. Se divide el ovario izquierdo delimitado en color rojo. Se sitúa la sonda a 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media.



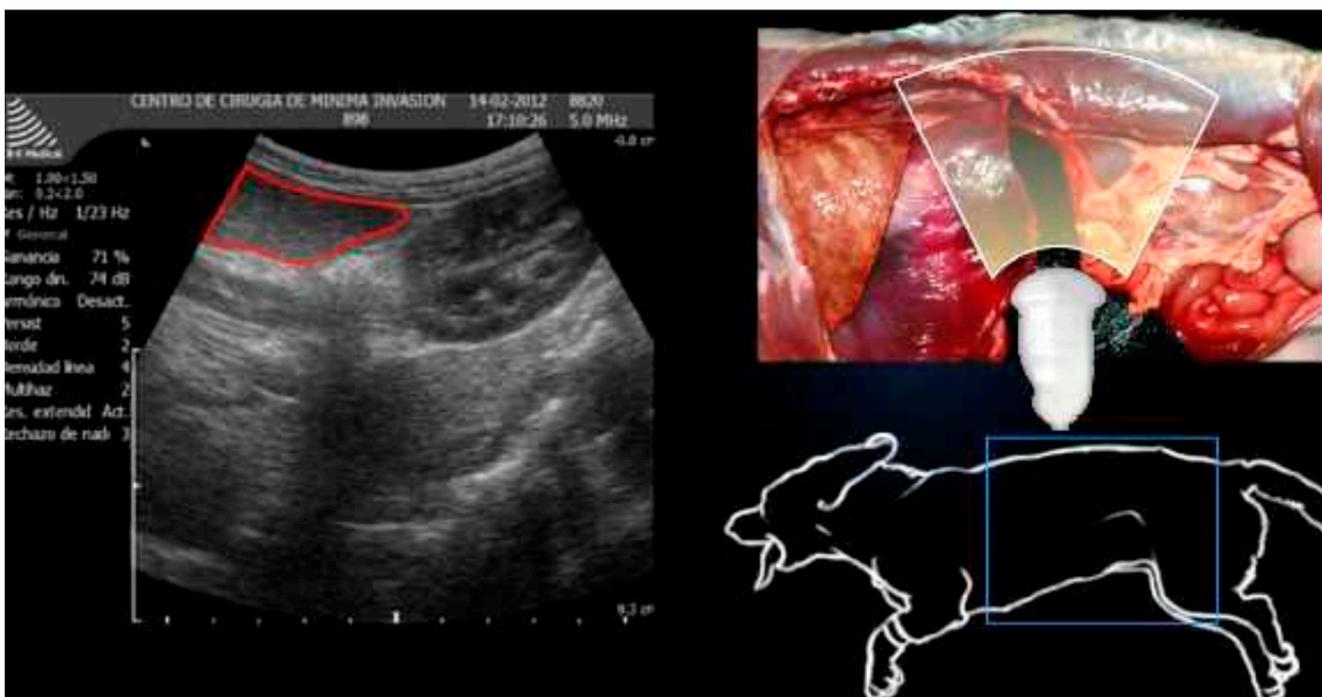
Se realiza un **corte transversal** situando la sonda a unos 70° con respecto la pared abdominal. En primer lugar se localiza el riñón. Para ello se ejecuta un desplazamiento caudal de unos dos centímetros, visualizándose una estructura anecogénica redondeada en el polo inferior del riñón. Posteriormente se lleva a cabo un **barrido**, siempre dando una angulación de 30° y 150° de dorsal a ventral para visualizar correctamente el ovario izquierdo.



Fig.4. Corte transversal del ovario izquierdo.

Bazo

La siguiente estructura que se percibe es el bazo. Con el cánido en la misma posición anatómica, lo que cambiamos es la posición del transductor, situándolo en la fosa para-lumbar media. Una vez localizado el plano óptimo, se distingue el bazo delimitado en color rojo.



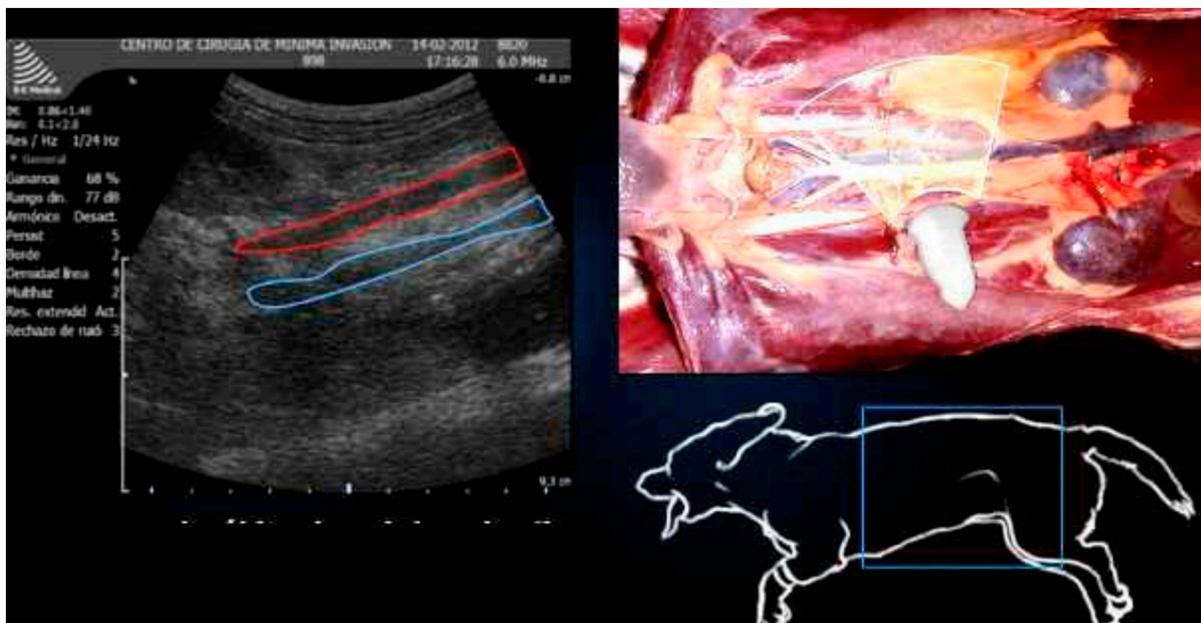
Se localiza la sonda 3 cm caudal a la línea del arco costal y 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. Para realizar un **corte longitudinal** se coloca la sonda a 70° con respecto a la pared abdominal, localizando el riñón. Seguidamente se realiza un **desplazamiento** hacia craneal hasta localizar el bazo. Posteriormente se lleva a cabo un desplazamiento ventral de la sonda, por lo que se apreciará la parte dorsal del animal.



Fig.5. Corte longitudinal del bazo.

Grandes Vasos

Para el estudio ecográfico de los grandes vasos se mantiene la misma posición anatómica del animal. Como se observa en la imagen de disección se ha utilizado el decúbito dorsal para mejorar la percepción de las estructuras. Para la localización ecográfica se posiciona el transductor en la fosa para-lumbar superior, a unos dos centímetros del arco costal. Delimitadas en rojo y azul se aprecian la aorta y vena cava inferior respectivamente.



Se realizará el **corte longitudinal**. Se ubica el transductor paralelo a la columna y se desplaza hacia la línea media hasta que se visualice la arteria aorta, que tiene pulso y la vena cava justo debajo.

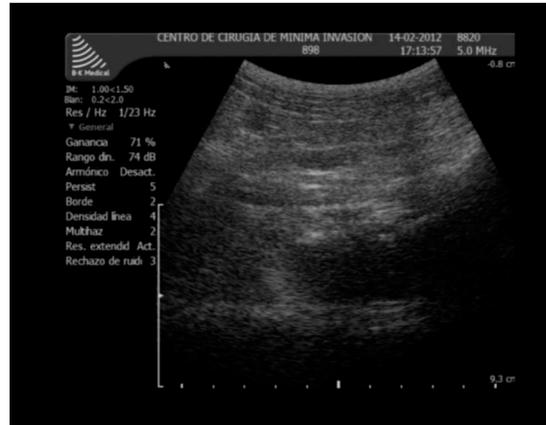


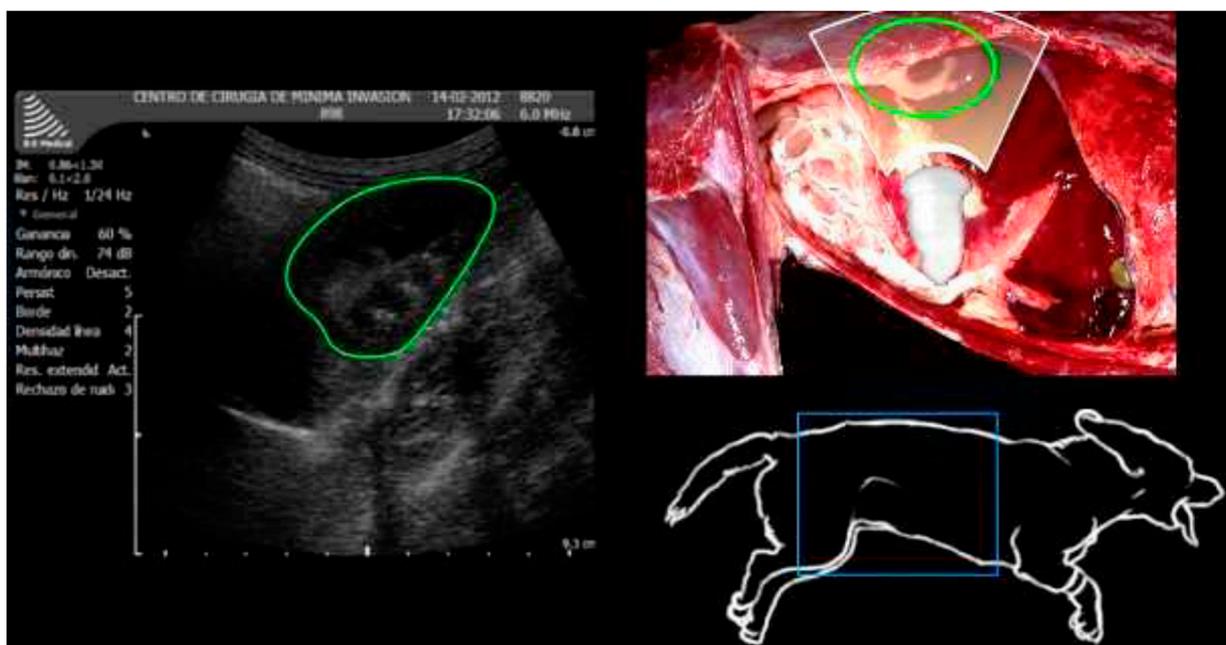
Fig.6. Corte longitudinal de grandes vasos.

Paciente en decúbito lateral izquierdo

Para el siguiente bloque se coloca el animal en decúbito lateral izquierdo para completar la exploración de los órganos pares como ovarios y riñones que no se pueden explorar desde un mismo lado.

Riñón derecho

Con el cánido en decúbito lateral izquierdo y el transductor en la fosa para-lumbar derecha, paralelos al arco costal se percibe el riñón derecho. Se ha delimitado en verde en el plano óptico ecográfico así como en la imagen de las vísceras.



Igual que en el riñón izquierdo, deberemos realizar varios movimientos para completar la exploración del riñón.

La sonda se ubica a unos 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media. A continuación se sitúa la sonda a unos 70° con respecto a la pared abdominal.

Una vez localizado el riñón, se realiza un barrido comenzando a unos 30° hacia dorsal y terminamos en unos 150° hacia ventral.

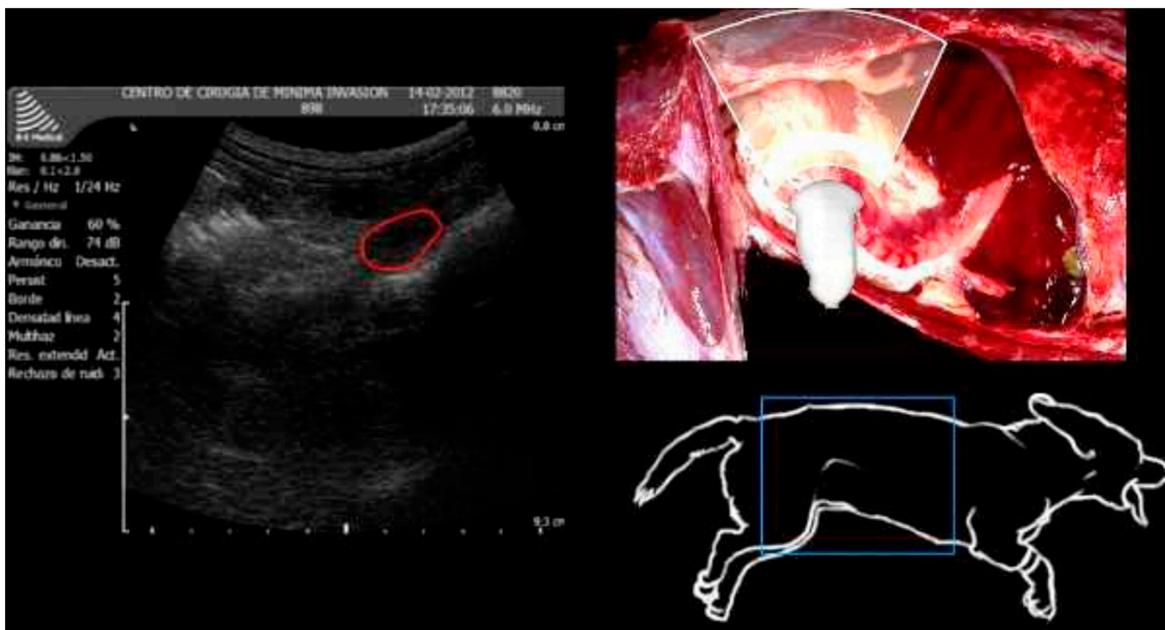
Por último se hace un desplazamiento de 2 cm hacia dorsal y 2 cm hacia caudal.



Fig.7. Corte longitudinal del riñón derecho.

Ovario Derecho

Para la localización del ovario derecho se coloca el animal en decúbito lateral izquierdo. La sonda se coloca en la fosa para-lumbar derecha donde se delimita el ovario derecho.



Se localizará la sonda a 3 cm caudal a la línea del arco costal y a 3 cm lateral hacia el lado izquierdo de la línea media.

Se realiza un **corte transversal** situando la sonda a unos 70° con respecto a la pared abdominal. En primer lugar se verá el riñón. Para ello se ejecutará un desplazamiento caudal de unos dos centímetros, visualizándose una estructura anecogénica redondeada en el polo inferior del riñón. Posteriormente se realiza un **barrido**, siempre dando una angulación de 30° y 150° de dorsal a ventral para visualizar correctamente el ovario derecho.



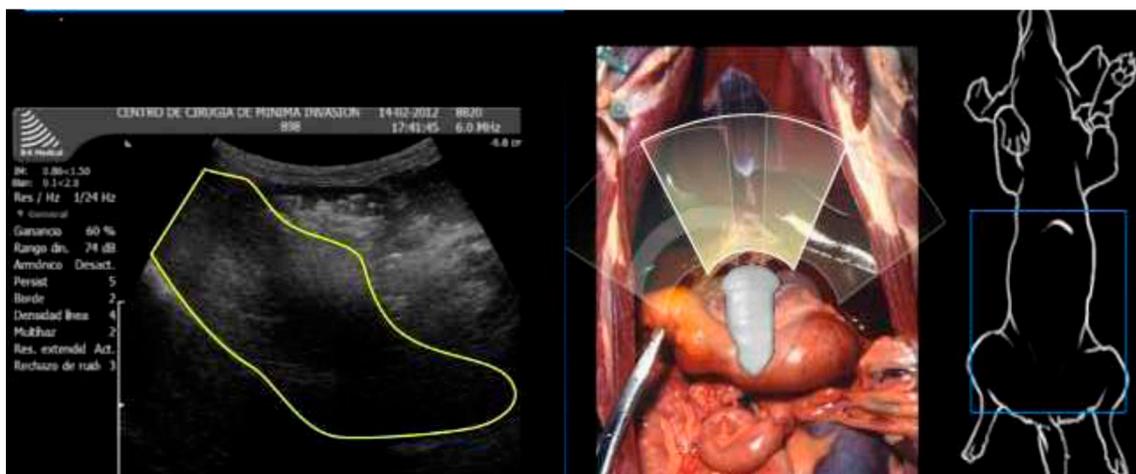
Fig.8. Corte transversal del ovario derecho.

Paciente en decúbito dorsal

Para completar la exploración abdominal de los órganos que nos quedan pendientes, es necesario que modifiquemos de nuevo la posición del animal. Se coloca el animal en decúbito dorsal.

Hígado

El transductor se sitúa en la línea media región subxifoidea, debajo del apéndice xifoides y entre ambos arcos costales, como se puede apreciar en la imagen el hígado ocupa una gran parte de la imagen ecográfica y anatómica. Está delimitado en amarillo.



Se ubica el transductor en la zona subxifoidea en el plano sagital medio a 90° con respecto a la pared abdominal. Seguidamente se realiza un barrido de 30° hacia la derecha del paciente y 150° hacia la izquierda del animal.

Por último se visualiza la vesícula biliar, volviendo a la posición subxifoidea, situando la sonda a 90° con respecto a la pared abdominal. Posteriormente se realiza un desplazamiento de derecha a izquierda de 2 cm.



Fig.9. Corte de la vesícula biliar e hígado.

Duodeno

Para realizar el corte longitudinal se coloca la sonda a 90° con respecto a la pared abdominal, por debajo del arco costal.

Para el estudio ecográfico del duodeno se coloca el animal en decúbito dorsal. Se ubica el transductor en sobre la región craneal derecha del abdomen, contiguo al borde del arco costal. El duodeno está delimitado en color verde en la imagen ecográfica y de la misma forma en la imagen posterior en vertical.

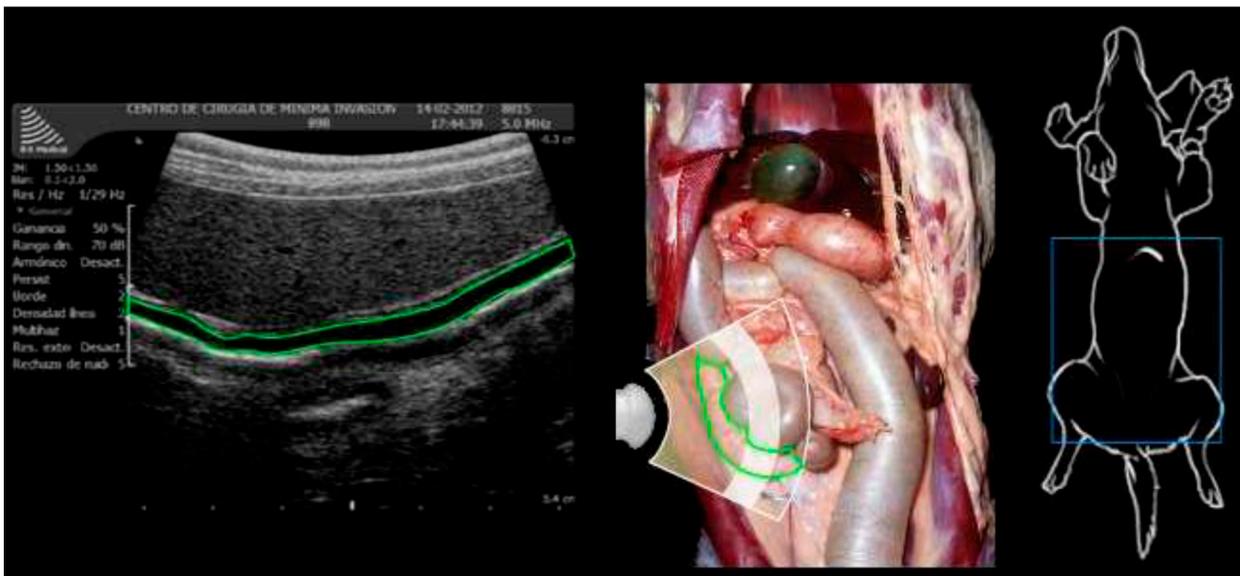




Fig.10. Corte longitudinal del duodeno.

Vejiga

La sonda ecográfica se sitúa en la en la región supra-púbica justo sobre la línea alba con el transductor colocado como se aprecia en la imagen.

En la imagen ecográfica se distingue la vejiga en la parte central y derecha delimitada en color



El transductor se posiciona en la línea alba en posición transversal, realizando un barrido con la sonda orientada desde los 30° hasta los 150° de derecha a izquierda. Para localizar el plano sagital medio, se localiza la sonda en posición longitudinal, realizando un barrido desde los 30° hasta los 150° de derecha a izquierda del animal.



Fig.11. Corte longitudinal de la vejiga.

ANEXO 4

Encuesta demográfica**1. Indique cual es su edad:**

- 18-20
- 21-23
- 23-25
- 25-27
- 27-30
- 30 o más

2. Indique su sexo

- Femenino
- Masculino

3. ¿Cuál es su nivel académico en veterinaria?

- a. 3° curso de grado en veterinaria.
- b. 4° curso de grado en veterinaria.
- c. 5° curso de grado en veterinaria.
- d. Licenciado hace menos de un año.
- e. Licenciado hace más de un año de experiencia clínica.
- d. Licenciado con más de 5 años de experiencia clínica.
- d. Interno del hospital clínico veterinario.

4. Indique su experiencia en ecografía veterinaria (grandes y pequeños animales):

- a. Nunca he presenciado una ecografía y no he establecido contacto con un ecógrafo.
- b. He presenciado la realización de ecografías pero nunca he realizado personalmente ninguna.
- c. He presenciado al menos 5 ecografías explicadas por expertos.
- d. He presenciado más de cinco ecografías y realizado al menos 5 sin ayuda u orientación de un experto.
- e. He realizado más de 10 ecografías sin ayuda y orientación de un experto.

Encuesta demográfica

5. Indique el tiempo que juega a videojuegos (tanto si juega en smartphone, PC o videoconsola):

- a. Todos los días.
- b. Dos días a la semana.
- c. Una vez a la semana.
- d. Una vez al mes.
- e. Casi nunca.

6. ¿Dispone de alguno de los siguientes dispositivos electrónicos?

- a. Smartphone (móvil de última generación).
- b. Tablet.
- c. Ordenador portátil.
- d. No dispongo de ningún dispositivo.

7. ¿Utiliza sistemas de aplicaciones (app) para móviles o tablets en su vida diaria? (no tienen por qué ser de tipo académico).

- a. Si
- b. No

8. ¿Conoce alguna aplicación interactiva (app) para la formación veterinaria?

- a. Si
- b. No

9. ¿Utiliza sistemas de ebook en su día a día?

- a. Si
- b. No

10. ¿Considera interesante la inclusión del uso de aplicaciones (app) o ebook en la formación académica veterinaria?

- a. Si
- b. No

ANEXO 5

Examen para prueba inicial y prueba final***1. Elija la opción correcta:**

- a. Para un animal grande elegimos una frecuencia de 10 MHz.
- d. Para un animal mediano (>10 Kg) elegimos una frecuencia de más de 10 MHz.
- b. Para un animal pequeño (< 10 Kg) elegimos una frecuencia de 3 MHz.
- c. Para un animal grande elegimos una frecuencia de 3 MHz.

***2. Con el control de ganancia se produce una...**

- a. Amplificación de los ecos que regresan independientemente de la profundidad de origen.
- d. Ninguna de las anteriores.
- b. Disminución de los ecos que regresan independientemente de la profundidad de origen.
- c. Amplificación de los ecos que regresan dependiente de la profundidad de origen.

***3. ¿Qué se utiliza para evitar la impedancia acústica?**

- a. Suero Salino Fisiológico.
- b. Cambiamos el transductor al no haber elegido el correcto.
- d. Nada.
- c. Gel ecográfico.

***4. ¿De qué depende la frecuencia emitida por un transductor?**

- a. De la marca y diseño del ecógrafo.
- b. De las características de los cristales piezoeléctricos especiales de la cabeza de la sonda.
- d. Todas las respuestas son correctas.
- c. Del tamaño y peso del animal, así como de la zona específica donde se vaya a ejecutar la ecografía.

***5. ¿Por cuál de estos tejidos es mayor la velocidad del sonido (m/s)?**

- d. La velocidad es la misma en todos los tejidos.
- a. Grasa.
- b. Sangre.
- c. Hueso.

***6. Elija la opción correcta:**

- d. Ninguna de las respuestas anteriores son correctas.
- a. Las sondas lineales tienen más campo de visión que las convexas.
- b. Las sondas convexas tiene más campo de visión que las lineales.
- c. Las sondas lineales y las convexas nunca son de alta resolución.

Examen para prueba inicial y prueba final***7. ¿Cuál de estas ecuaciones es la correcta?**

- d. Tanto a como c son correctas.
- a. Frecuencia (ciclos/s)=Velocidad (m/s) x Longitud de onda (m).
- b. Velocidad (m/s)= Frecuencia (ciclos/s) x Longitud de onda (m).
- c. Velocidad (m/s)=Grosor de tejido (m)/ Frecuencia (ciclos/s).

***8. ¿Qué es la longitud de onda?**

- d. Todas las respuestas son correctas.
- a. La amplitud que tiene una onda en varios ciclos.
- b. La resolución que presenta una onda en un ciclo.
- c. La distancia que recorre una onda durante un ciclo.

***9. ¿Qué intervalos de frecuencias se usan en los diferentes exámenes ecográficos en el perro?**

- d. Ninguna de las anteriores.
- a. Entre 2 y 10 MHz.
- b. Entre 20 y 100MHz.
- c. Entre 0,2 y 1 MHz.

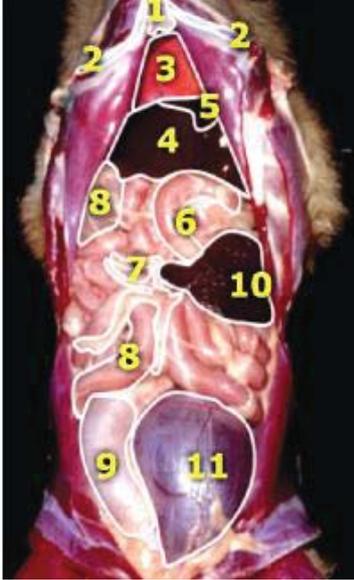
***10. Elige cuál de estas listas de sustancias es la correcta según el orden creciente de ecogenicidad (de anecoico a hiperecogénico):**

- d. Ninguno es correcto.
- a. Orina, grasa estructural, músculo.
- b. Orina, hígado, paredes vasculares.
- c. Hueso, orina, músculo.

***11. En la siguiente imagen. ¿a qué órgano corresponde el número 10?**

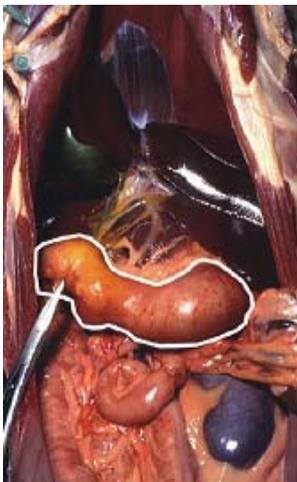
- b. Páncreas.
- d. Vejiga.
- c. Bazo.
- a. Hígado.

Examen para prueba inicial y prueba final



***12. En la siguiente imagen ¿cuál es el órgano señalado?**

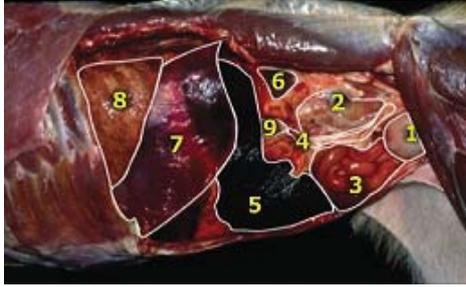
- c. Colon descendente.
- b. Yeyuno.
- d. Duodeno.
- a. Estómago.



***13. En la siguiente imagen. ¿a qué órgano corresponde el número 6?**

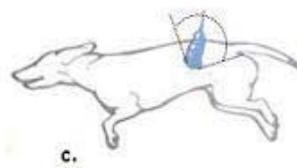
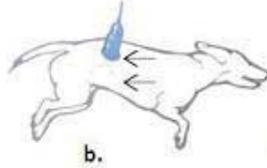
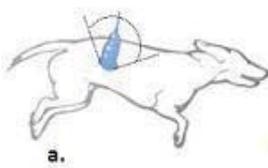
- c. Bazo.
- b. Riñón izquierdo.
- d. Riñón derecho.
- a. Diafragma

Examen para prueba inicial y prueba final



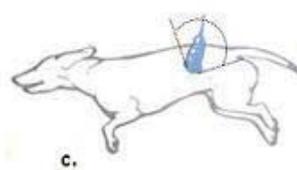
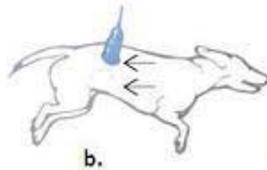
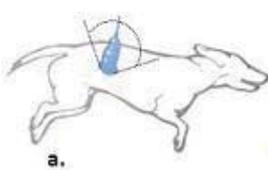
***14. ¿Qué movimiento se debe realizar con la sonda cuando hacemos un barrido longitudinal del riñón derecho?**

- a
- c Ninguno de los que se muestran.
- b
- c



***15. ¿Qué movimiento se debe realizar con la sonda cuando hacemos un desplazamiento longitudinal del riñón derecho?**

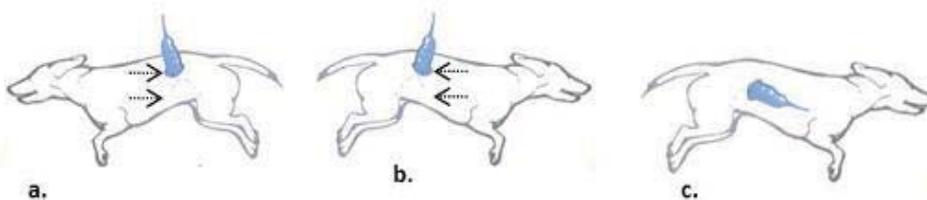
- a
- d Ninguno de los que se muestran.
- b
- c



Examen para prueba inicial y prueba final

***16. ¿Cuál de todas estas posiciones sería la adecuada para hacer un corte transversal del riñón derecho?**

- a
- d Cualquiera de las que se muestra.
- b
- c



***17. La imagen corresponde a una exploración de la vejiga un plano...**

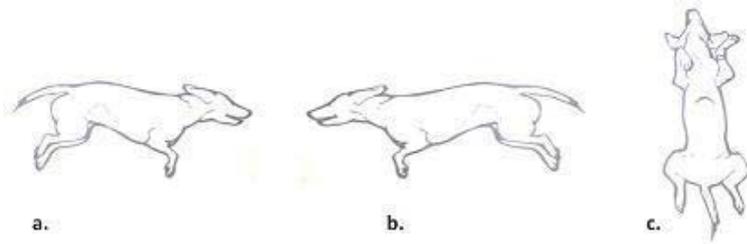
- b. Transversal.
- d. Interlongitudinal.
- c. Medio.
- a. Sagital (longitudinal).



Examen para prueba inicial y prueba final

***18. ¿Cuál de todas estas posiciones sería la adecuada para localizar ecográfica el bazo?**

- b
- d. Todas son correctas.
- c
- a



***19. ¿Qué órganos podrías explorar en decúbito lateral derecho?**

- c. Riñón izquierdo, arteria renal derecha, ovario izquierdo y bazo.
- b. Riñón izquierdo, arteria renal izquierda, ovario izquierdo, bazo y grandes vasos.
- d. Vejiga y duodeno
- a. Riñón derecho, ovario derecho, vejiga e hígado.

***20. Para realizar la exploración ecográfica del ovario izquierdo de la perra se recomienda colocar el animal en:**

- c. Decúbito Lateral Derecho.
- b. Decúbito Dorsal.
- d. Es indiferente la posición.
- a. Decúbito lateral izquierdo.

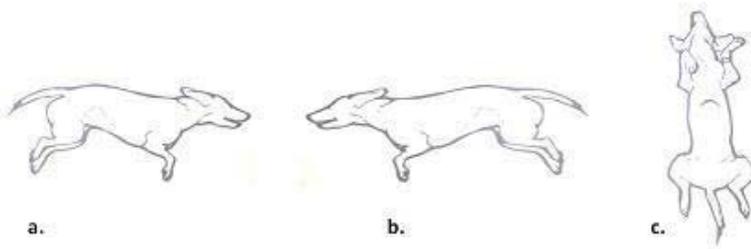
***21. Para realizar la exploración ecográfica de la vejiga del perro se recomienda colocar el animal en:**

- a. Decúbito lateral izquierdo.
- d. Todas las posiciones son correctas.
- b. Decúbito dorsal.
- c. Decúbito lateral derecho.

Examen para prueba inicial y prueba final

***22. Cuál es la posición adecuada para hacer una exploración ecográfica del hígado?**

- a
- d Ninguna de las que se indican.
- b
- c



***23. La siguiente imagen corresponde a una exploración ecográfica de:**

- a. Hígado.
- d. Cuerpo extraño.
- b. Duodeno.
- c. Grandes vasos.



***24. La siguiente imagen corresponde a una exploración ecográfica de**

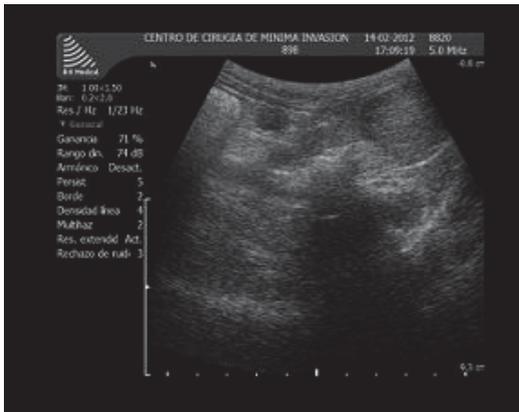
- a. hígado.
- d. bazo.
- b. duodeno.
- c. riñón derecho.

Examen para prueba inicial y prueba final



***25. La siguiente foto corresponde a una exploración ecográfica de:**

- c. Vesícula biliar e hígado.
- a. Ovario izquierdo.
- d. Duodeno
- b. Vejiga .



***26. La siguiente imagen corresponde a una exploración ecográfica de:**

- c. Riñón derecho.
- a. Hígado y vesícula biliar.
- d. Ovario.
- b. Duodeno.



Examen para prueba inicial y prueba final

***27. La siguiente imagen corresponde a una exploración de:**

- c. Estómago.
- a. Bazo.
- d. Riñón.
- b. Vejiga.



***28. ¿A qué órgano corresponde la indicación en la imagen?**

- d. Ninguna de las anteriores.
- c. Duodeno.
- b. Vejiga.
- a. Aorta y cava.



***29. ¿Qué estructuras identificas en esta fotografía?**

- a. Riñón, vena cava, porta y vesícula biliar.
- d. Ninguna de las anteriores.
- c. Riñón, arteria renal, aorta y ovario.
- b. Bazo, aorta y cava y ovario.

Examen para prueba inicial y prueba final



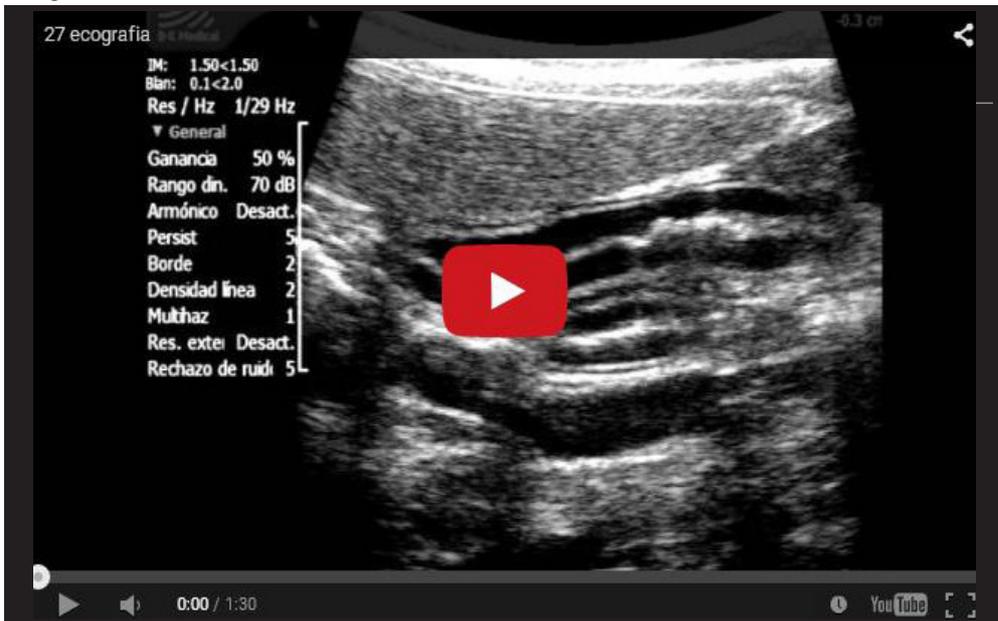
***30. ¿Qué estructuras identificas en esta fotografía?**

- a. Ovario, bazo y riñón.
- d. Ninguna de las anteriores.
- c. Ovario, hígado y cava.
- b. Vesícula biliar e hígado.



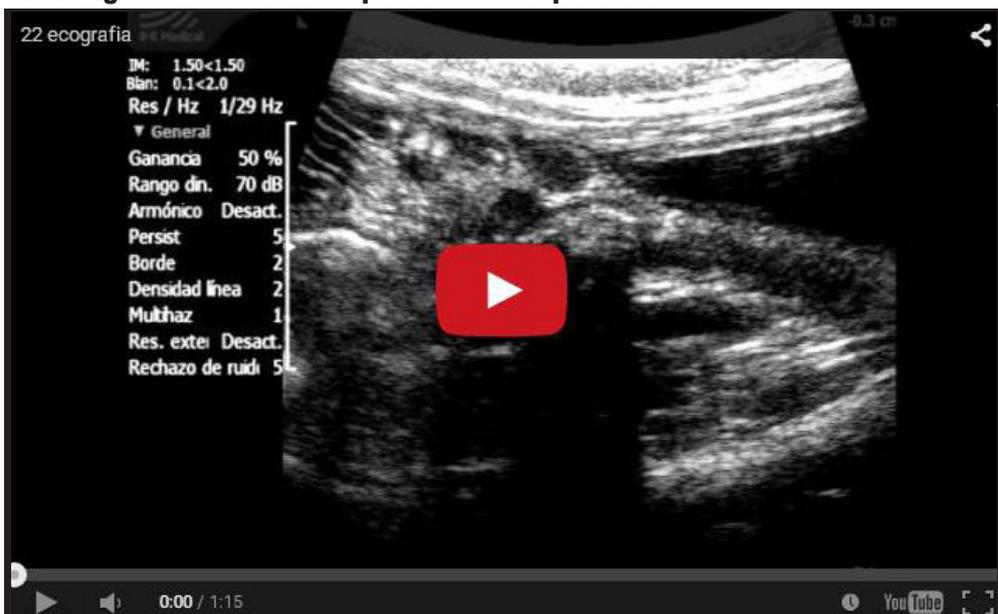
Examen para prueba inicial y prueba final

31. ¿Qué ves en este vídeo en el minuto 00:37?



- Aorta.
- Uréter.
- Duodeno.
- Esófago.

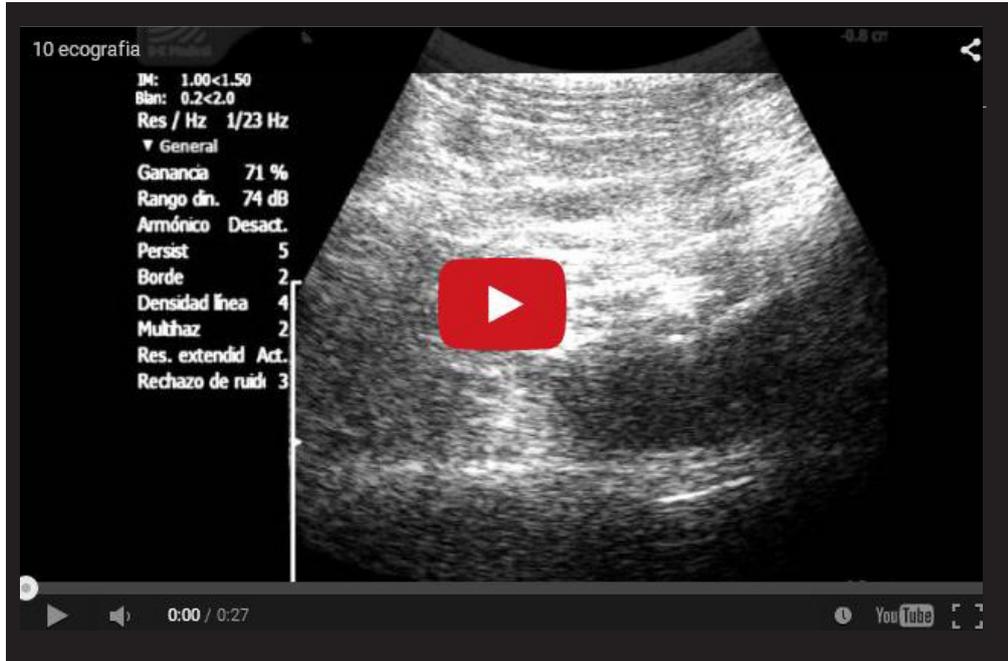
32. El siguiente vídeo corresponde a una exploración de...



- Vejiga.
- Vesícula biliar.
- Estómago.
- Riñón derecho.

Examen para prueba inicial y prueba final

33. En este clip vemos una exploración de ...



- Duodeno.
- Grandes Vasos.
- Arteria renal.
- Ninguna de las anteriores.

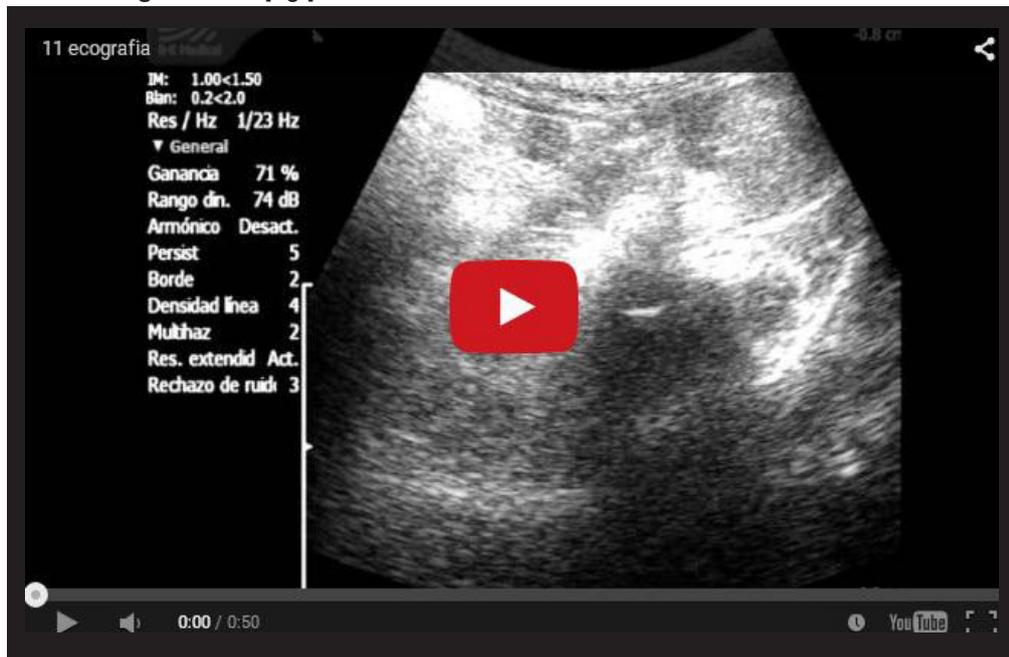
34. en el siguiente clip ¿qué ves en el minuto 00:33?



- Cuerpo extraño.
- Hígado y vesícula.
- Páncreas.
- Vejiga de la orina.

Examen para prueba inicial y prueba final

35. En el siguiente clip ¿qué observa en el minuto 00:43?



- Vesícula biliar.
- Ovario.
- Adrenales.
- Ninguna de las anteriores.

36. ¿qué ve en el siguiente clip de vídeo?



- Desplazamiento sobre el riñón en corte transversal
- Desplazamiento sobre el riñón en corte longitudinal.
- Barrido sobre el bazo.
- Ninguna de las anteriores.

ANEXO 6

Validación aparente de la herramienta de formación

1. Indique la utilidad de la herramienta empleada en el aprendizaje de la exploración ecográfica abdominal del perro.

nada poco intermedio bastante mucho

2. Indique la utilidad de la herramienta empleada para el aprendizaje de los principios básicos de ecografía.

nada poco intermedio bastante mucho

3. Indique la utilidad de la inclusión del atlas fotográfico de anatomía en el aprendizaje de la ecografía.

nada poco intermedio bastante mucho

4. ¿Considera que la herramienta empleada es útil para realizar un entrenamiento previo a la práctica directa en el paciente?

nada poco intermedio bastante mucho

5. ¿Considera que el empleo de esta herramienta repercute en la disminución de errores en la práctica clínica?

nada poco intermedio bastante mucho

6. ¿Considera que el empleo de esta herramienta disminuye la curva de aprendizaje de la ecografía?

nada poco intermedio bastante mucho

7. ¿Qué aspectos de la herramienta empleada mejoraría?

- a. Esquema de presentación.
- b. Calidad de las imágenes.
- c. Facilidad de uso.
- d. Nada.

ANEXO 7

Opinión sobre el empleo de herramientas multimedia en formación

1. En qué medida considera útil la implantación de herramientas electrónicas multimedia en el aprendizaje de la Veterinaria.

nada	poco	intermedio	bastante	mucho
<input type="radio"/>				

2. En qué medida considera útil la implantación de herramientas multimedia para el aprendizaje de imagen diagnóstica (radiología, ecografía...).

nada	poco	intermedio	bastante	mucho
<input type="radio"/>				

3. ¿Consideraría útil la creación de un entrenador multimedia para el aprendizaje y visualización ecográfica de patologías?

nada	poco	intermedio	bastante	mucho
<input type="radio"/>				

