

Donald Brown<sup>1</sup>, Hugues Gaillot<sup>2</sup> y Suzanne Cunningham<sup>3</sup>

1. Vermont Veterinary Cardiology, PEAK Veterinary Referral Center, Williston, VT, USA; Department of Clinical Sciences, Tufts Cummings School of Veterinary Medicine, North Grafton, MA, USA.
2. Clinique Vétérinaire ADVETIA, Paris, Francia.
3. Department of Clinical Sciences, Cummings School of Veterinary Medicine, Tufts University, North Grafton, MA, USA.

### TÉCNICA ECOCARDIOGRÁFICA

#### INSTRUMENTACIÓN

Los métodos de ecocardiografía difieren de las técnicas abdominales en que la colocación del transductor está confinada a ventanas limitadas de acceso entre las costillas y el pulmón lleno de aire. Esta limitación impone la necesidad de un transductor de base pequeña. Así, los exámenes ecocardiográficos se realizan mejor usando un transductor sectorial o curvilíneo, preferiblemente con tecnología de matriz gradual. La ecocardiografía requiere también una mayor resolución temporal. La máxima resolución temporal se obtiene disminuyendo la profundidad del campo y minimizando el ángulo de sector (profundidad de sector). La resolución temporal definitiva se obtiene usando la ecocardiografía en modo movimiento (modo M). En este capítulo se utilizan numerosas abreviaturas y convenciones que se listan en la Tabla 5.1.

La guía sugerida para las frecuencias del transductor son de 8 a 12 MHz para gatos y perros de tamaño similar, 4 a 8 MHz para perros de 5 a 40 kg, y 2 a 4 MHz para perros más grandes (>40 kg). Cuando se realiza un ecocardiograma, el electrocardiograma concurrente puede ser valioso o esencial, dependiendo de los objetivos del estudio.

#### PREPARACIÓN DE LOS PACIENTES

Los pacientes se colocan en decúbito lateral, con el transductor aplicado al paciente desde abajo con la ayuda de una tabla con cortes diseñados para este propósito (Figura 5.1). La transmisión acústica se facilita o bien afeitando el pelo sobre el punto de la aplicación del transductor o bien saturando completamente el pelaje con gel ecográfico.

#### ECOCARDIOGRAFÍA BI-DIMENSIONAL

La orientación de la imagen cardíaca y la colocación del transductor se referencian con respecto al mismo corazón (Henry *et al.*, 1980; Thomas 1984; Bonagura *et al.*, 1985; O'Grady *et al.*, 1986; Thomas *et al.*, 1993). El eje central del ventrículo izquierdo (LV) puede conceptualizarse como una línea imaginaria que se extiende desde el ápex cardíaco hasta la base en el centro de la luz del ventrículo izquierdo. Cuando el transductor se orienta de manera que el plano de ecografiado incluye o es paralelo a este eje, se obtiene una **imagen de eje largo**. Si el plano de ecografiado es perpendicular a este eje, se obtiene una **imagen de eje corto** (Figura 5.1).

A causa del desequilibrio de impedancia y de la atenuación ecográfica impuestos por las costillas y los pulmones llenos de aire, la ecocardiografía trans-torácica está limitada a unas ventanas de acceso relativamente pequeñas. Éstas rodean al corazón en ambos lados derecho e izquierdo del tórax ventral, es decir, cerca del esternón (**para-esternal**). El tamaño de estas ventanas de acceso depende de la conformación torácica individual y puede aumentarse mediante la sub-inflación (p. ej., secundaria a efusión pleural o atelectasis) y disminuir por la sobre-inflación, como puede ocurrir con muchas patologías cardiopulmonares. Puede obtenerse un acceso adicional desde la posición sub-costal (**sub-xifoidea**), ecografiando el corazón a través del hígado y del mediastino caudal; también puede disponerse de proyecciones limitadas del arco aórtico desde la entrada torácica (posición **supraesternal** del transductor).

**Tabla 5.1** Abreviaciones y convenciones utilizadas en este capítulo.

Designaciones anatómicas	
AML	valva anterior de la válvula mitral
Ao	aorta o aórtico
AV	válvula aórtica
CaVC	vena cava caudal
CrVC	vena cava craneal
CT	cuerdas tendinosas
IVS	septo intraventricular
LA	aurícula izquierda o auricular izquierdo
LAA	apéndice auricular izquierdo
LPA	arteria pulmonar principal izquierda
LVOT	tracto de salida de flujo ventricular izquierdo
LWV	pared ventricular izquierda
MV	válvula mitral
P	pericardio
PM	músculo papilar
PML	valva posterior de la válvula mitral
PT	tronco pulmonar
PV	válvula pulmonar
RA	aurícula derecha o auricular derecho
RAA	apéndice auricular derecho
RPA	arteria pulmonar principal derecha
RV	ventrículo derecho o ventricular derecho
RVOT	tracto de salida de flujo del ventrículo derecho
RWV	pared ventricular derecha
TV	válvula tricúspide
Modalidad ecográfica	
CFD	Doppler de flujo en color
CWD	Doppler de onda continua
M-mode	modo de movimiento
PWD	Doppler de onda pulsada
TD	Doppler de tejidos
TDI	imágenes de Doppler de tejidos
2DE	ecocardiografía bidimensional
Posición del transductor y orientación	
Ap	ápex
Bs	base
Ca	caudal
Cr	craneal
LAp	apical izquierdo
LPS	para-esternal izquierdo
LAX	eje largo (orientación)
RPS	para-esternal derecha (posición)
SAX	eje corto (orientación)
Patologías y condiciones	
AI	insuficiencia aórtica
CDVD	patología valvular degenerativa crónica
DCM	cardiomiopatía dilatada
HCM	cardiomiopatía hipertrófica
LCHF	insuficiencia cardíaca congestiva izquierda
MR	regurgitación mitral
PI	insuficiencia pulmonar
RCHF	insuficiencia cardíaca congestiva derecha
TR	regurgitación tricúspide

### Proyecciones para-esternales derechas

Generalmente hay dos o más espacios costales para las proyecciones para-esternales derechas, incluyendo la localización craneal, que se corresponde típicamente con el cuarto espacio intercostal, y una localización más caudal en el quinto espacio (Figura 5.2).

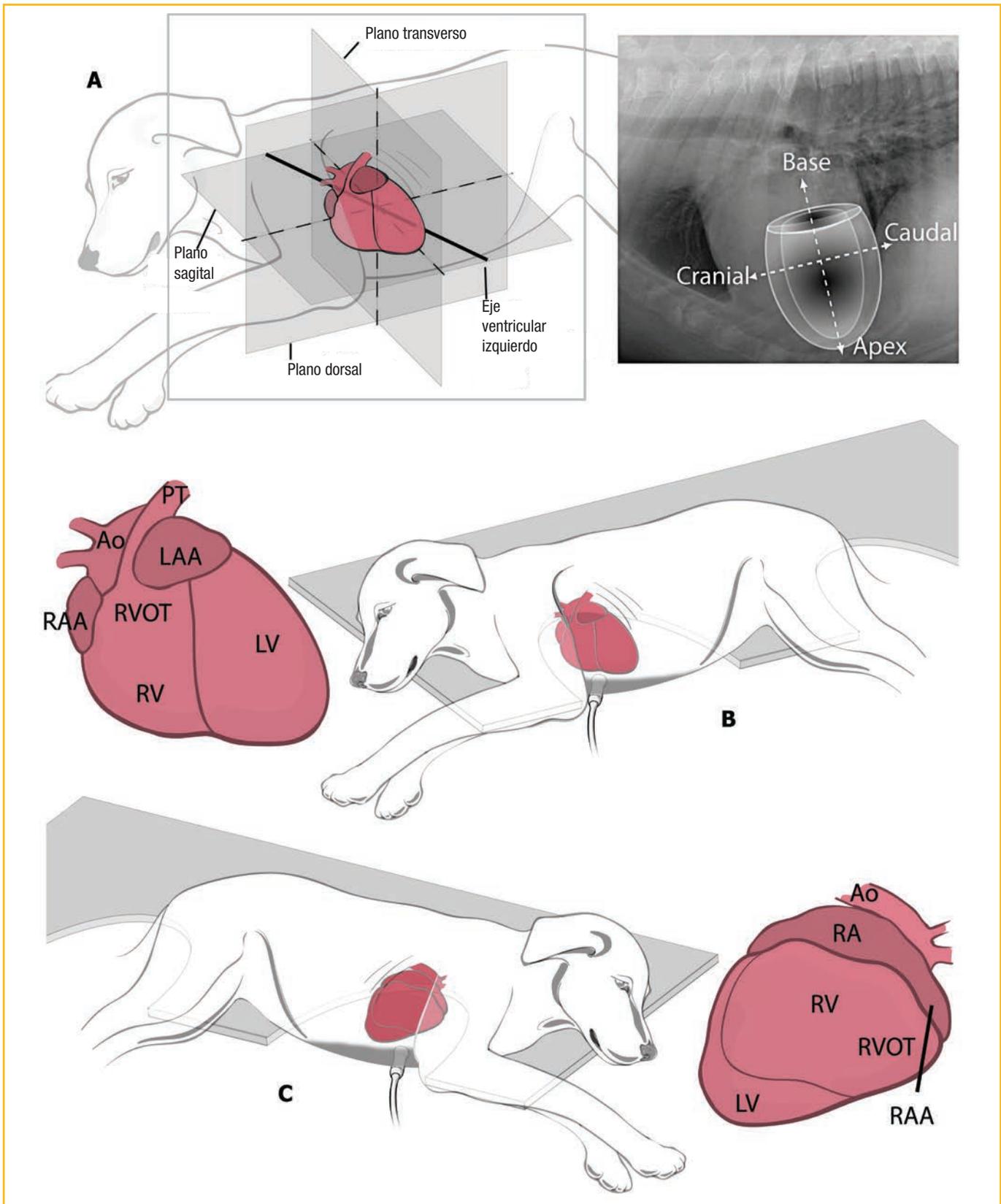
Para obtener imágenes adecuadas para la cuantificación del ventrículo izquierdo, el transductor se coloca dentro del espacio costal seleccionado, de forma que el haz central del transductor es perpendicular al eje largo del ventrículo izquierdo en las puntas de las valvas de la válvula mitral. Se obtiene una imagen de eje corto girando el transductor de forma que la sección transversa del ventrículo izquierdo esté tan cerca a ser circular como sea posible. La angulación en la dirección base-ápex produce una serie de proyecciones de eje corto de las proyecciones para-esternales derechas, dependiendo del nivel de transección (Figura 5.2).

Las imágenes de eje largo se obtienen desde la posición de proyección para-esternal derecha mediante la aplicación de un giro de 90° en sentido contrario a la dirección de las agujas del reloj del transductor. En relación con la orientación del eje corto, y abanicándolo de forma que el eje central del ventrículo izquierdo yace dentro del plano de ecografiado, se obtiene así una proyección de cuatro cámaras (Figura 5.3). Desde esta proyección, una leve angulación craneal y un giro a favor de la dirección de las agujas del reloj hace aparecer a la vista el tracto de salida de flujo del ventrículo izquierdo y la aorta.

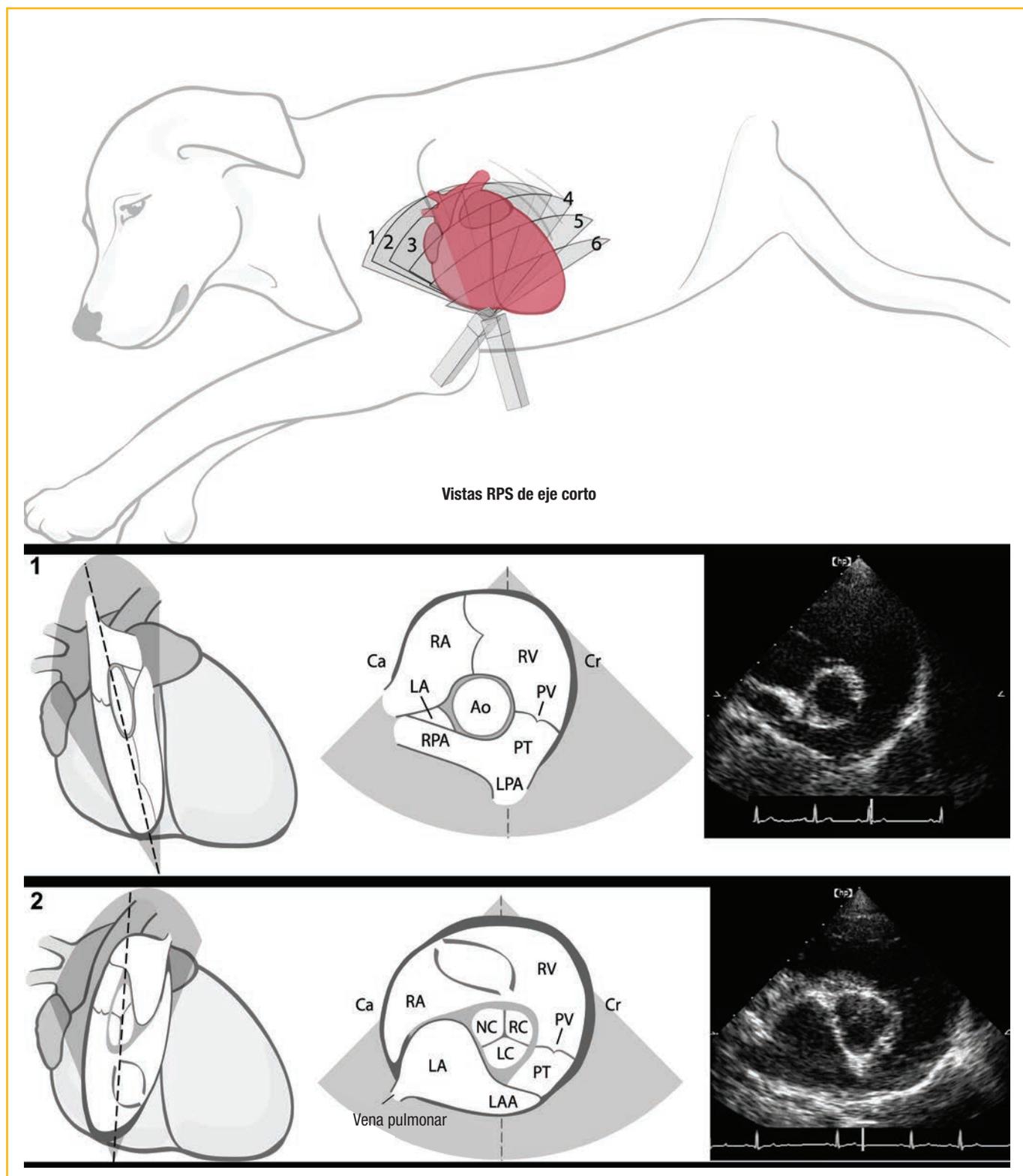
### Proyecciones apicales izquierdas

Las imágenes de la posición apical izquierda (LAp) se obtienen mejor con el paciente en decúbito lateral izquierdo, con el transductor aplicado en el tórax ventral izquierdo desde abajo (Figura 5.4). Se obtiene una proyección apical real cuando el transductor se coloca en una posición caudal y ventral extrema, acercándose a la posición sub-costal. El transductor se angula cranealmente de forma que el haz ecográfico central apunta hacia la base del corazón a lo largo del eje central del ventrículo izquierdo. La proyección apical real puede ser un reto técnico, de forma que una posición más craneal del transductor puede ser adecuada, pero resulta en una vista acortada del ventrículo izquierdo que es inadecuada para la cuantificación ventricular.

La angulación craneal del transductor desde la posición apical izquierda de cuatro cámaras lleva a la raíz aórtica dentro del plano de ecografiado y permite la visualización de la válvula aórtica. Este plano de ecografiado constituye la imagen **apical de cinco cámaras** y, a menudo, es adecuada para la cuantificación de la velocidad de flujo aórtico. Sin embargo, la colocación subcostal del transductor normalmente está



**Figura 5.1. Orientación y anatomía ecocardiográficas.** **A:** Se define un sistema prevalente coordinado en términos del eje del ventrículo izquierdo para el corazón del individuo. Los términos base y ápex son específicos para el corazón y generalmente no se corresponden con precisión con las direcciones dorsal y ventral referenciadas respecto al animal. De forma similar, el eje craneal-caudal del corazón es perpendicular al eje base-ápex y no coincide con precisión con las definiciones anatómicas. **B y C:** El transductor se coloca más habitualmente a los pacientes en decúbito desde abajo con la ayuda de una tabla especialmente diseñada. Para la definición de las abreviaciones en las figuras de este capítulo, ver Tabla 5.1.



**Figura 5.2. Técnica de ecografiado para-esternal derecha de eje corto.** Para las proyecciones para-esternales derechas de eje corto, el transductor se posiciona de forma que el plano de ecografiado divide perpendicularmente el eje central del ventrículo izquierdo al nivel de las cuerdas tendinosas. Los números 1-6 se refieren a la orientación del plano de ecografiado y a la imagen obtenida. El corte 6 no se muestra en las imágenes subsecuentes. **1:** Corte 1 a nivel del tronco pulmonar. **2:** Corte 2 a nivel de la raíz de la aorta. Pueden ser visibles las cúspides coronaria derecha (RC), coronaria izquierda (LC) y no coronaria (NC) de la válvula aórtica. **3:** Corte 3 a nivel mitral. Las valvas mitrales están ampliamente separadas cuando la sangre fluye entre las valvas dentro de la cámara ventricular izquierda. **4:** Corte 4 a nivel de las cuerdas. **5:** Corte 5 a nivel del ventrículo izquierdo. P, pericardio.

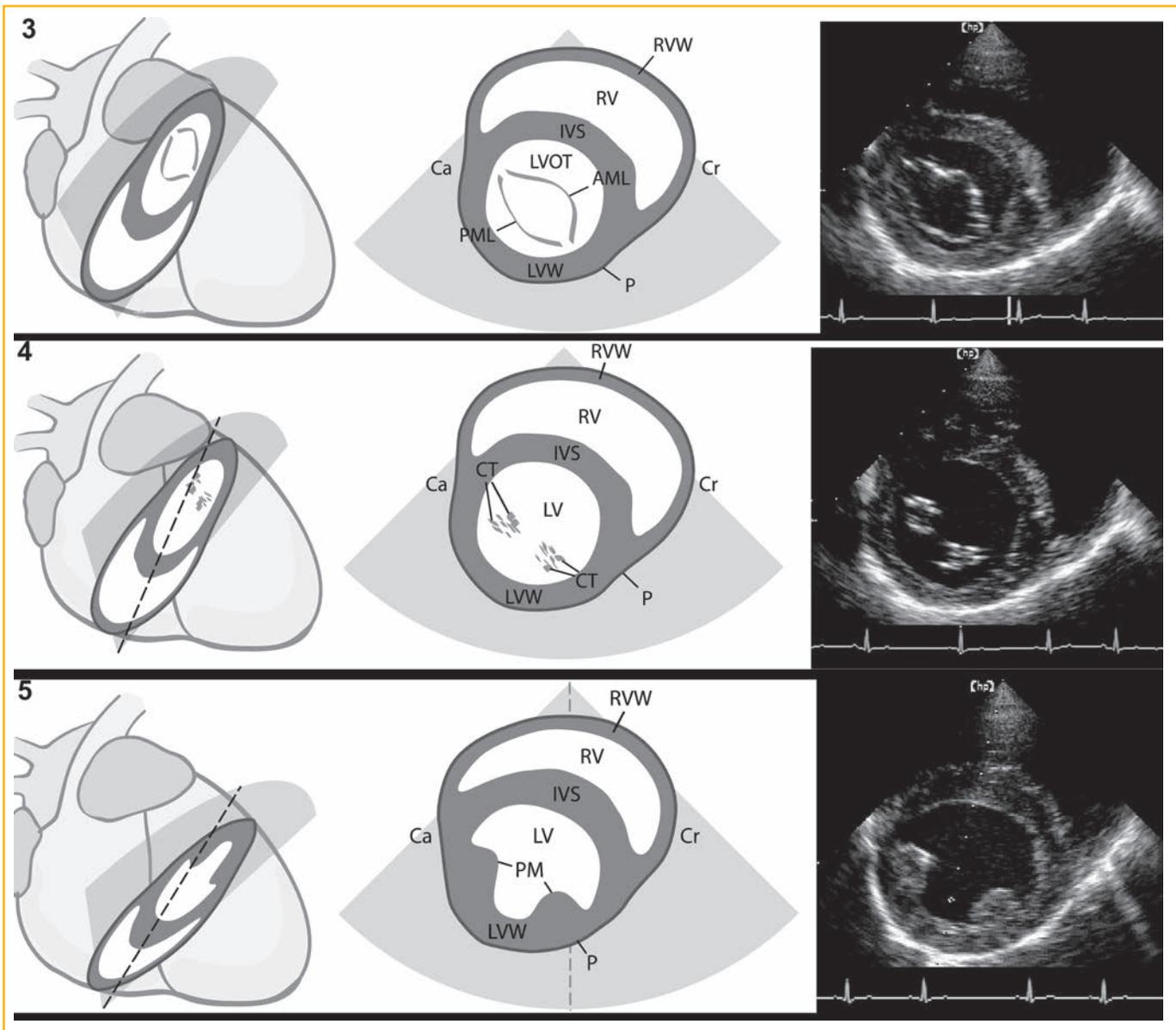


Figura 5.2. Continuación.

mejor alineada para la medición de velocidades máximas en perros (Abbott y MacLean 2003).

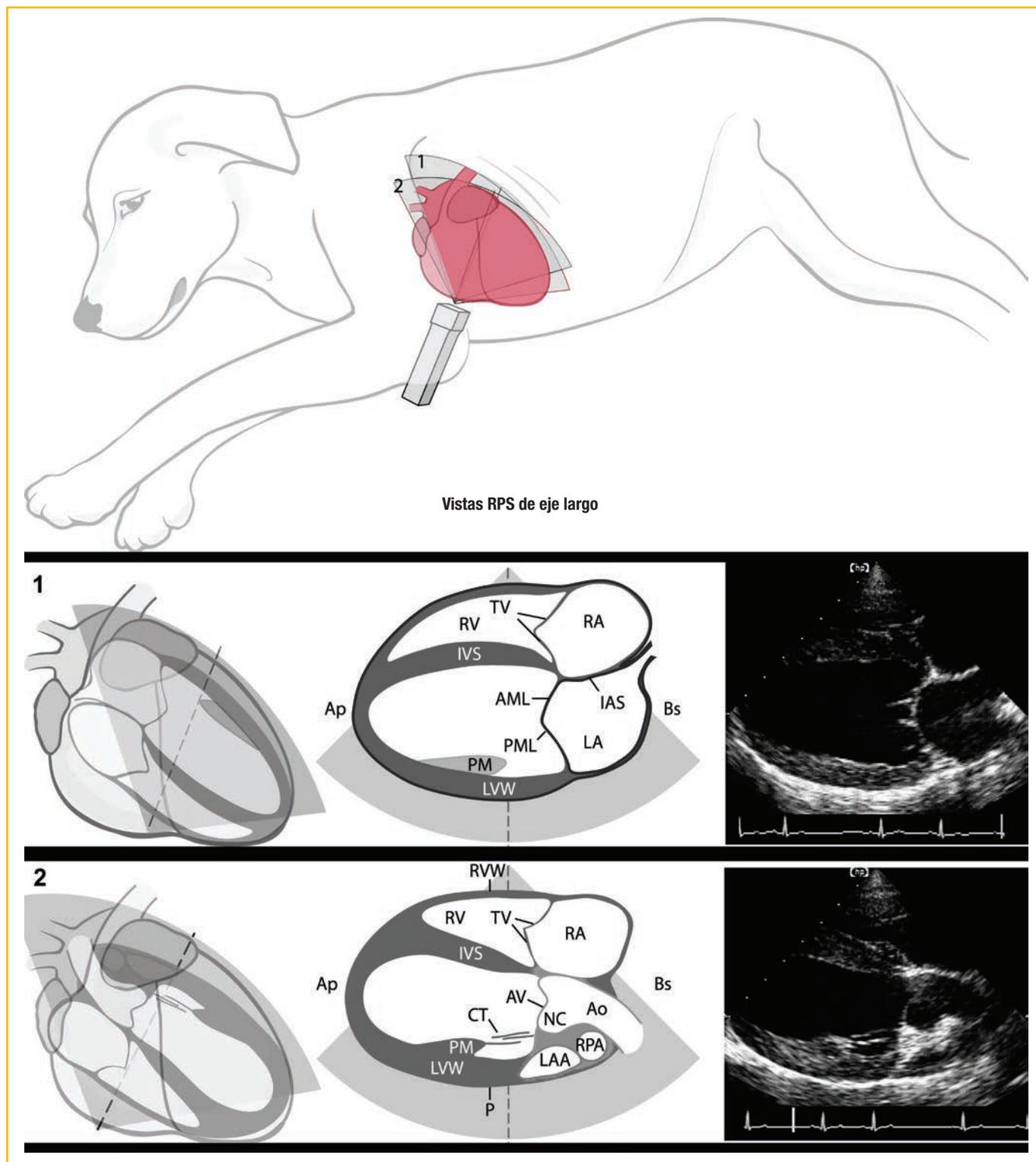
Desde la proyección apical de cuatro cámaras, un giro de 90° a favor de la dirección de las agujas del reloj produce la proyección apical de dos cámaras, incluyendo el ventrículo izquierdo y la aurícula en los campos cercano y lejano, respectivamente.

#### **Proyecciones para-esternales izquierdas**

Las proyecciones de la posición para-esternal izquierda (LPS) del corazón, también llamadas proyecciones craneales izquierdas, se obtienen preferiblemente con el paciente en decúbito lateral izquierdo. El transductor se coloca de forma que esté

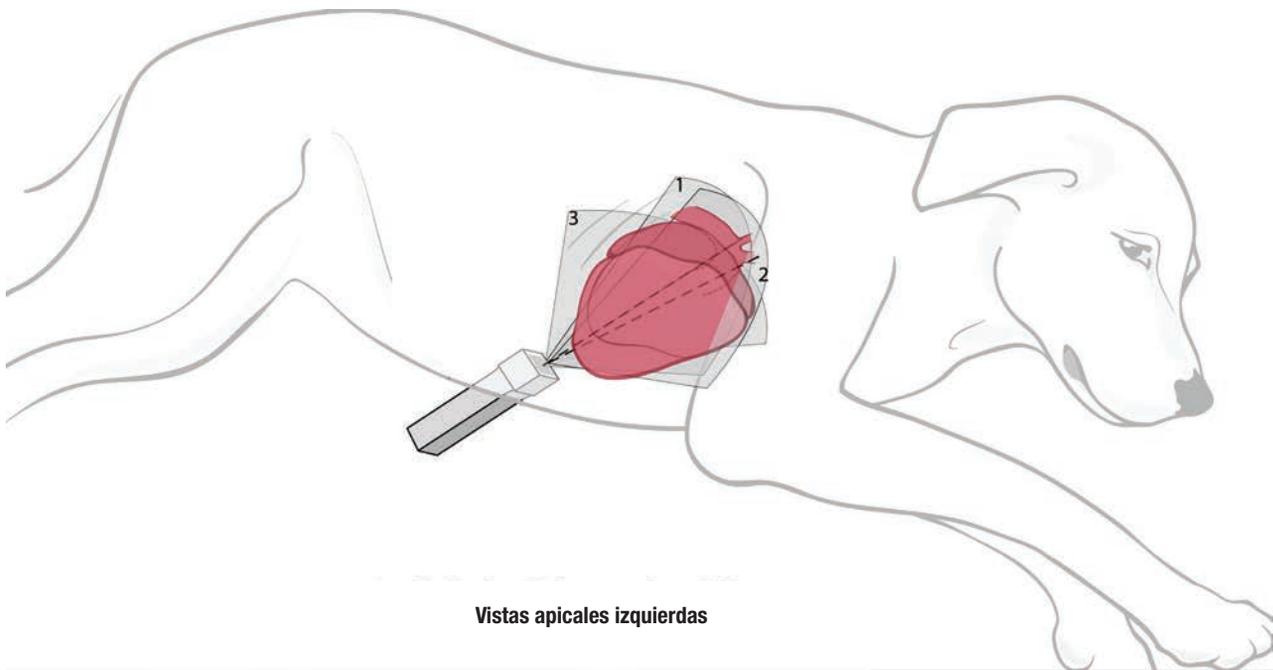
craneal al corazón, en el espacio intercostal cuarto a quinto, y aproximadamente al nivel de la unión costo-condral en la dirección dorso-ventral.

Las imágenes de eje largo craneales izquierdas de referencia se obtienen con el plano de ecografiado orientado paralelo a la aorta ascendente, girando de forma que se incluye una proyección longitudinal de esta estructura (Figura 5.5). Desde esta posición pueden ser visibles porciones del ventrículo izquierdo y la aurícula, la válvula mitral, y el tracto de salida de flujo del ventrículo derecho (RV). Esta proyección es particularmente útil para la evaluación de los tumores de la base del corazón y del tracto de salida de flujo del ventrículo derecho.

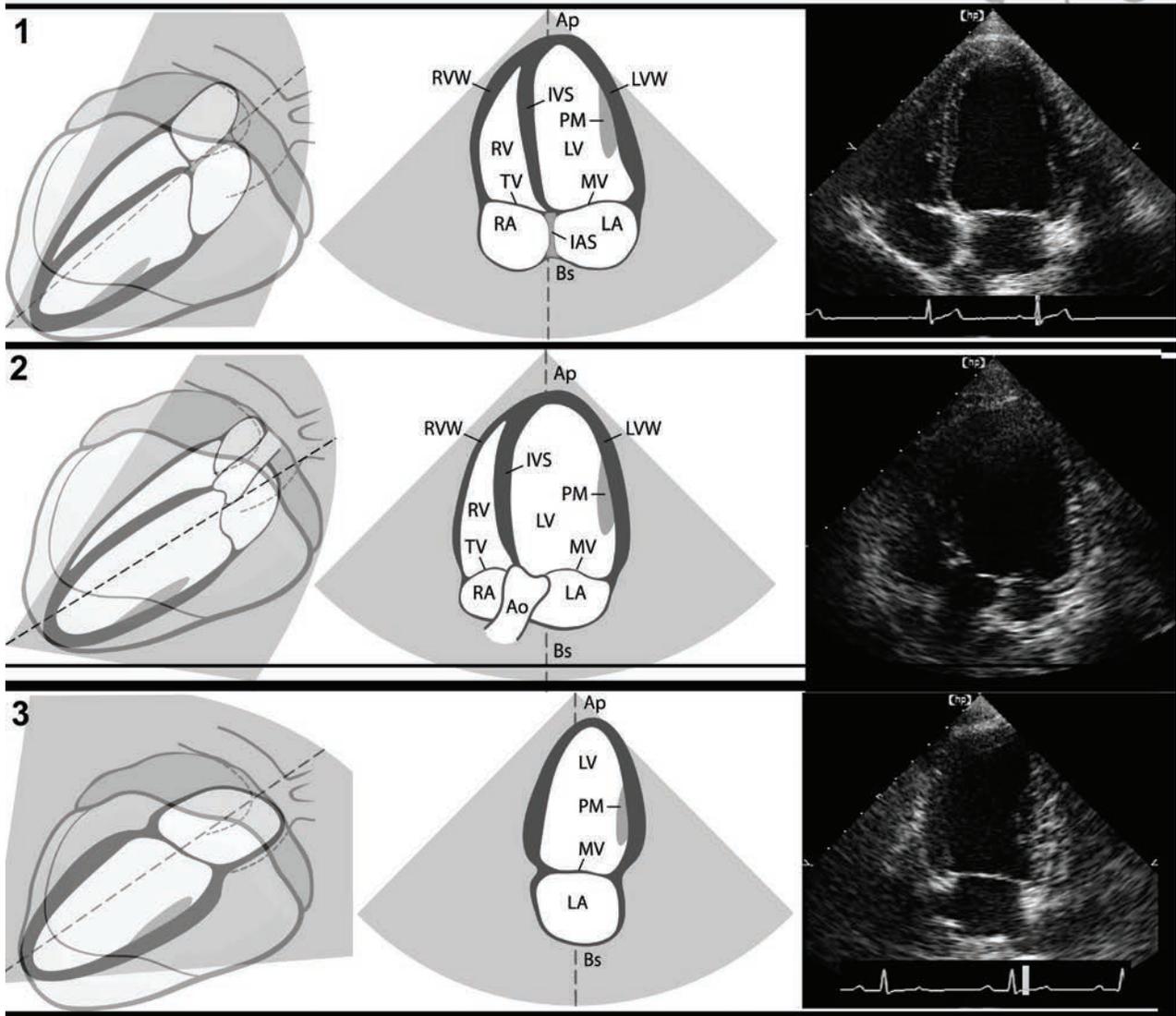


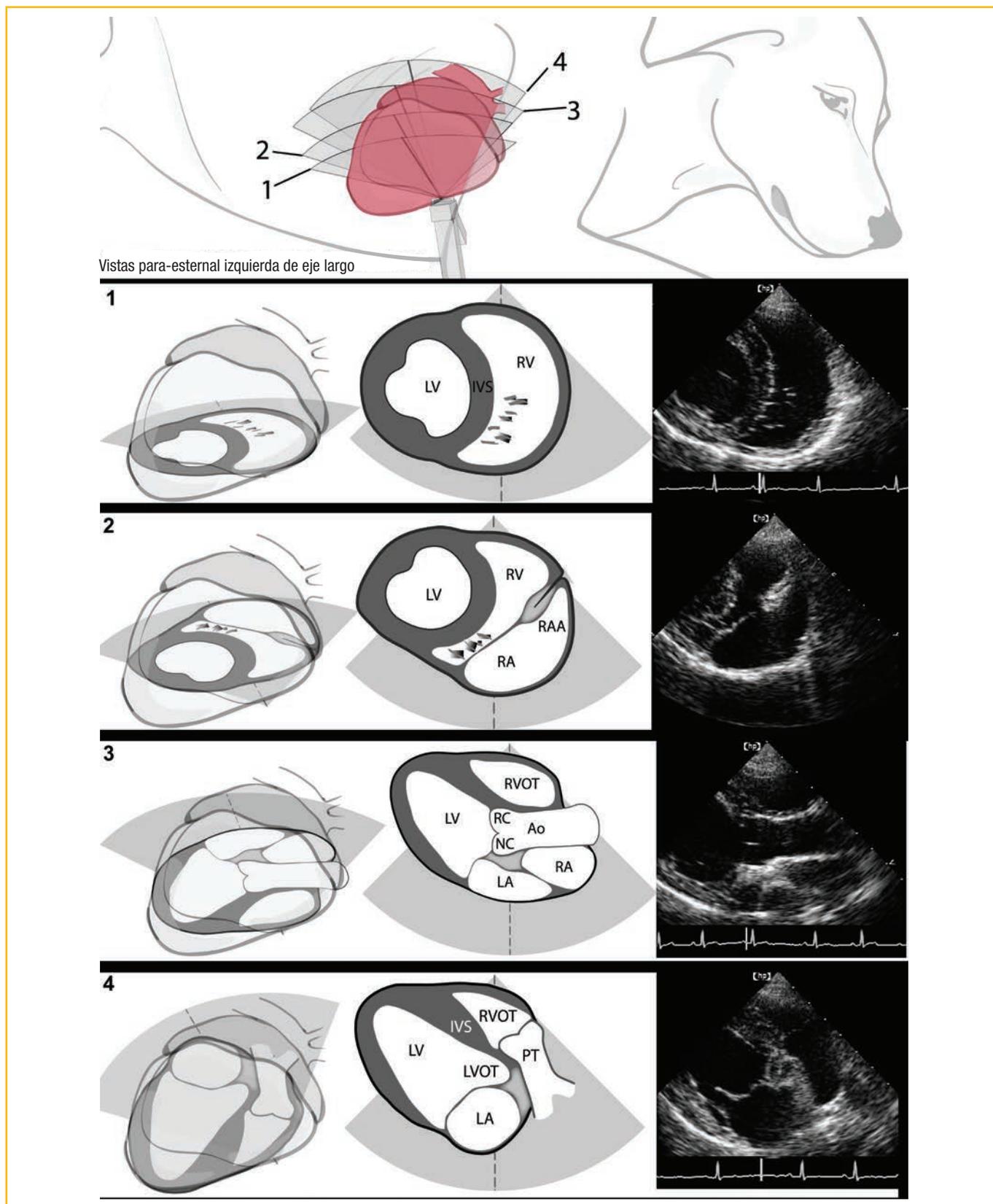
**Figura 5.3. Técnica de ecografiado para-esternal derecha de eje largo.** Para las proyecciones para-esternales derechas de eje largo, el transductor se posiciona de forma que el plano de ecografiado contiene, o es paralelo, al eje central del ventrículo izquierdo. **1:** Corte 1 con proyección de las 4 cámaras. **2:** Corte 2 con vista del tracto de salida de flujo del ventrículo izquierdo. NC es la porción no coronaria del seno aórtico de Valsalva. IAS, Septo interauricular.

**Figura 5.4. Técnica de ecografiado apical izquierda.** El transductor se posiciona en el ápex izquierdo del corazón. La angulación craneal lleva al corazón dentro del plano de ecografiado. **1:** Proyección de 4 cámaras apical izquierda. **2:** Proyección de 5 cámaras apical izquierda. **3:** Proyección de dos cámaras apical izquierda. IAS, Septo interauricular.



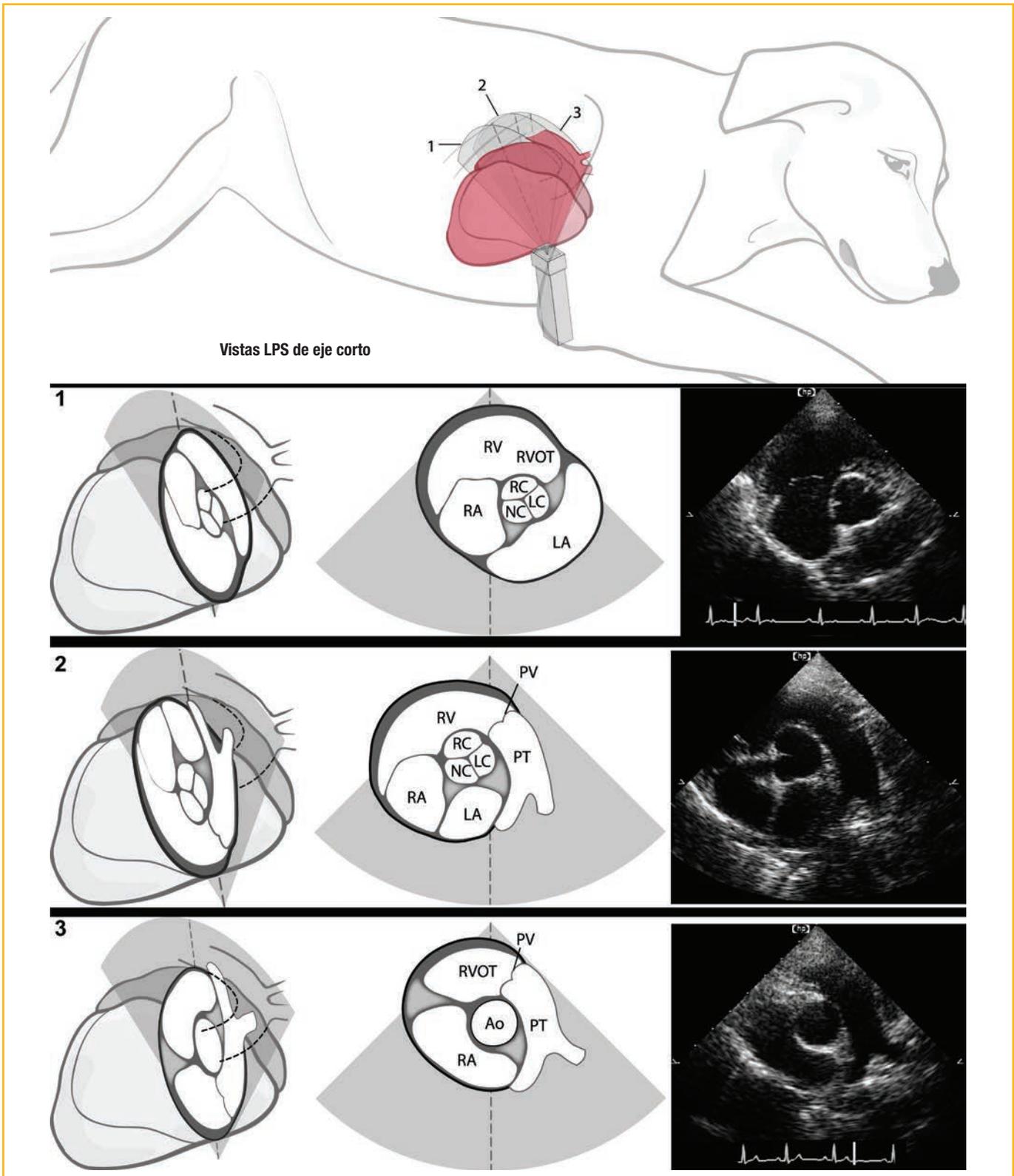
Vistas apicales izquierdas





Vistas para-esternal izquierda de eje largo

**Figura 5.5. Técnica de ecografiado para-esternal izquierda de eje largo.** El transductor se posiciona cerca del borde craneal izquierdo del corazón. La angulación dorso-ventral produce las series de imágenes de eje largo. Puede ser necesaria una angulación variable en la dirección caudo-craneal como se sugiere en la figura. **1:** Proyección para-esternal izquierda de eje largo en el ventrículo derecho. **2:** Proyección para-esternal izquierda de eje largo en el apéndice auricular derecho. **3:** Proyección para-esternal izquierda de eje largo en la aorta. RC y NC se refieren a las porciones coronaria derecha y no coronaria del seno aórtico de Valsalva. **4:** Proyección para-esternal izquierda de eje largo en el tracto de salida ventricular derecho, el tronco pulmonar y el tracto de entrada de flujo ventricular izquierdo.



**Figura 5.6. Técnica de ecografiado para-esternal izquierda de eje corto.** El transductor se posiciona cerca del borde craneal izquierdo del corazón. Craneal-caudal produce las series de imágenes de eje corto. Puede ser necesaria una angulación variable en la dirección dorso-ventral como se sugiere en la figura. **1:** Proyección para-esternal izquierda de eje corto en el tracto de entrada de flujo del ventrículo derecho. Pueden ser visibles las cúspides coronaria derecha (RC), coronaria izquierda (LC) y no coronaria (NC) de la válvula aórtica. **2:** Proyección para-esternal izquierda de eje corto en los tractos de entrada-salida de flujo ventriculares derechos. Tanto el tracto de entrada de flujo como el de salida del corazón derecho pueden ser visibles con una angulación sutil y ajustes de giro. Pueden ser visibles las cúspides coronaria derecha (RC), coronaria izquierda (LC) y no coronaria (NC) de la válvula aórtica. **3:** Proyección para-esternal izquierda de eje corto en el tronco pulmonar. Se observa en el campo lejano la división del tronco pulmonar en las arterias pulmonares principales izquierda y derecha.

Con una angulación dorsal y ligeramente caudal del transductor, el plano de ecografiado encuentra a la aurícula y al ventrículo izquierdos, el tracto de salida de flujo del ventrículo derecho, y el tronco pulmonar; normalmente se puede visualizar la bifurcación pulmonar.

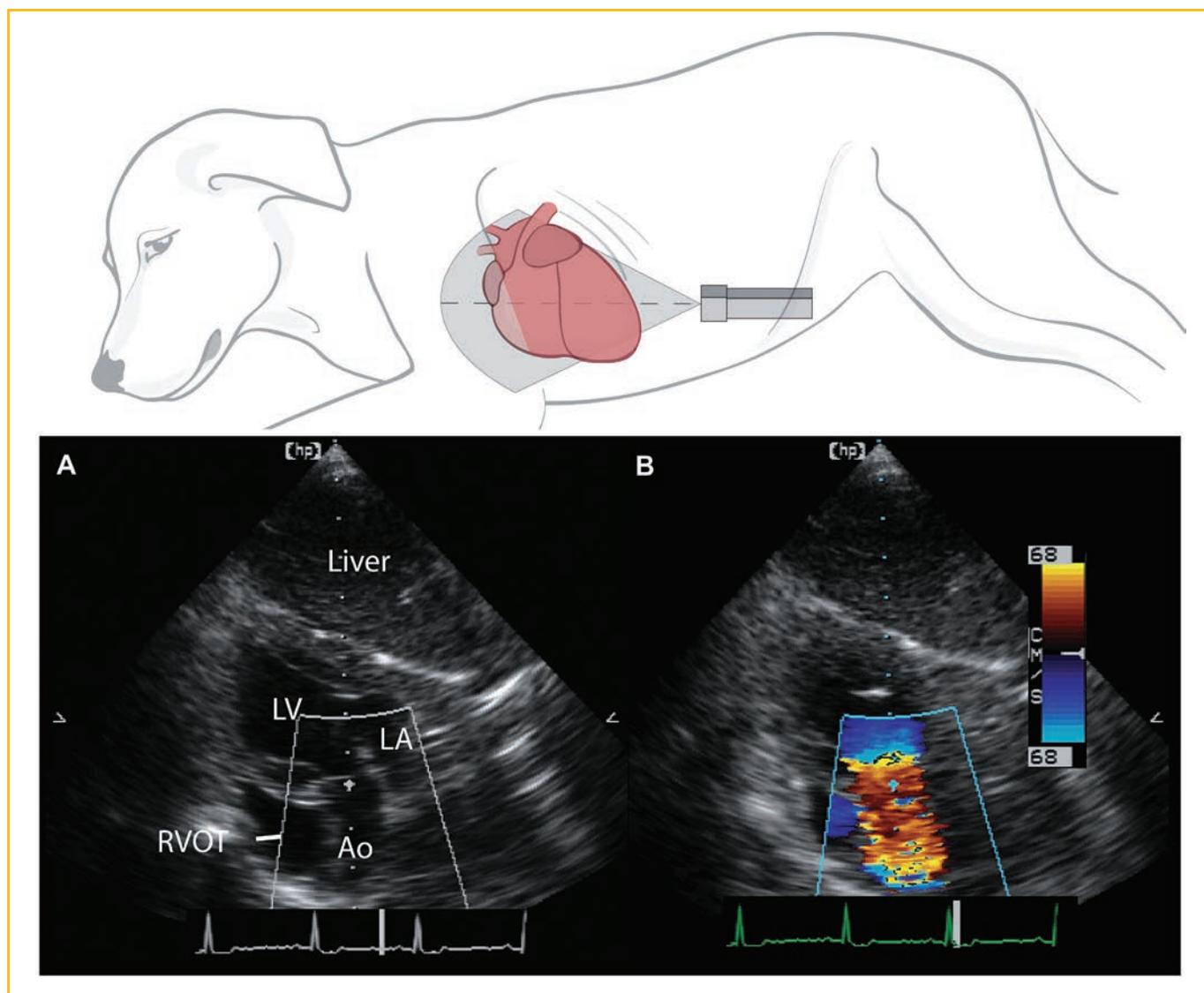
En relación con la posición de tracto de salida de flujo del ventrículo izquierdo inicial, la angulación ventral y ligeramente craneal hace que el plano de ecografiado corte transversalmente la aurícula derecha, el apéndice auricular derecho (RA), la válvula tricúspide, y la entrada de flujo del ventrículo derecho. El apéndice auricular derecho puede inspeccionarse de cerca desde este punto aventajado para evaluar la evidencia de neoplasia.

Desde la proyección de posición para-esternal izquierda inicial del tracto de salida de flujo del ventrículo izquierdo,

una torsión a favor de la dirección de las agujas del reloj resulta en un plano de ecografiado que corta la raíz aórtica transversalmente (Figura 5.6). Abanicando el transductor en una dirección cráneo-dorsal se produce un rango de imágenes para la visualización óptima de la aurícula derecha y el tracto de entrada de flujo del ventrículo derecho, tractos de entrada y salida de flujo del ventrículo derecho, y tronco pulmonar. Este último permite la visualización de la bifurcación pulmonar, de la aorta ascendente, y de las estructuras asociadas a la base del corazón.

### Proyecciones sub-costal y supra-esternal

La proyección supra-esternal necesita posicionar el transductor en la entrada torácica con el plano de ecografiado orientado paralelamente al plano sagital del paciente. Esta



**Figura 5.7. Abordaje subcostal.** Esta posición del transductor se usa principalmente para los registros Doppler de eyección aórtica y produce típicamente la mejor alineación con el flujo en perros. El hígado está interpuesto entre el transductor y el corazón. La imagen del Doppler de flujo en color (B) ilustra la eyección de la aorta.

proyección es la mejor para ecografiar el arco aórtico, y valiosa, en consecuencia, para la cuantificación de la insuficiencia aórtica. La proyección subcostal se obtiene con el paciente en decúbito lateral, posicionando el transductor en el proceso xifoides y presionando en el abdomen mientras se apunta el transductor casi directamente cranealmente (Figura 5.7). La torsión se ajusta para que sea aproximadamente paralela al plano sagital. Para los registros Doppler de velocidad aórtica, el transductor se abanica para incluir la raíz aórtica.

### ECOCARDIOGRAFÍA EN MODO MOVIMIENTO (MODO M)

La mayoría de los registros dimensionales en modo M se hacen desde la posición del transductor para-esternal derecha (Bonagura 1983; Bonagura *et al.*, 1985). Una de las principales aplicaciones del modo M es para el registro de las dimensiones del corazón en eje corto tiempo dependientes, y esto dicta una localización externa del transductor específica que se determina por su anatomía cardíaca (Figuras 5.8-5.12).

### ECOCARDIOGRAFÍA DOPPLER

#### **Registros Doppler de flujo sanguíneo**

La ecocardiografía Doppler usa el Doppler principal para determinar la velocidad de la sangre o del tejido en movimiento (Darke 1992; Kirberger *et al.* 1992; Bonagura y Miller 1998; Bonagura *et al.* 1998). Con el **Doppler de onda pulsada** (PWD), el tiempo de recorrido completo del pulso del ultrasonido se usa para determinar la profundidad del tejido en el que la velocidad ocurre; la profundidad máxima dicta una frecuencia de repetición de pulso específica. A su vez, la pulsación repetitiva del ultrasonido es directamente responsable del fenómeno “aliasing” por el que la velocidad medida se observa que ocurre a una velocidad alias. La velocidad alias puede ser una tosca malinterpretación de la velocidad real (Figura 5.13). En contraste con el Doppler de onda pulsada, en la modalidad del **Doppler de onda continua**, el ultrasonido se emite de forma continuada, por lo que no sufre de la ambigüedad de velocidad del Doppler de onda pulsada. No hay un límite práctico para la magnitud de la velocidad que puede ser medida con un Doppler de onda continua (CWD). Sin embargo, este modo no permite la determinación de la profundidad del tejido de la que surgen las velocidades medidas, así que la localización anatómica de las velocidades debe ser inferida o determinada mediante otros métodos (p. ej., Doppler de onda pulsada).

La ecografía **Doppler de flujo en color** (CFD) es una modalidad de onda pulsada en el que las características de la velocidad están codificadas en una presentación en color, mediante un mapeo seleccionado por el usuario, y superpuesto

sobre la imagen ecocardiográfica bidimensional en tiempo real. Esto permite al ecografista visualizar directamente la fuente de las velocidades dentro del corazón y de los grandes vasos dentro del entramado anatómico de la imagen. Al ser una modalidad de onda pulsada, el Doppler de flujo en color está sujeto a la ambigüedad de medición de la velocidad causada por el fenómeno “aliasing” (Figura 5.14). Los Doppler de onda pulsada y de flujo en color son más apropiados para la diferenciación entre patrones de flujo turbulento y laminar que el Doppler de onda continua.

La velocidad de flujo aórtico se registra desde la posición de transductor apical izquierda o subcostal para la cuantificación de la velocidad. La señal de eyección aórtica normal alcanza su cúspide pronto en el ciclo de eyección, y puede simular la forma de funda de una daga en el punto de máxima velocidad (Figura 5.15). En comparación, la eyección pulmonar del mismo individuo muestra un pico de velocidad más tardío, con un valor máximo más bajo, y una duración de eyección más larga (Figura 5.16). Los registros de eyección pulmonares pueden obtenerse desde las posiciones de transductor tanto para-esternal derecha como izquierda, y puede ser apropiado intentar ambas posiciones si se desea la cuantificación de la velocidad máxima. Es normal mostrar una leve insuficiencia en la válvula pulmonar y tricúspide (ver Figura 5.17).

Las velocidades de flujo de entrada de la mitral y la tricúspide se registran generalmente desde la posición apical izquierda para alinear mejor el haz de ultrasonido con la dirección del flujo de entrada (Figura 5.16). Los registros de Doppler de onda pulsada se hacen colocando el volumen de muestra cerca de las puntas de las valvas abiertas de la tricúspide o la mitral para incluir las velocidades máximas. Como su homólogo en modo M, las señales de velocidad muestran cambios fásicos que reflejan la fisiología del llenado ventricular. La señal de velocidad de flujo de entrada de la tricúspide es similar al de la mitral, pero generalmente muestra una magnitud de velocidad disminuida en comparación, en parte a causa de la mayor área de orificio efectivo de la válvula tricúspide. Los registros del flujo de entrada de la tricúspide se facilitan mediante la colocación del transductor uno o dos espacios costales más cranealmente en comparación con la posición óptima para los registros de la mitral.

En las Figuras 5.17 y 5.18 se muestran ejemplos de registros normales de Doppler de flujo en color.

#### **Registros Doppler de tejidos**

Los registros Doppler de tejidos (TDI) se utilizan para cuantificar directamente la velocidad de movimiento del tejido cardíaco. El TDI puede aportar información valiosa de la función sistólica y diastólica y de las presiones de llenado