

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS

**APLICACIONES DE LA ULTRASONOGRAFÍA EN EL PUNTO DE ATENCIÓN  
(POCUS) EN EL MANEJO ANESTÉSICO DE LA PACIENTE OBSTÉTRICA**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en  
Especialidades Médicas para optar al grado de Especialidad en  
Anestesiología Y Recuperación

SUSTENTANTE: ANGIE BLANCO CRUZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
ESPECIALIDAD EN ANESTESIOLOGÍA Y RECUPERACIÓN



**APLICACIONES DE LA ULTRASONOGRAFÍA EN EL PUNTO DE ATENCIÓN  
(POCUS) EN EL MANEJO ANESTÉSICO DE LA PACIENTE OBSTÉTRICA**

**SUSTENTANTE: ANGIE BLANCO CRUZ**

Carné: A50857

Hospital base: San Juan de Dios

**PROFESOR TUTOR: DRA. MILENA CHAVES UREÑA**

**PROFESOR LECTOR: DR. ROY ROJAS ZELEDÓN**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

## *Dedicatoria*

Dedico el presente trabajo a mis padres, personas resilientes, esforzadas y perseverantes, quienes me inspiraron, desde mis primeros años, a trabajar con amor y disciplina para alcanzar mis sueños y así transformar quimeras en realidades.

## *Agradecimientos*

A la Universidad de Costa Rica, por permitir la superación de miles de estudiantes, sin importar su condición socioeconómica. Gracias a la oportunidad que me dio esta gran Universidad, una estudiante del sistema educativo público ahora concreta su sueño de ser médica anesthesiologa.

A mi tutora, la Doctora Milena Chaves Ureña y a mi lector, el Doctor Roy Rojas Zeledón, por brindarme durante 4 años su paciencia, cariño, conocimientos y consejos. Son personas extraordinarias que marcan la diferencia con su labor.



**TRIBUNAL DEFENSA ORAL DEL TFG  
POSGRADO ANESTESIOLOGÍA Y RECUPERACIÓN**

Nombre:

Firma:

Dra. Dra. Milena Chaves Ureña  
Tutor de la Investigación o representante

*[Handwritten signature]*

Dr. Dr. Roy Rojas Zeledón  
Lector de la Investigación o representante

*[Handwritten signature]* 6170

Dr. Alejandro Hidalgo Delfino  
Representante Postgrado Anestesiología y Recuperación

*[Handwritten signature]* 4443

Dra. Lydiana Ávila o representante  
PPEM

\_\_\_\_\_

Dra. Silvia Quesada o representante  
SEP

\_\_\_\_\_

Dr. Angie Blanco Cruz  
Estudiante

*[Handwritten signature]* Angie Blanco Cruz

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

Alajuela, 05 de agosto del 2021

Señores  
Sistema de Estudios de Posgrado  
Posgrado de Anestesiología y Recuperación  
Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

Por este medio, yo, Melissa Chan Calvo, filóloga graduada, miembro de la Asociación Costarricense de Filólogos, carné nro 198, portadora de la cédula nro 1-1412-0639 y vecina de Alajuela, hago constar que:

1. Llevé a cabo la revisión del proyecto de graduación denominado: “**Aplicaciones de la ultrasonografía en el punto de atención (POCUS) en el manejo anestésico de la paciente obstétrica**”, para optar por el grado y título de Especialista en Anestesiología y Recuperación.
2. El proyecto de graduación es sustentado por la Dra. Angie Blanco Cruz, portadora de la cédula nro 1-1337-0573.
3. Revisé el texto en lo relativo a ortografía y puntuación, riqueza, propiedad, y precisión léxicas, adecuación morfosintáctica, construcción de los párrafos, uso de conectores y cohesión discursiva, así como lo correspondiente al formato de estilo y citación de APA (7ma. edición), y el Manual de Procedimientos de la Universidad.

Esperando que mi participación satisfaga los requerimientos de la Universidad, se suscribe atentamente:



Melissa Mariana Chan Calvo  
Filóloga/ Carné nro 198

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Página</b>
<i>Dedicatoria</i> .....	ii
<i>Agradecimientos</i> .....	iii
<i>Lista de cuadros</i> .....	viii
<i>Lista de tablas</i> .....	ix
<i>Lista de figuras</i> .....	x
<i>Lista de abreviaciones</i> .....	xiii
<i>Justificación del tema</i> .....	1
<i>Objetivos generales y específicos</i> .....	3
<i>Metodología</i> .....	3
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	4
1. Conceptos básicos del ultrasonido en el punto de atención .....	4
2. Aplicaciones del ultrasonido en la valoración y manejo de la vía aérea .....	12
2.1 Introducción del POCUS de vía aérea en paciente obstétrica .....	12
2.2 Identificación ultrasonográfica de la membrana cricotiroidea .....	15
2.3 Otras aplicaciones del POCUS de vía aérea .....	18
3. Uso del ultrasonido en la estratificación del riesgo de broncoaspiración .....	20
3.1 Introducción al POCUS gástrico .....	20
3.2 Valoración cualitativa y cuantitativa del contenido gástrico .....	21
3.3 Estratificación del riesgo de broncoaspiración .....	24

4. Valoración ecocardiográfica transtorácica focalizada .....	27
4.1 Utilidad de la ecocardiografía transtorácica focalizada en la paciente obstétrica .....	27
4.2 Protocolo ROSE (Rapid Obstetric Screening Echocardiography) .....	42
4.3 Diferenciación de tipos de shock por hallazgos ecocardiográficos .....	49
5. Utilidad del POCUS para guiar la reanimación perioperatoria con fluidos .....	55
6. Utilidad del ultrasonido pulmonar focalizado en paciente obstétrica .....	60
6.1 Valoración ultrasonográfica de principales causas de deterioro ventilatorio en paciente obstétrica .....	60
6.2 Detección de edema pulmonar en paciente con preeclampsia severa .....	65
7. Uso del ultrasonido para la localización del espacio epidural y espinal .....	71
<b>DISCUSIÓN</b> .....	75
<b>CONCLUSIONES</b> .....	76
<b>FICHA TÉCNICA</b> .....	78
<b>REFERENCIAS</b> .....	84

## LISTA DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1</b> <i>Grados para estratificar el riesgo de broncoaspiración, según hallazgos en POCUS gástrico</i>	24

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1</b> <i>Comparación de tres modelos matemáticos para el cálculo del volumen gástrico en mujeres embarazadas</i>	25
<b>Tabla 2</b> <i>Hallazgos ecocardiográficos cualitativos en la valoración obstétrica</i>	33
<b>Tabla 3</b> <i>Vistas y mediciones ecocardiográficas empleadas en el Protocolo ROSE</i>	43
<b>Tabla 4</b> <i>Diagnóstico diferencial de la hipotensión en el postparto empleando el protocolo ROSE</i>	49
<b>Tabla 5</b> <i>Hallazgos principales ultrasonográficos de los diferentes tipos de shock</i>	50
<b>Tabla 6</b> <i>Sensibilidad y especificidad para diagnósticos específicos de cada perfil propuesto en el protocolo BLUE</i>	63

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> <i>Relación entre frecuencia, penetración y resolución</i>	5
<b>Figura 2</b> <i>Características de los distintos transductores de ultrasonido</i>	6
<b>Figura 3</b> <i>Reflexión, dispersión, refracción, transmisión y absorción de las ondas de US por los tejidos</i>	7
<b>Figura 4</b> <i>Imagen en modo M durante la medición de variabilidad respiratoria del diámetro de la vena cava inferior</i>	8
<b>Figura 5</b> <i>Efecto Doppler</i>	9
<b>Figura 6</b> <i>Modo Doppler pulsado, con volumen de muestra a nivel del tracto de salida del VI</i>	10
<b>Figura 7</b> <i>Modo Doppler continuo, durante la medición de la velocidad del jet de insuficiencia tricuspídea</i>	11
<b>Figura 8</b> <i>Eje supraesternal transverso</i>	13
<b>Figura 9</b> <i>Cartílago cricoides en plano transverso</i>	14
<b>Figura 10</b> <i>Eje laríngeo en el plano transverso</i>	14
<b>Figura 11</b> <i>Técnica longitudinal para identificar la membrana cricotiroidea</i>	16
<b>Figura 12</b> <i>Técnica transversal para identificación de membrana cricotiroidea</i>	17
<b>Figura 13</b> <i>Signo del doble tracto</i>	19
<b>Figura 14</b> <i>Estructuras visualizadas mediante ultrasonido gástrico</i>	21
<b>Figura 15</b> <i>Patrón de “tormenta de nieve”</i>	22
<b>Figura 16</b> <i>Patrón tardío de contenido sólido gástrico</i>	23
<b>Figura 17</b> <i>Contenido gástrico de líquidos claros</i>	23
<b>Figura 18</b> <i>Contenido gástrico con aspecto de cielo estrellado</i>	24
<b>Figura 19</b> <i>Estratificación del riesgo de broncoaspiración</i>	26
<b>Figura 20</b> <i>Colocación del transductor para obtener la vista paraesternal eje largo</i>	29
<b>Figura 21</b> <i>Imagen de la vista paraesternal eje largo</i>	29

<b>Figura 22</b>	<i>Colocación del transductor para obtener la vista paraesternal eje corto</i>	30
<b>Figura 23</b>	<i>Imagen de la vista paraesternal eje corto, plano medioventricular</i>	30
<b>Figura 24</b>	<i>Evaluación de los territorios de irrigación coronaria con vista paraesternal eje corto, a nivel medioventricular</i>	31
<b>Figura 25</b>	<i>Colocación del transductor para obtener la vista apical 4 cámaras</i>	32
<b>Figura 26</b>	<i>Imagen de vista apical 4 cámaras</i>	32
<b>Figura 27</b>	<i>Movimiento de la punta de la valva mitral anterior hacia el septo IV</i>	35
<b>Figura 28</b>	<i>Vistas de utilidad para la comparación de tamaño del VD con VI</i>	36
<b>Figura 29</b>	<i>Aplanamiento septal en la vista PSAX</i>	37
<b>Figura 30</b>	<i>Derrame pericárdico pequeño en vista PLAX</i>	38
<b>Figura 31</b>	<i>Signos ecocardiográficos de taponamiento cardiaco</i>	38
<b>Figura 32</b>	<i>Variabilidad respiratoria del diámetro de la VCI</i>	40
<b>Figura 33</b>	<i>Vista transhepática de la VCI</i>	40
<b>Figura 34</b>	<i>Ancho del chorro de insuficiencia aórtica</i>	42
<b>Figura 35</b>	<i>Flujo transmitral con Doppler pulsado, en paciente embarazada sana, con relación E/A normal y tiempo de desaceleración normal</i>	45
<b>Figura 36</b>	<i>Doppler tisular del anillo mitral septal</i>	45
<b>Figura 37</b>	<i>Grados de disfunción diastólica según hallazgos del US Doppler</i>	46
<b>Figura 38</b>	<i>Fracción de acortamiento en paciente obstétrica hipotensa, con vista PLAX</i>	47
<b>Figura 39</b>	<i>Vista PSAX y cálculo del cambio de área fraccional en paciente obstétrica sana</i>	47
<b>Figura 40</b>	<i>Cálculo del gasto cardiaco de una paciente obstétrica hipotensa, mediante la medición de la integral velocidad</i>	48

	<i>tiempo por Doppler pulsado a nivel del TSVI, en una vista A5CH</i>	
<b>Figura 41</b>	<i>Hallazgos ultrasonográficos en patologías asociadas a shock obstructivo</i>	51
<b>Figura 42</b>	<i>Hallazgos ultrasonográficos de hipovolemia y shock distributivo por sepsis</i>	54
<b>Figura 43</b>	<i>Cálculo de la variabilidad del volumen sistólico mediante la medición de la IVT TSVI con Doppler pulsado, durante varios ciclos respiratorios</i>	57
<b>Figura 44</b>	<i>Algoritmo para guiar la resucitación con fluidos mediante ecocardiografía</i>	58
<b>Figura 45</b>	<i>Algoritmo para guiar la resucitación con fluidos en paciente obstétrica</i>	59
<b>Figura 46</b>	<i>Puntos de referencia contemplados en el protocolo Blue</i>	61
<b>Figura 47</b>	<i>Algoritmo del protocolo BLUE</i>	62
<b>Figura 48</b>	<i>Algoritmo para el diagnóstico diferencial con POCUS de la falla ventilatoria aguda en paciente embarazada</i>	64
<b>Figura 49</b>	<i>Vista apical 4 cámaras en paciente embarazada sana y en paciente con preeclampsia</i>	66
<b>Figura 50</b>	<i>Doppler pulsado del flujo transmitral en paciente embarazada sana y en paciente con preeclampsia no tratada</i>	68
<b>Figura 51</b>	<i>Doppler tisular septal del anillo mitral en paciente embarazada sana y en paciente con preeclampsia no tratada</i>	68
<b>Figura 52</b>	<i>Ultrasonido pulmonar en una paciente con preeclampsia severa</i>	70
<b>Figura 53</b>	<i>Abordaje paramediano longitudinal</i>	72
<b>Figura 54</b>	<i>Determinación del punto de punción intervertebral</i>	73
<b>Figura 55</b>	<i>Abordaje de línea media transversa</i>	73

## LISTA DE ABREVIACIONES

Δ	Delta
A4CH	Apical 4 cámaras
A5CH	Apical 5 cámaras
AD	Atrio derecho
AI	Atrio izquierdo
AST	Área de sección transversal
DFDVI	Diámetro al final de la diástole del ventrículo izquierdo
DFSVI	Diámetro al final de la sístole del ventrículo izquierdo
DLD	Decúbito lateral derecho
EPP	Elevación pasiva de piernas
ETT	Ecocardiografía transtorácica
FEVI	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo
GC	Gasto cardiaco
IAo	Insuficiencia aórtica
IM	Insuficiencia mitral
IPPV	Ventilación con presión positiva intermitente
IV	Interventricular
IVT	Integral velocidad tiempo
IVT TSVI	Integral velocidad tiempo en el tracto de salida del ventrículo izquierdo
PFDVI	Presión al final de la diástole del ventrículo izquierdo
PLAX	Paraesternal eje largo
POCUS	<i>Point of Care Ultrasound</i> Ultrasonido en el punto de atención
PSAX	Paraesternal eje corto
ROSE	<i>Rapid Obstetric Screening Echocardiography</i>
TRIV	Tiempo de relajación isovolumétrica
TSVI	Tracto de salida del ventrículo izquierdo

TSVId	Diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo
TVP	Trombosis venosa profunda
US	Ultrasonido
VAo	Válvula aórtica
VCI	Vena cava inferior
VD	Ventrículo derecho
VI	Ventrículo izquierdo
VM	Válvula mitral
VT	Válvula tricuspídea



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Angie Blanco Cruz, con cédula de identidad 113370573, en mi condición de autor del TFG titulado Aplicaciones de la ultrasonografía en el punto de atención (POCUS) en el manejo anestésico de la paciente obstétrica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

*Angie Blanco Cruz*

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## JUSTIFICACIÓN

La labor del anestesiólogo en el contexto de la medicina moderna implica un compromiso de constante actualización para brindar las mejores opciones terapéuticas a cada paciente, aspecto puntualizado en nuestro país dentro del perfil profesional del médico especialista en Anestesiología y Recuperación como “deber de actualización”.

Continuamente surgen nuevas tecnologías y evidencias que revolucionan y optimizan en gran medida el acto anestésico. Un ejemplo de ello es el uso del ultrasonido y sus diversas aplicaciones en el abordaje diagnóstico y terapéutico.

En el manejo anestésico de la paciente obstétrica, el ultrasonido es una herramienta con gran versatilidad, y que, facilita al anestesiólogo obtener información trascendental de forma rápida, no invasiva y segura. El examen ultrasonográfico se extiende a propósitos tan diversos como la valoración pulmonar, cardíaca, neuroaxial, gástrica y de vía aérea.

Respecto al abordaje de la vía aérea, existe actualmente evidencia de la utilidad del ultrasonido, principalmente en el aumento de la tasa de éxito de la localización del acceso cricotiroideo, el cual puede dificultarse significativamente en pacientes obesas y con alteraciones anatómicas a nivel cervical. (Talati et al., 2017)

El ultrasonido pulmonar brinda información sumamente valiosa para el diagnóstico y toma de decisiones en el contexto de deterioro ventilatorio en una paciente embarazada, sobre todo al emplearlo en conjunto con hallazgos obtenidos en la valoración a nivel cardíaco.

En el contexto de una paciente en estado de shock, la aproximación ecocardiográfica permite definir rápida y objetivamente la causa del shock. Aspectos macroscópicos como la presencia de actividad ventricular, dilatación de ventrículos, alteraciones de la contractilidad segmentaria, llenado del ventrículo izquierdo y presencia de derrame pericárdico o taponamiento, pueden ser valorados en un corto tiempo, descartando o evidenciando alteraciones potencialmente mortales. (Griffiths et al., 2018)

Otra de las aplicaciones es la valoración ecocardiográfica de la paciente embarazada para guiar la fluidoterapia. La cuantificación dinámica por medio del ultrasonido de la respuesta a la administración de volumen hace posible que el anestesiólogo, de forma

objetiva y en tiempo real, evite la sobrecarga de volumen, la cual está asociada con un aumento en la morbimortalidad materna. (Zieleskiewicz et al., 2018)

Respecto al riesgo de broncoaspiración en pacientes obstétricas sometidas a anestesia general, en la literatura se reporta una incidencia de 1:700 casos y hasta en un 8% de los casos de intubación fallida en embarazadas, representando una complicación con serias repercusiones a nivel materno-fetal. Por lo tanto, el examen ultrasonográfico del contenido gástrico permite al anestesiólogo estratificar de forma no invasiva el riesgo de broncoaspiración previo a la cirugía y tomar medidas para disminuir al mínimo este riesgo. (Howle et al., 2020)

Se ha descrito, además, la utilidad del ultrasonido en la identificación del espacio epidural y espinal, sobre todo en pacientes obesas y con alteraciones anatómicas en columna vertebral, como por ejemplo, escoliosis. Si bien, no acorta el tiempo del procedimiento, disminuye el número de punciones en pacientes con dificultad para la identificación anatómica por palpación. Además, ayuda en la identificación de un nivel vertebral seguro para la administración de anestesia espinal, ya que se ha descrito una identificación correcta por referencias anatómicas en solo un 29% de los casos. (Lie y Patel, 2015)

Por lo tanto, considerando la relevancia clínica de los datos que se pueden obtener por medio del ultrasonido, la intención de la presente revisión bibliográfica es investigar las evidencias más actuales de su uso en el manejo anestésico de la paciente obstétrica, específicamente en los siguientes escenarios: valoración de vía aérea, ultrasonido pulmonar, examen ecocardiográfico transtorácico focalizado, estratificación de riesgo de broncoaspiración, localización de espacio epidural y espinal, así como la utilidad en la guía del manejo de la fluidoterapia.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles conforman las aplicaciones con mayor evidencia científica del uso del ultrasonido en el punto de atención (POCUS) en el manejo anestésico de la paciente obstétrica?

## **OBJETIVO GENERAL**

1. Analizar cuáles son las aplicaciones con mayor evidencia científica del uso del ultrasonido en el punto de atención (POCUS) en el manejo anestésico de la paciente obstétrica

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Explicar los principios básicos relacionados a la ultrasonografía
2. Revisar la utilidad del ultrasonido para la valoración y manejo de la vía aérea en paciente obstétrica
3. Definir la utilidad del ultrasonido para estratificar el riesgo de broncoaspiración en la paciente obstétrica
4. Describir la valoración ecocardiográfica transtorácica focalizada en paciente obstétrica y su aplicación para definir causas de deterioro hemodinámico
5. Analizar la utilidad del ultrasonido pulmonar para determinar principales causas de deterioro ventilatorio en paciente obstétrica
6. Detallar la evidencia de la utilidad del POCUS para guiar la reanimación perioperatoria con fluidos
7. Describir la aplicación del ultrasonido para localización de espacio espinal y epidural

## **METODOLOGÍA**

Revisión bibliográfica de artículos publicados en los últimos diez años, indexados y disponibles en las bases de datos del Sistema de Bibliotecas de la Universidad de Costa Rica, así como consulta de revisiones sistemáticas y metaanálisis en Tripdatabase y Cochrane Library.

## MARCO TEÓRICO

### Capítulo I. Conceptos Básicos del Ultrasonido en el Punto de Atención

El ultrasonido en el punto de atención (POCUS) es aquella evaluación realizada e interpretada por el médico al lado del paciente, en tiempo real. La obtención de imágenes dinámicas permite adquirir información que puede ser relacionada directamente con la clínica del paciente, con la ventaja de poder realizar de forma repetida el examen y, así, tomar decisiones diagnósticas y terapéuticas, además de llevar a cabo el seguimiento de la respuesta a un tratamiento determinado. (Moore y Copel, 2011)

El primer uso médico del ultrasonido se llevó a cabo en 1942, cuando el neurólogo y psiquiatra austriaco Karl Theodore Dussik intentó visualizar estructuras como ventrículos y tumores cerebrales con un dispositivo ultrasonográfico primitivo. (Soni et al., 2015)

Sin embargo, fue hasta la década de 1970 cuando se integró el US en la práctica clínica, como una herramienta para evaluar en tiempo real pacientes de trauma en sala de emergencias, acuñándose el término FAST (*Focused Assessment with Sonography in Trauma*) a inicios de la década de 1990. Posterior a esta década, es cuando el POCUS toma mayor relevancia y se expande su aplicación clínica en la valoración pulmonar y en la guía de procedimientos invasivos, como la colocación de catéteres venosos centrales. (Soni et al., 2015)

#### *Principios Físicos Básicos*

El término ultrasonido se refiere a las ondas de sonido que presentan una frecuencia superior al rango audible para el humano, correspondiente a valores mayores de 20 kilohertz.

Los transductores de US contienen en su interior cristales piezoeléctricos. Cuando se aplica un voltaje eléctrico a los cristales, estos se contraen y se expanden, produciendo vibraciones en el material adyacente y consecuentemente, ondas de sonido. Esta generación de una deformación mecánica en los cristales piezoeléctricos a partir de una señal eléctrica se denomina efecto piezoeléctrico reverso. (Soni et al., 2015)

Las ondas de US reflejadas (aproximadamente el 1% del total de las ondas), son recibidas por el transductor y convertidas en señales eléctricas (efecto piezoeléctrico directo),

las cuales son analizadas por un procesador y, según la amplitud de las ondas recibidas, se presenta una imagen en escala de grises en la pantalla. (Soni et al., 2015)

Los principales determinantes de la onda del US son: la longitud ( $\lambda$ ), la frecuencia ( $f$ ) y la velocidad del sonido ( $c$ ). Su relación se evidencia mediante la siguiente fórmula:

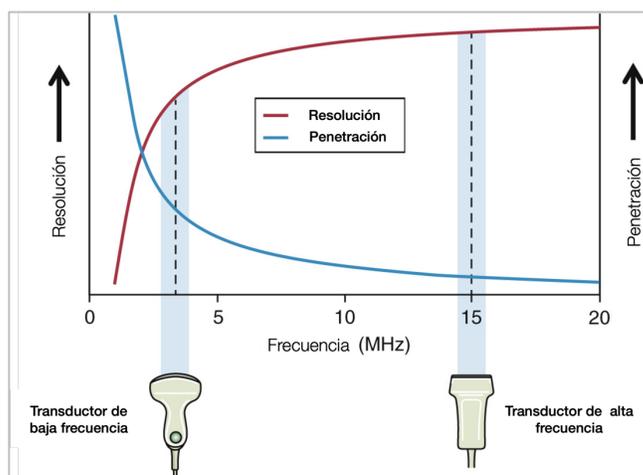
$$f = c / \lambda$$

La frecuencia corresponde al número de ondas de sonido por segundo (Hertz), siendo inversamente proporcional a la longitud de onda y directamente proporcional a la velocidad del sonido en un tejido dado. Dicha frecuencia es determinada por las propiedades de los cristales piezoeléctricos y la velocidad de propagación del sonido depende de la densidad del medio, siendo en promedio de 1540 m/s en los tejidos blandos. En el aire, la velocidad del sonido corresponde a 340 m/s y en hueso a 4080 m/s. (Soni et al., 2015)

Así, las ondas de US con longitudes de onda más reducidas presentan mayores frecuencias y producen imágenes con mayor resolución y menor penetración. Por el contrario, las ondas con mayores longitudes tienen una menor frecuencia y producen imágenes con menor resolución, pero con mayor penetración, como se observa en la figura 1.

**Figura 1**

*Relación entre Frecuencia, Penetración y Resolución*

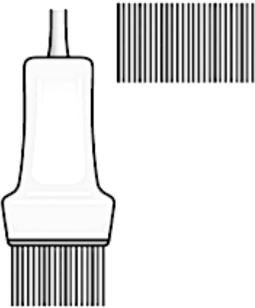
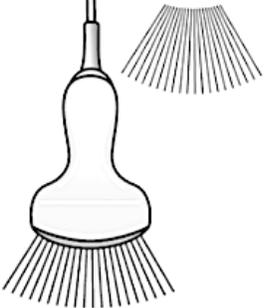
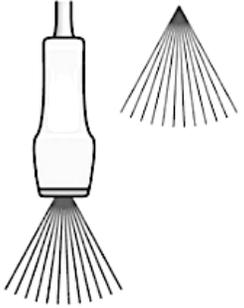


Adaptado de Soni et al., (2015).

Estos conceptos explican porqué los transductores lineales se emplean para la valoración de estructuras más superficiales, con mejor resolución, mientras que los transductores curvos se utilizan para la evaluación de estructuras más profundas (ver figura 2).

**Figura 2**

*Características de los Distintos Transductores de Ultrasonido*

Tipo de transductor	Lineal	Curvo	Sectorial
			
Frecuencia	5–10 MHz	2–5 MHz	1–5 MHz
Profundidad	9 cm	30 cm	35 cm
Huella del transductor			

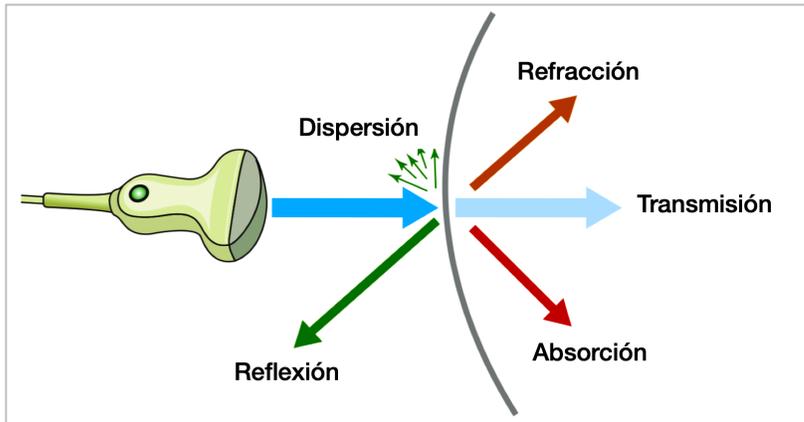
Adaptado de Li et al., (2020).

*Generación de Imágenes de US*

Las ondas de ultrasonido muestran, a nivel de los distintos tejidos, los fenómenos de reflexión, dispersión, refracción, absorción y transmisión. Son aquellas ondas que presentan reflexión y dispersión las que retornan al transductor y generan imágenes en el US, mediante el efecto piezoeléctrico directo. (Soni et al., 2015)

### Figura 3

*Reflexión, Dispersión, Refracción, Transmisión y Absorción de las Ondas de US por los Tejidos*



Adaptado de Soni et al., (2015).

La reflexión y la propagación de las ondas a través de los tejidos dependen de la impedancia acústica y la atenuación. La impedancia acústica se define como la resistencia a la propagación de las ondas de sonido a través de los tejidos. A mayor diferencia de impedancia acústica entre dos interfases, se presenta mayor reflexión de las ondas.

Por su parte, el concepto de atenuación se refiere a la pérdida de energía de la onda de sonido al viajar por los tejidos y se da, principalmente, por el fenómeno de absorción. Las ondas de sonido con alta frecuencia se absorben más fácilmente y, por lo tanto, muestran menor penetración. (Soni et al., 2015)

### *Modos Ultrasonográficos*

#### - Modo 2 D:

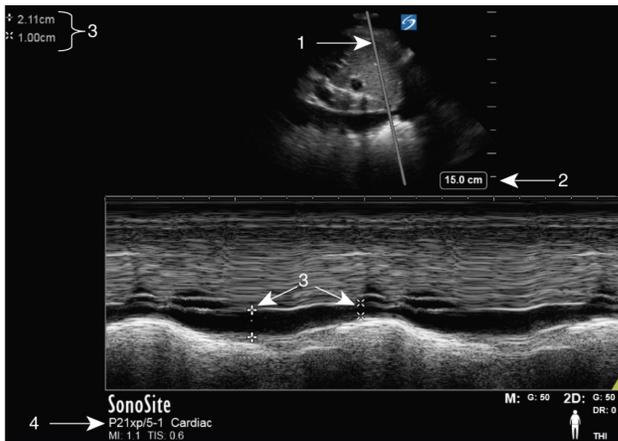
La evaluación por POCUS emplea principalmente este modo. También, se puede nombrar como Modo B (brillo), ya que la ecogenicidad depende de la intensidad de las ondas reflejadas. Las estructuras anecoicas son aquellas que transmiten todas las ondas de sonido y las hiperecoicas las que reflejan la mayoría de las ondas. (Soni et al., 2015)

- Modo M:

El modo M (movimiento) muestra una representación en el tiempo de las ondas de sonido que se produce en un solo haz, de todas las estructuras abarcadas por este. Para obtener imágenes en modo M, se debe colocar el cursor del modo M al visualizar las estructuras meta en modo 2D y, de esta forma, se inicia la representación del movimiento de tales estructuras a lo largo del tiempo. Al pausar la pantalla, se pueden realizar mediciones de elementos como las cámaras cardíacas y la vena cava inferior. (Soni et al., 2015)

#### Figura 4

*Imagen en Modo M Durante la Medición de Variabilidad Respiratoria del Diámetro de la Vena Cava Inferior*



Adaptado de Soni et al., (2015).

- Imagen Doppler:

El efecto Doppler consiste en la variación de la frecuencia de las ondas cuando la fuente acústica se aleja o se acerca del observador. Este efecto puede ser aplicado para medir la velocidad a nivel sanguíneo y tisular, al medir la diferencia entre la frecuencia del ultrasonido emitido y el recibido. Por ejemplo, si se encuentran células sanguíneas moviéndose en dirección hacia el transductor, las ondas reflejadas serán comprimidas y la frecuencia de las ondas recibidas será mayor en comparación con el ultrasonido emitido. Al contrario, la frecuencia del ultrasonido recibido será menor cuando las células sanguíneas se estén alejando del transductor.

Esta diferencia entre la frecuencia emitida y recibida se denomina frecuencia Doppler, la cual es proporcional a la velocidad de las estructuras reflejadas. (Cikes et al., 2017)

La relación de la frecuencia Doppler con la velocidad está representada por medio de la siguiente fórmula:

$$f_d = 2f_t v (\cos \theta) / c$$

$f_d$ : frecuencia Doppler

$f_t$ : frecuencia original transmitida

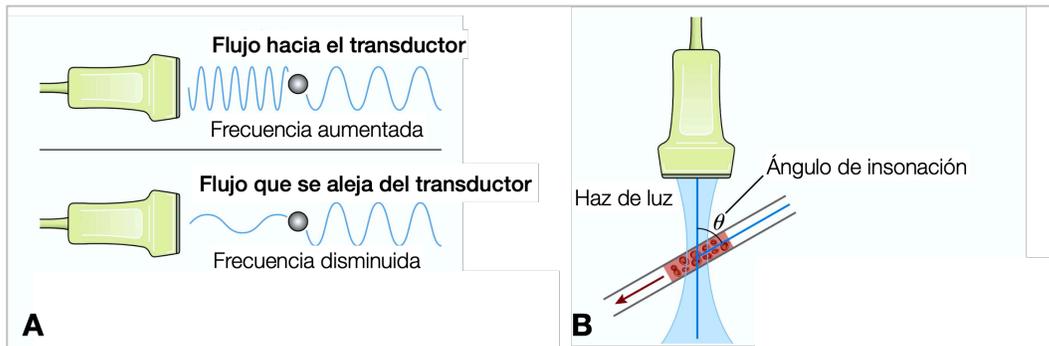
$v$ : velocidad del flujo sanguíneo

$\theta$ : Ángulo de insonación

$c$ : velocidad del ultrasonido a través de los tejidos blandos (1530 m/s)

### Figura 5

#### Efecto Doppler



Nota. A) Variación de la Frecuencia de la Onda de Sonido, B) Ángulo de Insonación. Reproducido de Soni et al., (2015).

Es importante notar que el ángulo entre el haz del ultrasonido y el flujo sanguíneo (ángulo de insonación), debe ser casi paralelo para obtener medidas adecuadas, idealmente menor a 20 grados. (Cikes et al., 2017)

a) Modo Doppler color:

Mediante este modo, se aplica el efecto Doppler para medir la velocidad del flujo sanguíneo y la velocidad a nivel tisular. Se representa un mapa de velocidades medias codificadas por color, que se incorpora a la imagen en dos dimensiones. (Cikes et al., 2017)

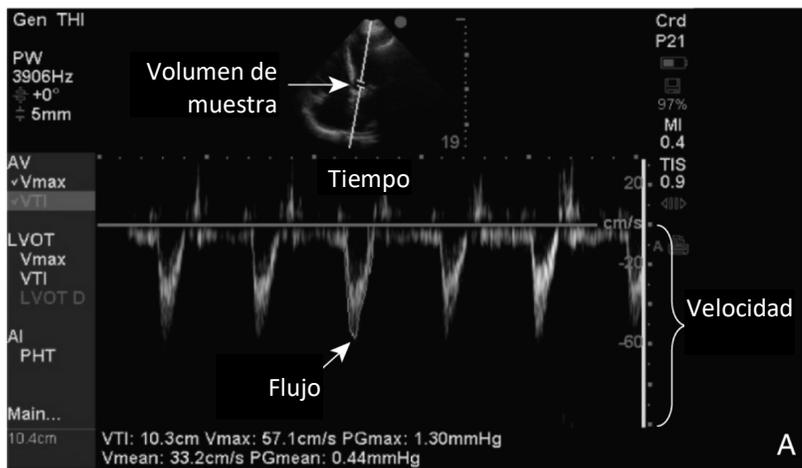
Por convención, el flujo que se acerca al transductor se codifica de color rojo y el que se aleja del transductor de azul. Además del sentido del flujo, con el Doppler color es posible analizar si se trata de un patrón de flujo laminar o turbulento, dependiendo de la homogeneidad del mapa de color. (Soni et al., 2015)

b) Doppler espectral:

Las imágenes obtenidas por Doppler espectral son útiles para medir las velocidades del flujo sanguíneo graficadas a lo largo del tiempo y calcular gradiente de presiones. El Doppler espectral incluye el Doppler pulsado y el continuo, con el primero de ellos se puede medir velocidad de flujo en un área específica (volumen de muestra) y con el segundo se miden velocidades a lo largo de todo un haz del ultrasonido. (Soni et al., 2015)

**Figura 6**

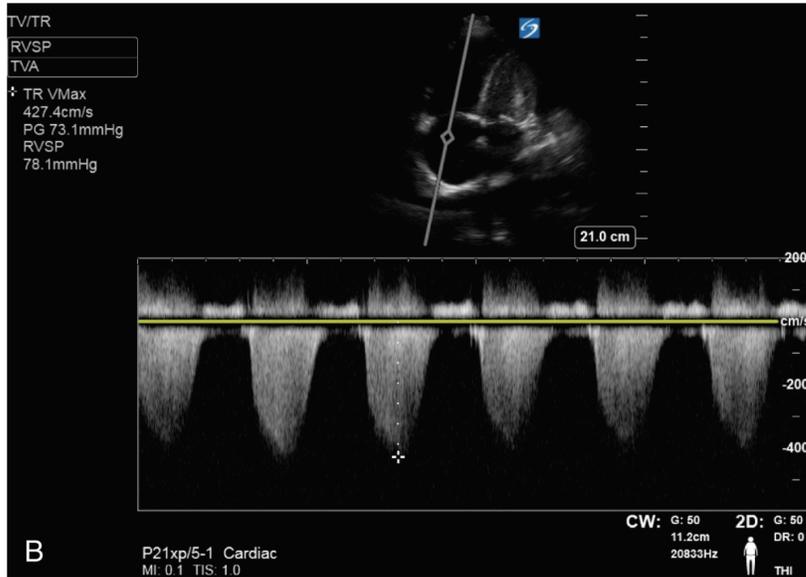
*Modo Doppler Pulsado, con Volumen de Muestra a Nivel del Tracto de Salida del VI.*



*Nota.* En la parte inferior se grafican las velocidades a través del tiempo. Adaptado de Soni et al., (2015).

## Figura 7

*Modo Doppler Continuo, Durante la Medición de la Velocidad del Jet de Insuficiencia Tricuspídea*



Adaptado de Soni et al., (2015).

### 2.1 Introducción del POCUS de Vía Aérea en Paciente Obstétrica

El embarazo establece una serie de factores que conllevan a una mayor dificultad para el manejo de la vía aérea respecto a otras poblaciones de pacientes, como por ejemplo, el edema de la mucosa, el riesgo incrementado de hipoxemia por disminución en la capacidad residual, la realización de maniobras de Valsalva a repetición e infusión de oxitocina. (Ellison et al., 2017)

La incidencia de intubación fallida en pacientes obstétricas ha permanecido sin cambios desde 1970, con una incidencia de 2.3 intubaciones fallidas por cada mil casos de anestesia general para cesárea. (Ellison et al., 2017)

Aún no se han establecido parámetros validados para la evaluación de la vía aérea en el embarazo, pero la valoración ultrasonográfica aumenta significativamente la tasa de éxito de la identificación de la membrana cricotiroides, la cual es requerida en 1 de cada 60 casos de intubación fallida. (Zieleskiewicz et al., 2018)

Cuando se sospecha una vía aérea difícil en la paciente obstétrica, el ultrasonido puede conformarse en una herramienta útil para la identificación preventiva de la membrana cricotiroides, ya sea en anestesia obstétrica regional o general. (Talati et al., 2017)

Se han descrito múltiples aplicaciones del ultrasonido para valoración de vía aérea, como la confirmación de la correcta colocación del tubo endotraqueal, la exclusión de la intubación esofágica (por ejemplo, mediante el signo del doble tracto y la presencia de señal Doppler a nivel esofágico) y signos ultrasonográficos indirectos para distinguir una intubación endotraqueal de una endobronquial, como el deslizamiento pulmonar y el movimiento diafragmático bilateral. (Li et al., 2020)

Además, se han estudiado otras aplicaciones del US en la valoración de la vía aérea, como la evaluación de patologías relacionadas con la vía aérea, tamaño del tubo endotraqueal, bloqueo de nervios asociados a la vía aérea y predicción de extubación exitosa. (Khetarpal et al., 2020)

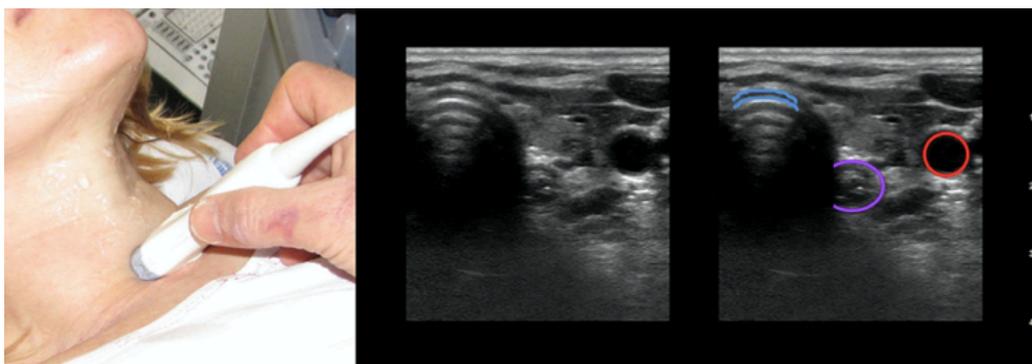
## *Ejes para Valoración de la Vía Aérea con el US*

### a) Eje transverso:

El transductor es colocado en tres niveles específicos: supraesternal, cricotiroidoideo y laríngeo. Con respecto al eje supraesternal transverso, el transductor se coloca sobre la escotadura esternal, de modo que, la región anterior del cartílago traqueal se observa en forma de C hipoeoica y la región hiperecoica, corresponde a la interfase tejido-aire. El esófago se visualiza como una estructura estrellada, localizada a la izquierda de la tráquea, posterior al lóbulo izquierdo de la tiroides. A este nivel también se logran observar estructuras vasculares como la arteria carótida. (You et al., 2018)

### **Figura 8**

#### *Eje Supraesternal Transverso*



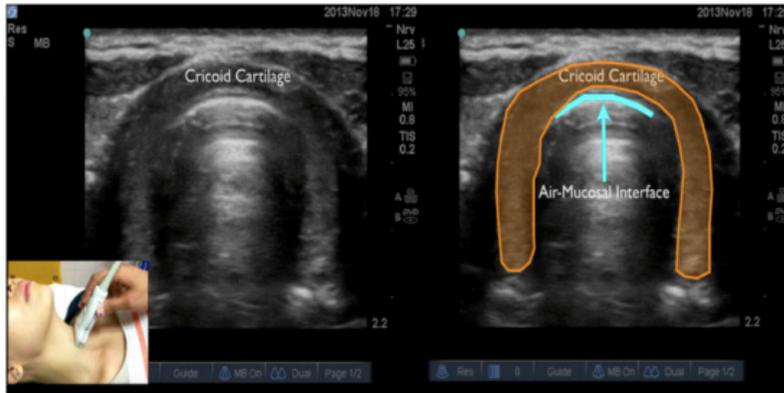
*Nota.* A) Colocación del transductor, craneal a la escotadura esternal, B) Imagen ultrasonográfica obtenida a este nivel, C) En celeste, se señala la región anterior del cartílago traqueal, en violeta se indica el esófago y en rojo la arteria carótida. Reproducido de You et al., (2018).

En el eje cricoideo transverso, ubicado 3-4 cm superior al eje transverso supraesternal, se observa el anillo cricoides (signo de la U invertida) y justo cefálico

al cartílago cricoides, se encuentra la membrana cricotiroides, la cual presenta un artefacto de reverberancia. (You et al., 2018)

### Figura 9

#### *Cartílago Cricoides en Plano Transverso*

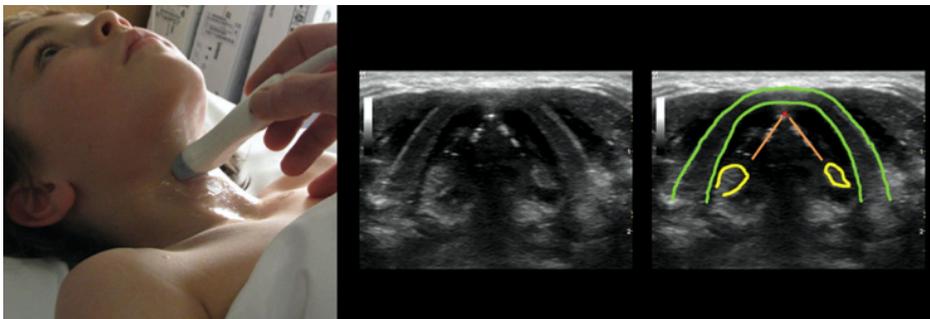


Reproducido de Osman y Sum, (2016).

En el eje laríngeo transverso, se observa el cartílago tiroides en forma de V invertida y las cuerdas vocales falsas (hipoecogénicas) y verdaderas.

### Figura 10

#### *Eje Laríngeo en el Plano Transverso*



*Nota.* El cartílago tiroides es marcado en verde, las cuerdas vocales en naranja y los cartílagos aritenoides en amarillo. Reproducido de Kristensen, (2011).

b) Eje longitudinal:

Mediante este eje se pueden observar los anillos traqueales, representando un hallazgo por US denominado “signo del rosario”. La descripción de este eje se encuentra dentro del siguiente apartado (técnica longitudinal para la localización de la membrana cricotiroidea).

## **2.2 Identificación Ultrasonográfica de la Membrana Cricotiroidea**

Se han descrito dos técnicas ultrasonográficas para la localización de la membrana cricotiroidea: la técnica longitudinal y la técnica transversa. La técnica longitudinal cuenta con una mayor cantidad de estudios publicados y evidencia de ser superior a la identificación por el método palpatorio. (You et al., 2018)

Es importante considerar que la identificación por US previo al procedimiento, se realiza en decúbito supino, con el cuello en extensión y en la misma posición que se adoptaría si el anestesiólogo requiriera el acceso quirúrgico de la vía aérea. (You et al., 2015)

a) Técnica longitudinal:

Se localiza la escotadura esternal y se coloca el transductor justo cefálico a esta estructura, en posición transversal. Posteriormente, se desplaza el transductor hacia la derecha del paciente, de tal forma que la imagen de la tráquea se encuentre solamente en el lado izquierdo de la pantalla.

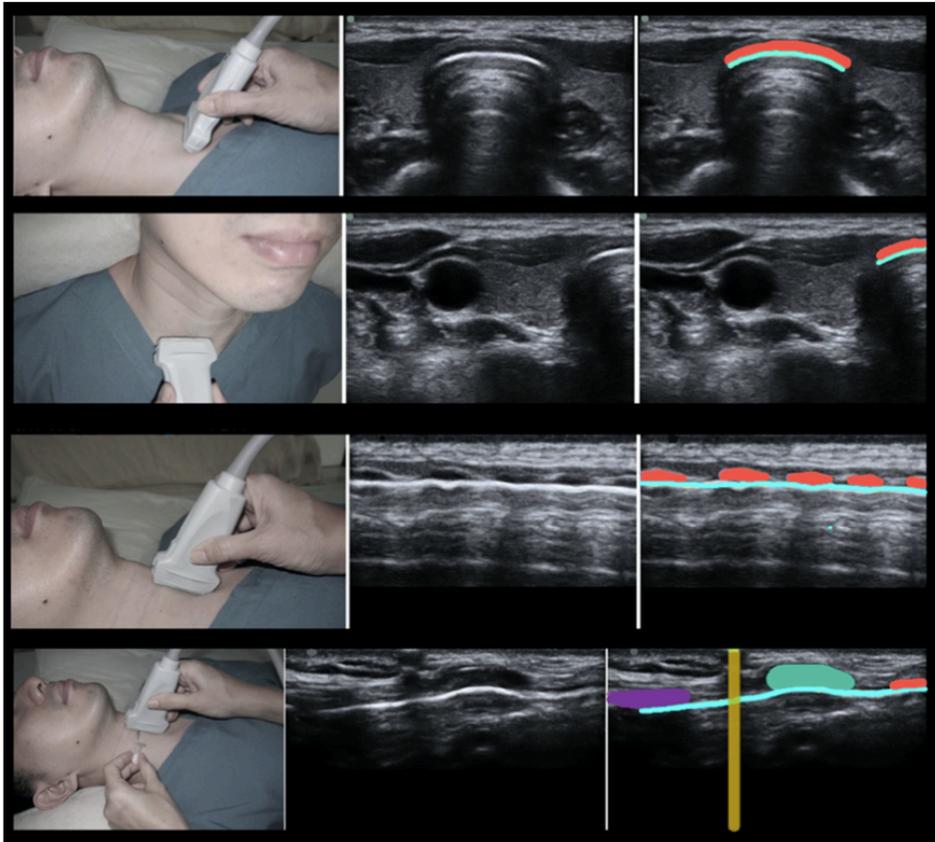
El transductor es rotado 90 grados en contra de las manecillas del reloj para colocarlo en plano sagital, resultando en una vista longitudinal de la línea media de la tráquea. En esta posición se observarán varias estructuras hipoeoicas (anillos traqueales) anteriores a una línea hiperecoica, que corresponde a la interfase aire- tejido (signo del rosario).

El transductor se desliza cefálicamente hasta observar el cartílago cricoides, que corresponde la primera estructura superior a los anillos traqueales, con mayor tamaño y más elongada. Cefálico al cartílago cricoides, se ubica la membrana cricotiroidea y el borde inferior del cartílago tiroides. (You et al., 2018)

Al identificar la membrana cricotiroides, se puede colocar una aguja a este nivel para observarla en el US y al retirar el transductor, se procede a marcar la estructura. (You et al., 2018)

### Figura 11

#### *Técnica Longitudinal para Identificar la Membrana Cricotiroides*



*Nota.* A) Colocación del transductor a nivel supraesternal, B) Desplazamiento del transductor a la derecha, C) Colocación del transductor en línea media traqueal, en sentido longitudinal, D) Identificación de membrana cricotiroides. Reproducido de You et al., (2018).

#### b) Técnica transversal:

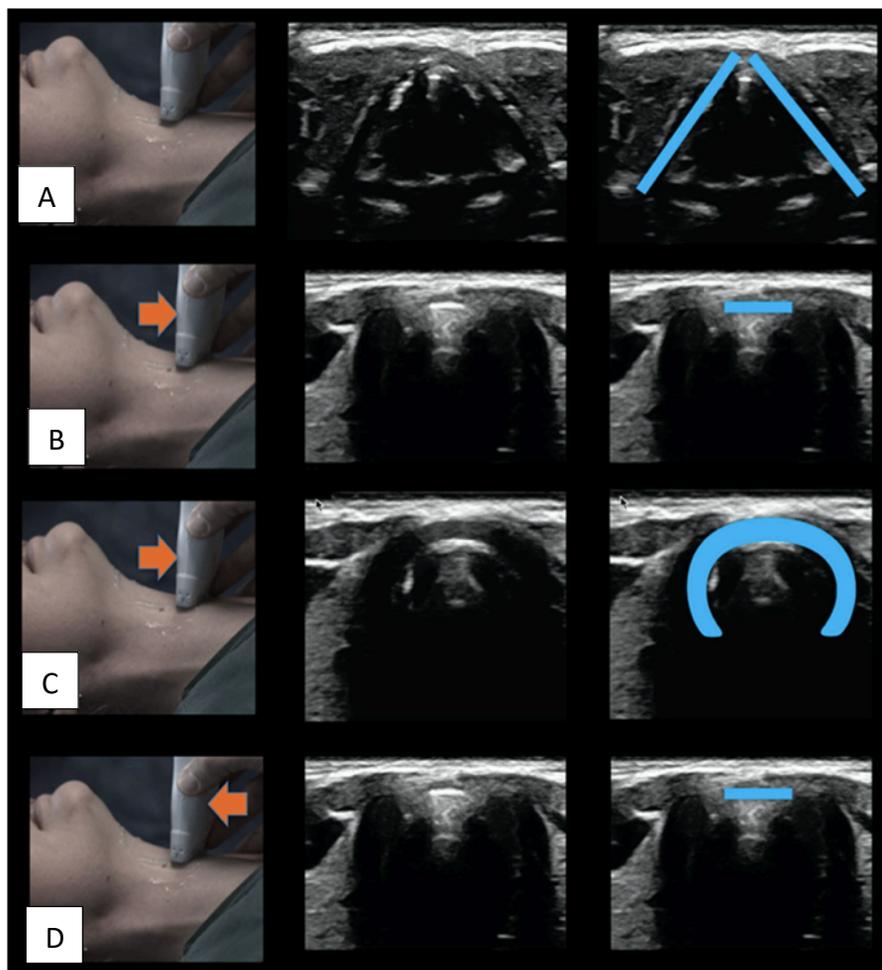
En esta técnica, se coloca el transductor lineal del ultrasonido en el eje laríngeo transversal, para identificar el cartílago tiroideo como una estructura hiperecoica triangular. Posteriormente, se desplaza el transductor caudalmente hasta identificar una línea

hiperecoica correspondiente a la membrana cricotiroides, en donde se observa una interfase aire-tejido y artefacto de reverberación. Se desplaza luego ligeramente hacia caudal para identificar el cartílago cricoides.

Una vez localizada las estructuras anteriormente señaladas, se coloca la imagen de la membrana cricotiroides en el centro de la pantalla y se procede a marcarla. (You et al., 2018)

### Figura 12

#### *Técnica Transversal para Identificación de Membrana Cricotiroides*



*Nota.* A) Cartílago tiroides (triángulo), B) Interfase aire-tejido (línea), C) Parte anterior del cartílago cricoides (C invertida), D) Identificación de la membrana cricotiroides. Reproducido de You et al., (2018).

Se han realizado estudios para evaluar la precisión de la identificación de la membrana cricotiroidea, en comparación con la localización ultrasonográfica. You (2015), describe un estudio en 56 embarazadas (el 50% de ellas obesas) y se observó que la membrana cricotiroidea fue identificada correctamente por método palpatorio solamente en el 39% de las pacientes obesas, en comparación a un 71% en pacientes no obesas, aun cuando en el 86% de las mujeres obesas el anesthesiólogo calificó como “fácil a moderadamente fácil” la localización de la membrana cricotiroidea por palpación.

Este hallazgo es importante si se considera que la prevalencia de la obesidad se encuentra en constante aumento y que este factor está asociado a una mayor incidencia de vía aérea difícil. (You et al., 2015)

Además, este mismo autor menciona en su estudio que la mayor cantidad de tejido subcutáneo en las pacientes obesas no fue una limitante en la identificación por US de la membrana cricotiroidea, ya que se presentaba un mayor contacto de la piel con el transductor y se necesitaba una menor presión para mejorar la resolución de la imagen. (You, et al., 2015)

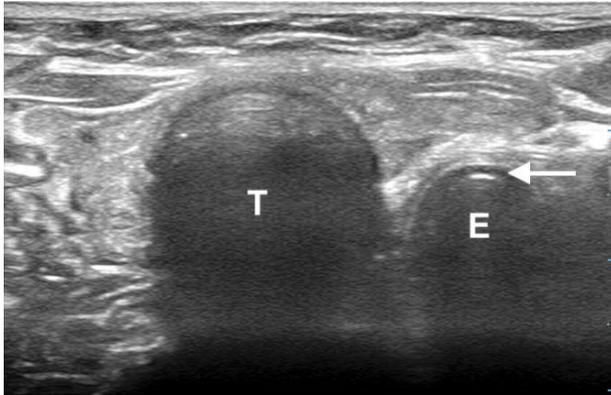
### **2.3 Otras Aplicaciones del POCUS de Vía Aérea**

#### *Confirmación de Intubación Endotraqueal*

Se coloca el transductor lineal en el eje transversal supraesternal y se puede valorar en tiempo real si se presenta una intubación esofágica, la cual se manifiesta con el signo del doble tracto, en donde el lumen esofágico se observaría como una estructura hiperecoica localizada posterolateral a la tráquea. (Gottlieb et al., 2018)

### **Figura 13**

#### *Signo del Doble Tracto*



Reproducido de Gottlieb et al., (2018).

El reconocimiento en tiempo real de una intubación esofágica confiere la ventaja de identificar el error previo al inicio de la ventilación y de esta forma disminuir el riesgo de broncoaspiración por insuflación de la cámara gástrica. (Kristensen, 2011)

La ventaja del ultrasonido sobre la capnografía para verificar una intubación endotraqueal adecuada es especialmente evidente en situaciones donde se presenta un gasto cardiaco muy bajo. (Kristensen, 2011)

#### *Predicción de Extubación Exitosa*

En pacientes adultos que se encuentran en ventilación mecánica en unidad de cuidados intensivos, se ha evaluado el desplazamiento diafragmático (hepático y esplénico) a nivel de la línea axilar anterior derecha y la línea axilar posterior izquierda, determinando un valor corte de 1.1 cm para predecir una extubación exitosa. (Kristensen, 2011)

### **3.1 Introducción al POCUS Gástrico**

La aspiración pulmonar de contenido gástrico es la principal causa de muerte por eventos anestésicos relacionados con la vía aérea e implica serias repercusiones en la morbilidad, como neumonitis, síndrome de distrés respiratorio agudo, disfunción orgánica y daño cerebral. (Perlas et al., 2018)

De tal manera, la broncoaspiración presenta una incidencia de 1:4000 casos de anestesia general para cirugía electiva y esta incidencia se eleva hasta 1:700 casos de anestesia general en paciente obstétrica. En casos de intubación fallida en cirugía para paciente obstétrica, se ha identificado una incidencia de hasta el 8%. (Howle et al., 2020)

De este modo, factores como la relajación inducida por la progesterona del esfínter esofágico inferior y la presión intragástrica aumentada, predispone a la paciente embarazada a un mayor riesgo de broncoaspiración, pero otro factor importante es el volumen y características del contenido gástrico. (Howle et al., 2020)

Respecto al US gástrico, esta es una herramienta que provee información objetiva para evaluación del contenido y volumen gástrico y, de esta forma, permite la estratificación del riesgo de broncoaspiración. Esto es particularmente importante en casos donde no hay información clara sobre el estado de ayuno (por ejemplo, en deterioro del estado de consciencia) y en condiciones asociadas a un vaciamiento gástrico prolongado (gastroparesia diabética, embarazo, paciente crítico, acalasia, activación simpática por dolor, uso de opioides, etc). (Perlas et al., 2018)

Por otro lado, en un estudio de cohorte retrospectivo en 538 pacientes programados para cirugía electiva, en estado de ayuno por historia clínica, se identificó 32 pacientes (6.5%) con contenido sólido a nivel gástrico o con presencia de >1.5 ml/kg de líquidos claros, presentándose solamente en seis de ellos factores de riesgo para vaciamiento gástrico prolongado. (Van de Putte et al., 2017)

### 3.2 Valoración Cualitativa y Cuantitativa del Contenido Gástrico

#### *Adquisición de imágenes*

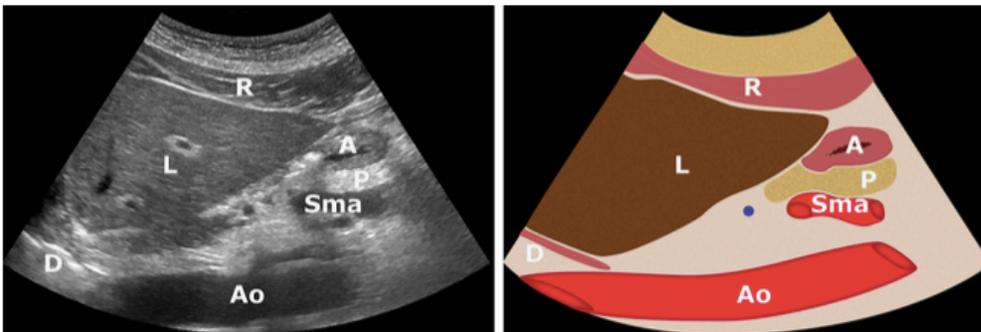
Las imágenes son adquiridas con un transductor curvo de baja frecuencia, con la paciente en decúbito supino y en decúbito lateral derecho. En caso de no ser posible la posición de decúbito lateral derecho, se puede adoptar una posición semifowler con la cabecera a 45 grados. (Perlas et al., 2018)

Además, la ausencia de contenido gástrico en posición supina no descarta su presencia en decúbito lateral derecho, por lo tanto, siempre debe excluirse el hallazgo de contenido sólido o líquido en ambas posiciones. (Gola et al., 2018)

Así mismo, se localiza la cámara gástrica en la región subxifoidea, en un plano sagital, y se desplaza el transductor hacia el margen subcostal derecho. La evaluación del antro provee información precisa del contenido de toda la cámara gástrica, este se visualiza como una estructura hueca superficial con pared gruesa de varias capas, inmediatamente inferior al lóbulo izquierdo hepático y anterior al cuerpo del páncreas. (Perlas et al., 2018)

#### **Figura 14**

#### *Estructuras Visualizadas Mediante Ultrasonido Gástrico*



*Nota.* A=Antro, Ao= aorta, D=Diafragma, L=Hígado, P=Páncreas, R= músculo recto abdominal, Sma= Arteria mesentérica superior. Adaptado de Perlas et al., (2018).

Así, la pared gástrica posee un grosor aproximado de 4-6 mm. Con el transductor lineal se observan 5 capas (de interior a exterior): interfase mucosa-aire, muscular de la mucosa, submucosa, muscular propia y serosa. Con el transductor curvo, solo se observa la muscular propia. (Perlas et al., 2018)

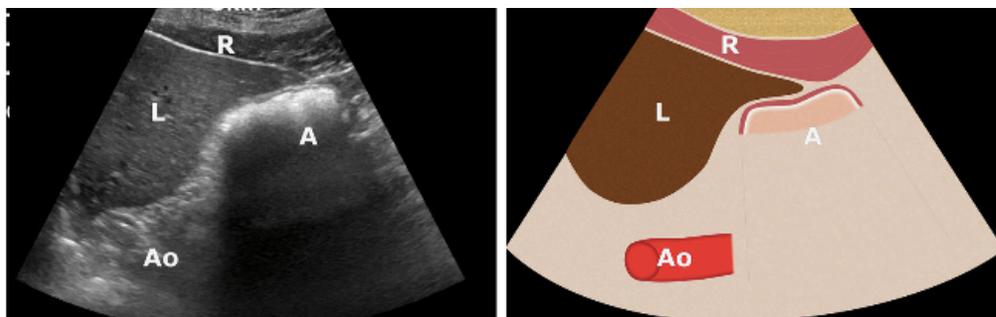
### *Interpretación*

Cuando el antro gástrico se encuentra vacío, se observa con una apariencia redondeada (patrón de “ojo de buey”), con yuxtaposición de la pared anterior y posterior (ver figura 14).

Cuando se ha presentado ingesta de líquidos espesos, leche o suspensiones, en el US gástrico se observa un aspecto hiperecoico y homogéneo. Posterior a la ingesta de alimentos sólidos, se mezcla el bolo sólido con aire, formándose una interfase mucosa-aire en la pared anterior, difuminando la visualización de la pared posterior del antro, el páncreas y la aorta (patrón de “tormenta de nieve”). Conforme transcurre el tiempo, el aire se desplaza y se puede apreciar una ecogenicidad mixta en un antro gástrico distendido. (Perlas et al., 2018)

### **Figura 15**

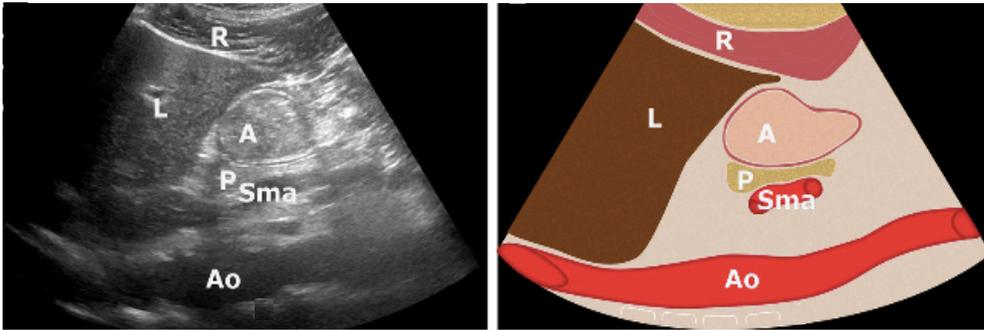
*Patrón de “Tormenta de Nieve”*



Adaptado de Perlas et al., (2018).

### Figura 16

#### *Patrón Tardío de Contenido Sólido Gástrico*

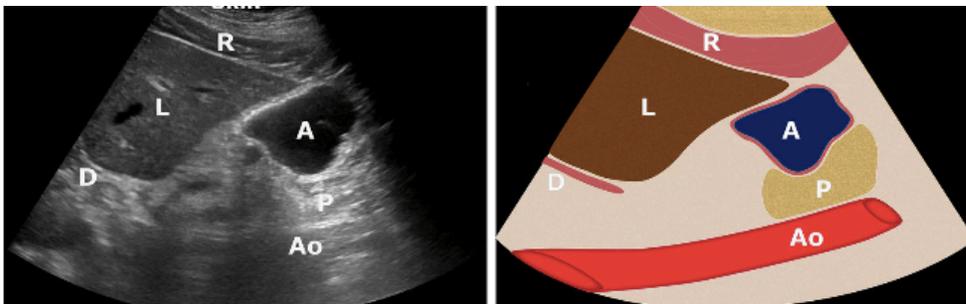


Reproducido de Perlas et al., (2018).

El aspecto ultrasonográfico de los líquidos claros es anecoico o hiperecoico. El antro se vuelve más redondeado y distendido, con paredes más delgadas conforme el volumen aumenta (figura 17). Inmediatamente después de la ingesta de líquidos, se presenta un aspecto “de cielo estrellado” por la mezcla de líquidos con burbujas de aire (figura 18).

### Figura 17

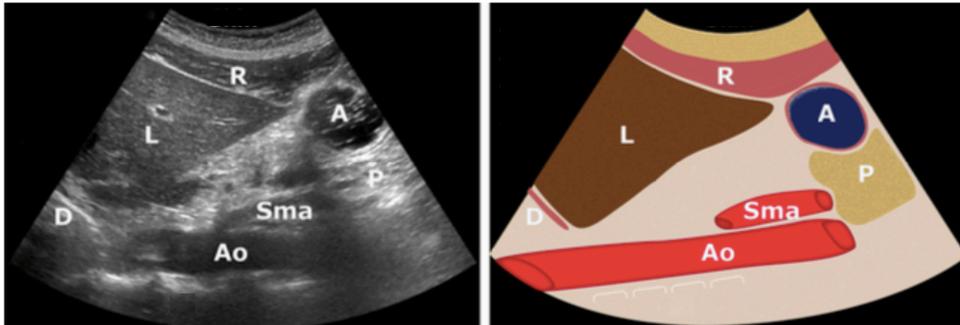
#### *Contenido Gástrico de Líquidos Claros*



Reproducido de Perlas et al., (2018).

## Figura 18

### *Contenido Gástrico con Aspecto de Cielo Estrellado*



Reproducido de Perlas et al., (2018).

### 3.3 Estratificación del Riesgo de Broncoaspiración

El límite superior del volumen gástrico basal normal es controversial, pero se han encontrado valores de 100-130 ml en pacientes sanos en ayunas sin implicar un mayor riesgo de broncoaspiración. Un volumen mayor de 1.5 ml/kg o cualquier volumen de contenido sólido o particulado sugieren un estado de no ayuno, aumentando el riesgo de broncoaspiración. (Perlas et al., 2018)

Así, la medición del área seccional transversal (AST) del antro gástrico se correlaciona con el volumen gástrico total, siendo más fuerte esta correlación en posición de decúbito lateral derecho (DLD).

Para la estimación del volumen, la medición del AST antral se realiza a nivel de la aorta, entre contracciones peristálticas y a partir de la serosa, la capa más externa. (Perlas et al., 2018)

## Cuadro 1

*Grados para Estratificar el Riesgo de Broncoaspiración, Según Hallazgos en POCUS Gástrico*

### **Grado 0:**

Antro vacío, sin contenido visible en posición supina o en DLD.

### **Grado 1:**

Volumen menor a 1.5 ml/kg, solo apreciable en DLD.

### **Grado 2:**

Cantidad apreciable de líquido claro en supino y DLD

Adaptado de Perlas et al., (2018).

Cabe mencionar que, existen tres estudios que validan el AST antral como un valor subrogado del volumen gástrico en mujeres en tercer trimestre de embarazo, los cuales se describen en la tabla 1.

## Tabla 1

*Comparación de Tres Modelos Matemáticos para el Cálculo del Volumen Gástrico (VG) en Mujeres Embarazadas*

<b>Estudio</b>	<b>Arzola et al., (2018)</b>	<b>Roukhomovsky et al., (2018)</b>	<b>Roukhomovsky et al., (2018)</b>
Fórmula	$VG = -327.1 + 215.2 \times \log \text{AST antral en DLD (cm}^2)$	$VG = 0.24 \times \text{AST antral en DLD (mm}^2) - 54.9$	$VG = 0.18 \times \text{AST antral en DLD (mm}^2) + 0.11 \times \text{AST antral en supino (mm}^2) - 62.4$

Reproducido de Howle et al., (2020).

Las pacientes con una cámara gástrica vacía o con un contenido menor a 1.5 ml/kg se clasifican como pacientes de bajo riesgo. Si se presenta contenido sólido o un volumen mayor a 1.5 ml/kg de líquidos claros, existe un riesgo alto de broncoaspiración (ver figura 19). La estratificación del riesgo por método ultrasonográfico debe ser integrado con datos obtenidos al examen físico e historia clínica, así como tipo de procedimiento. Los modelos de predicción de volumen gástrico anteriormente expuestos, tienen una alta precisión, aun en pacientes con índice de masa corporal mayor a 40 kg/m<sup>2</sup>, con una tendencia a la sobreestimación en presencia de volúmenes bajos. (Perlas et al., 2018)

**Figura 19**

*Estratificación del Riesgo de Broncoaspiración*

Ecocar



Adaptado de Perlas et al., (2018).

El vaciamiento gástrico previo al inicio del parto de una paciente obstétrica sana es similar al de una mujer no embarazada sana, pero durante el periodo de labor se prolonga, mantenido esta tendencia hasta algunas horas después del parto. (Van de Putte et al., 2018; Perlas et al., 2018). En este contexto, el US gástrico puede considerarse como una herramienta útil para optimizar la valoración del estado de ayuno y del riesgo de broncoaspiración por parte del anesthesiologo.

### 4.1 Utilidad de la Ecocardiografía Transtorácica Focalizada en la Paciente Obstétrica

La evaluación ecocardiográfica transtorácica es un método seguro, no invasivo y costoefectivo para el monitoreo hemodinámico de la paciente obstétrica. (Chalifoux y Sullivan, 2015)

Algunas características propias del embarazo favorecen la valoración ecocardiográfica transtorácica, por ejemplo, la obtención de las vistas paraesternal y apical se ve facilitada por el desplazamiento anterior y lateral cardiaco y la elevación del diafragma. Además, algunas condiciones presentes en el transoperatorio, como la ventilación espontánea y el bloqueo sensitivo a nivel torácico, son otros de los aspectos que simplifican el examen ultrasonográfico. (Dennis, 2011)

El examinador debe tomar en cuenta los cambios estructurales y funcionales cardiacos manifestados en las mujeres sanas embarazadas, para no realizar interpretaciones ultrasonográficas erróneas. (Dennis, 2011)

En este sentido, los cambios estructurales cardiacos maternos implican un aumento de la masa del VI, de un valor basal de 110-120 gramos a 183 gramos a término, disminuyendo a valores basales a los 3 meses postparto. El tamaño del VI al final de la sístole permanece estable, pero se observa un aumento de las dimensiones del VI al final de la diástole (de un valor basal de 45 mm a 52-55 mm en el tercer trimestre) y un incremento de área y volumen ventricular derecho al final de la diástole. (Liu et al., 2020)

Sumado a estos cambios, se puede presentar insuficiencia mitral y tricuspídea leve, así como derrame pericárdico menor a 0.5 cm. (Griffiths et al., 2018)

Con respecto a la función y reserva diastólica, existe una tendencia a su disminución en el embarazo normal a término. En mujeres sanas, se observan cambios ecocardiográficos relacionados al flujo transmitral, como una disminución en la velocidad pico de la onda E, relación E/A disminuida y una relación E/e' aumentada. (Zieleskiewicz et al., 2020)

Debe considerarse que el objetivo del POCUS cardiaco no es realizar un análisis comprensivo ni extenso, en su lugar tiene como fin complementar la información obtenida

por examen físico e historia clínica y responder preguntas puntuales dirigidas a elaborar un diagnóstico rápido y un tratamiento adecuado.

La definición de POCUS engloba una valoración con una serie de características: es dirigida por objetivos, limitada, simplificada, reproducible, rápida de ejecutar y realizada en el punto de atención. (Via et al., 2014)

Según las recomendaciones internacionales basadas en la evidencia para ultrasonido cardíaco focalizado, la esencia del POCUS cardíaco es la interpretación dicotómica para responder interrogantes claves en la toma de decisiones clínicas, mediante un estudio cualitativo o semicuantitativo. (Via et al., 2014)

Por otra parte, el examen ultrasonográfico focalizado en la paciente obstétrica requiere de tres vistas básicas: paraesternal eje largo, paraesternal eje corto y apical 4 cámaras. No se recomienda la obtención de la vista subcostal en la paciente durante el pre y transoperatorio, tanto por el obstáculo que representa el fondo uterino, como por la compresión aortocava que se desarrollaría al adoptar la posición supina, por lo tanto la adquisición de la vista subcostal se reserva para el periodo postparto. (Dennis, 2011)

#### *Vistas Ultrasonográficas Básicas para la Evaluación de Paciente Obstétrica*

##### a) Vista paraesternal eje largo (PLAX)

Para el inicio del POCUS cardíaco, se coloca a la paciente en decúbito lateral izquierdo y el transductor es situado en el borde esternal izquierdo a nivel del tercer o cuarto espacio intercostal, con la marca dirigida hacia el hombro derecho. (Dennis, 2011)

Las estructuras que se pueden visualizar en esta vista son el AI, VI, VM, VAo, VD, pericardio y el TSVI. En POCUS se emplea primordialmente para valorar tamaño y función de VI, la VM y VAo, el TSVI y para descartar la presencia de derrame pericárdico. (Soni et al., 2015)

## Figura 20

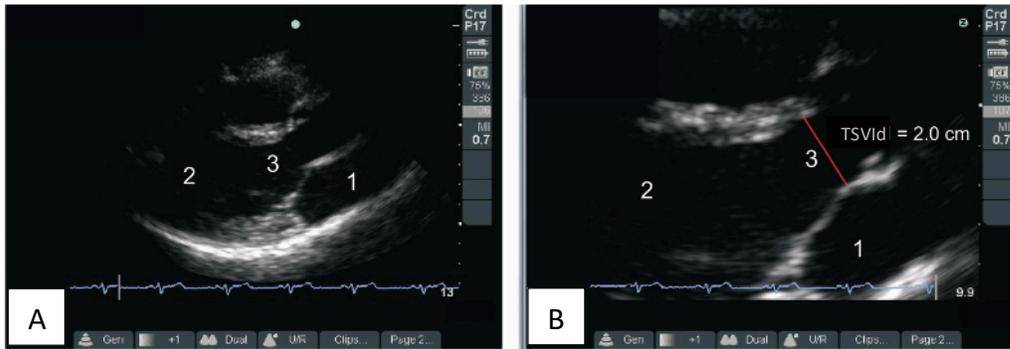
*Colocación del Transductor para Obtener la Vista Paraesternal Eje Largo*



Reproducido de Dennis, (2011).

## Figura 21

*Imagen de la Vista Paraesternal Eje Largo*



*Nota.* A. 1. Atrio izquierdo, 2. Ventrículo izquierdo, 3. Tracto de salida del ventrículo izquierdo. B. TSVId: Diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo (en sístole).  
Reproducido de Dennis, (2011).

### b) Vista paraesternal eje corto (PSAX)

A partir de una adecuada vista PLAX, el transductor es rotado 90 grados a favor de las manecillas del reloj, con la marca dirigida hacia el hombro izquierdo. Para efectos de

POCUS cardiaco, el nivel preferible corresponde al plano de los músculos papilares, ya que permite examinar la función sistólica VI, descartar alteraciones en la motilidad regional parietal, valorar la forma y función del septo interventricular y observar si existe derrame pericárdico. (Soni et al., 2015)

Al adquirirse una adecuada vista de este plano, el corte transversal de la cavidad del VI se observa de forma circular y ambos músculos papilares se visualizan simétricos.

## Figura 22

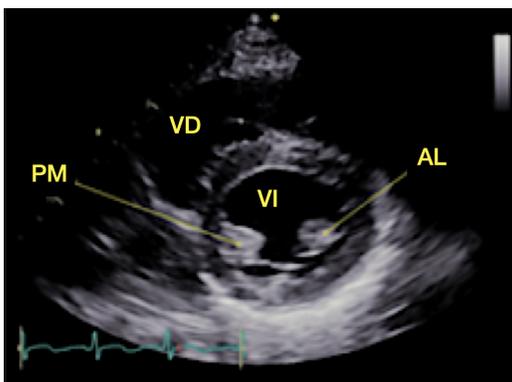
*Colocación del Transductor para Obtener la Vista Paraesternal Eje Corto*



Reproducido de Dennis, (2011).

## Figura 23

*Imagen de la Vista Paraesternal Eje Corto, Plano Medioventricular*

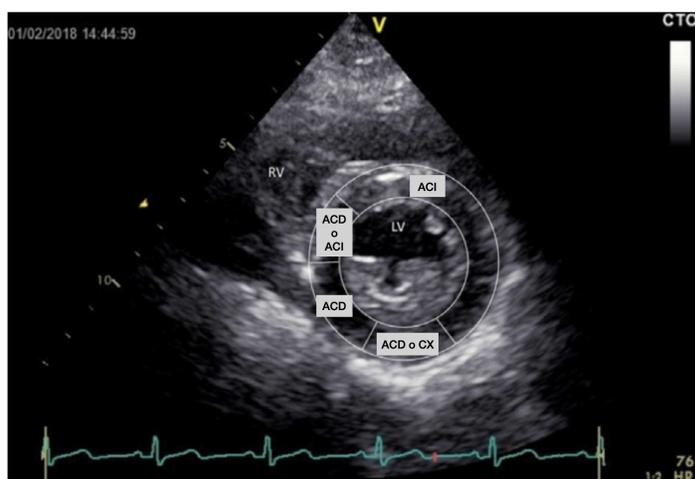


*Nota.* VI: Ventrículo izquierdo, VD: Ventrículo derecho, AL: Músculo papilar anterolateral, PM: Músculo papilar posteriomedial. Adaptado de Ursprung y Oren-Grinberg, (2016).

Mediante la vista paraesternal eje corto es posible valorar de forma rápida si se presenta signos de hipovolemia, como el colapso de las paredes del VI o trastorno de contractilidad segmentaria, ya que es la vista ecocardiográfica en donde se pueden examinar simultáneamente los territorios irrigados por las arterias coronaria derecha, coronaria izquierda y circunfleja, como se observa en la figura 24.

### Figura 24

*Evaluación de los Territorios de Irrigación Coronaria con Vista Paraesternal Eje Corto, a Nivel Medioventricular*



*Nota.* Representación de los territorios irrigados por la arteria coronaria izquierda (ACI), arteria coronaria derecha (ACD) y arteria circunfleja (CX). Adaptado de Griffiths et al., (2018)

#### c) Vista apical 4 cámaras (A4CH)

El transductor es colocado a nivel del ápex, cuya posición puede variar entre cada paciente. En hombres, generalmente, se encuentra inferolateral al pezón izquierdo y en las mujeres en el cuadrante inferolateral de la mama izquierda. La marca del transductor se dirige hacia el lado izquierdo, con el haz de luz dirigido hacia el hombro derecho. (Soni et al., 2015)

Una toma óptima requiere que el septo IV se encuentre en posición vertical y en el centro de la pantalla. Esta vista provee una gran cantidad de información, como el tamaño del VD en comparación del VI, función sistólica del VD y del VI (solamente de la pared inferoseptal y anterolateral), alteraciones a nivel de VM y VT, así como presencia de derrame pericárdico. (Soni et al., 2015)

### Figura 25

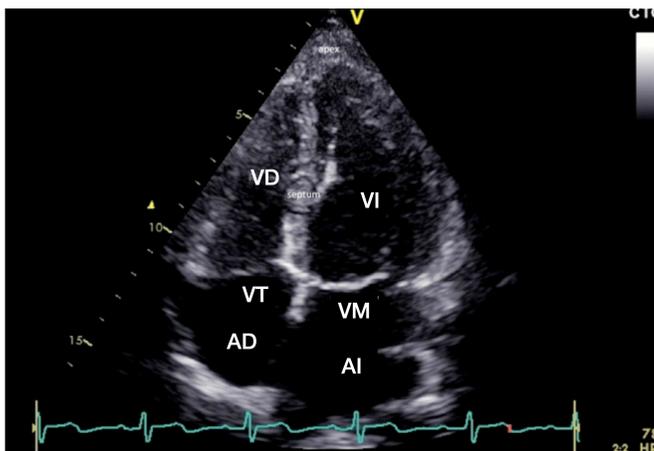
*Colocación del Transductor para Obtener la Vista Apical 4 Cámaras*



Reproducido de Dennis, (2011).

### Figura 26

*Imagen de Vista Apical 4 Cámaras*



*Nota.* VI: Ventrículo izquierdo, VD: Ventrículo derecho, VM: Válvula mitral, VT: Válvula tricuspídea, AI: Atrio izquierdo, AD: Atrio derecho. Adaptado de Griffiths et al., (2018).

## *Valoración Cualitativa y Semicuantitativa*

Según las recomendaciones internacionales basadas en la evidencia para ultrasonido cardiaco focalizado, las metas de la evaluación mediante POCUS cardiaco son: la valoración de la función sistólica del VI y VD (considerando el tamaño del VD como dato intrínseco de su función), análisis de volumen y exclusión de: derrame pericárdico, taponamiento cardiaco, signos macroscópicos de enfermedad cardiaca crónica, alteración valvular evidente y masas intracardiacas. (Via et al., 2014)

En la tabla 2 se describen los principales datos cualitativos que el examinador debe obtener al realizar POCUS cardiaco en paciente obstétrica.

**Tabla 2**

*Hallazgos Ecocardiográficos Cualitativos en la Valoración Obstétrica*

<b>Vista ecocardiográfica</b>	<b>Valoración cualitativa</b>
Paraesternal eje largo	Derrame pericárdico Masa intracardiaca Alteraciones del movimiento de la válvula mitral Diseccción aórtica
Paraesternal eje corto	Trastorno de la contractilidad global y segmentaria del VI Derrame pericárdico Relación del tamaño del VD versus VI Posición del septo interventricular Colapso del VI
Apical 4 cámaras	Relación del tamaño del VD versus VI Derrame pericárdico Masa intracardiaca Posición del septo interventricular e interatrial

Adaptado de Griffiths et al., (2018)

Los métodos cuantitativos para determinar la función sistólica, diastólica y para definir el grado de disfunción valvular requieren habilidades más avanzadas y mayor nivel de entrenamiento que la valoración cualitativa ultrasonográfica. Sin embargo, datos como la estimación cualitativa de la fracción de eyección es comparable con la FEVI calculada cuantitativamente por medio de una ecocardiografía de evaluación comprensiva. (Soni et al., 2015)

Los datos principales cualitativos del POCUS cardiaco pueden ser dirigidos por medio de las siguientes preguntas básicas:

1. ¿Hay una disfunción sistólica severa del VI?

La función sistólica del VI se clasifica como hiperdinámica, normal, reducida o severamente reducida mediante la evaluación de las siguientes características:

**Engrosamiento miocárdico:**

El grosor del miocardio aumenta un 40% durante la sístole, en todos los segmentos.

**Excursión endocárdica:**

El movimiento del endocardio debe ser simétrico hacia el centro del VI durante la sístole.

**Movimiento de la punta de la valva mitral anterior hacia el septo IV (punto E):**

Si la punta de la valva anterior de la VM se encuentra a una distancia mayor a 1 cm del septo durante su apertura máxima, la FEVI es menor al 40% (sensibilidad 69%, especificidad 91%).

Este parámetro no puede ser empleado si hay insuficiencia aórtica o estenosis mitral severa. (Soni et al., 2015)

## Figura 27

### *Movimiento de la Punta de la Valva Mitral Anterior Hacia el Septo IV*



Adaptado de Soni et al., (2015).

En el caso de un VI hiperdinámico, la excursión endocárdica y engrosamiento miocárdico se encuentran aumentados y se puede observar una obliteración de la cavidad del VI al final de la sístole. En un VI con función sistólica reducida, la excursión endocárdica y engrosamiento miocárdico están disminuidos y hay una menor aproximación de la punta de la valva mitral anterior hacia el septo IV. (Soni et al., 2015)

#### 2. ¿El tamaño y la función del VD es normal?

La evaluación de la función del VD en el contexto de pacientes con deterioro hemodinámico y ventilatorio es fundamental. Es posible reconocer rápidamente una disfunción del VD mediante un análisis cualitativo del tamaño del VD y el septo IV. (Soni et al., 2015)

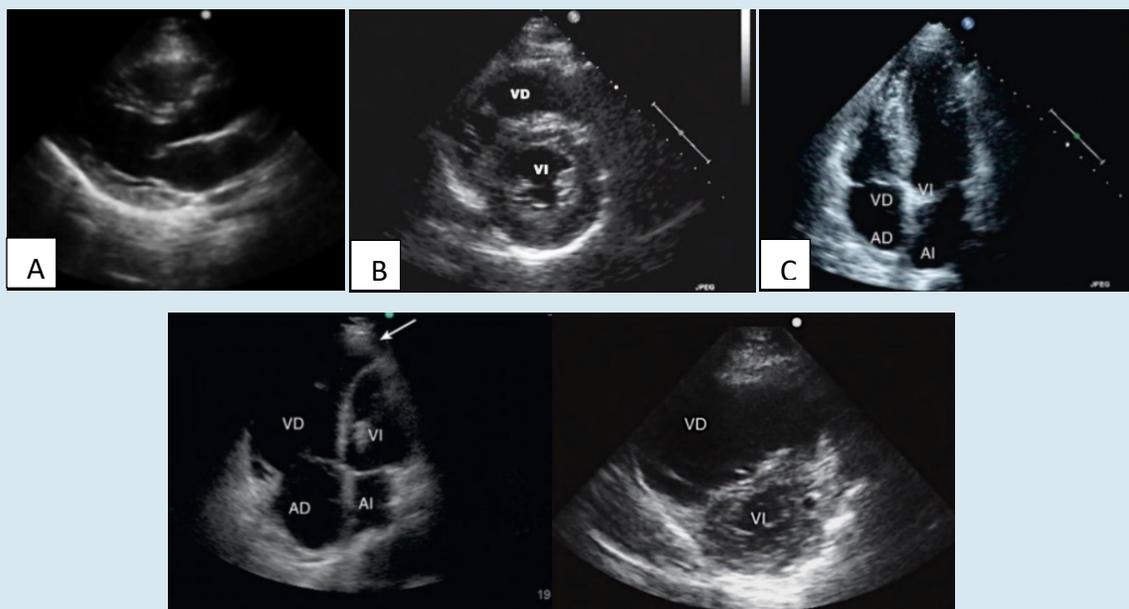
### Tamaño y morfología del VD:

El tamaño normal de la cámara del VD corresponde a dos tercios del tamaño de la cámara del VI. El grosor normal de la pared del VD es de 5 mm. En la vista PLAX se observa el VD con un diámetro similar a la aorta ascendente y al AI, en la vista PSAX se presenta en forma de media luna y en la vista A4CH en forma triangular.

La dilatación del VD se observa en la vista A4CH como una cámara VD mayor a 2/3 del tamaño del VI, adquisición de una forma ovoide y una dominancia apical del VD, con desplazamiento del VI. En la vista PSAX se observa una cámara circular en lugar de una forma de media luna. En patología crónica del VD, se puede hallar un grosor de pared mayor a 1 cm. (Soni et al., 2015)

### Figura 28

*Vistas de Utilidad para la Comparación de Tamaño del VD con VI*



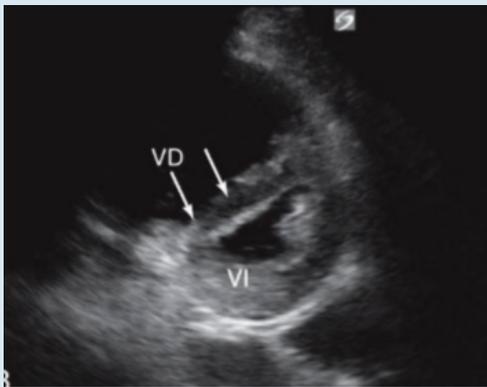
*Nota.* A) PLAX, B) PSAX plano medio ventricular, C)A4CH, D) VD dilatado, con dominancia apical del VD, en vista A4CH, E)VD dilatado en vista PSAX. Adaptado de Soni et al., (2015).

#### **Forma y movimiento del septo IV:**

Se evidencia una presión VD aumentada cuando hay aplanamiento septal y desplazamiento hacia el VI. El aplanamiento septal durante la diástole se denomina movimiento septal paradójico. En la vista PSAX, el aplanamiento septal hace que el VI adquiere forma de “D”. (Soni et al., 2015)

#### **Figura 29**

*Aplanamiento Septal en la Vista PSAX*



Adaptado de Soni et al., (2015).

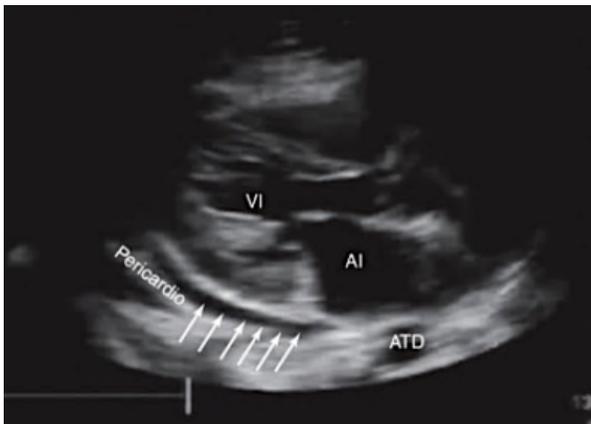
#### 3. ¿Se observa derrame pericárdico?

En condiciones normales, se encuentra aproximadamente 10 ml de líquido en el espacio pericárdico. El derrame pericárdico se clasifica según su tamaño medido al final de la diástole en: pequeño (menor a 1 cm), moderado (1-2 cm) y grande (mayor a 2 cm).

En el eje PLAX, el derrame pericárdico se ubica posterior al VI pero anterior a la aorta torácica descendente. Conforme aumenta de volumen, el derrame se observa de forma circunferencial. (Soni et al., 2015)

### Figura 30

*Derrame pericárdico pequeño en vista PLAX*

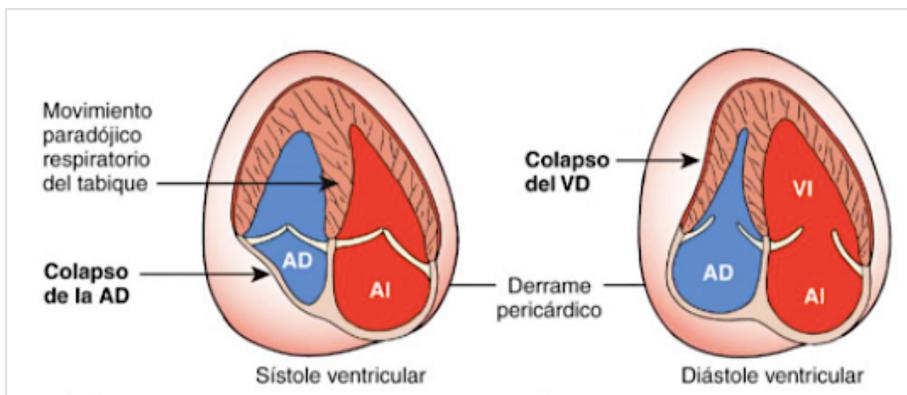


Reproducido de Soni et al., (2015)

Así pues, el taponamiento cardiaco se produce cuando la presión intrapericárdica supera la presión de las cavidades cardiacas, con compromiso del llenado diastólico y secundariamente del gasto cardiaco. Los signos ecocardiográficos asociados son: colapso diastólico del VD, colapso sistólico de la AD, movimiento paradójico septal, con una VCI dilatada (>2.1 cm) y colapso menor al 50% durante la inspiración. La ausencia de una VCI dilatada descarta la presencia de taponamiento cardiaco. (Soni et al., 2015)

### Figura 31

*Signos Ecocardiográficos de Taponamiento Cardiaco*



Reproducido de Soni et al., (2015).

#### 4. ¿Cuál es el estado de la volemia y la respuesta a fluidos?

En pacientes con ventilación espontánea se observa una disminución del diámetro de la VCI durante la inspiración, debido a la presión negativa intratorácica. En pacientes con ventilación mecánica con presión positiva, el diámetro de la VCI aumenta durante el tiempo inspiratorio. Esta variabilidad respiratoria puede estar alterada en patologías como hipertensión pulmonar crónica, disfunción del VD e insuficiencia tricuspídea. (Soni et al., 2015)

En una paciente obstétrica en periodo postparto, se puede obtener una vista subcostal, con el marcador dirigido hacia la cabeza del paciente, de modo que la VCI se observe longitudinalmente ingresando al AD, visualizando un segmento de la vena hepática desembocando en la VCI. La medición del diámetro de la VCI se realiza a 2 cm de la unión entre la VCI y el VD y la variabilidad del diámetro de la VCI durante el ciclo respiratorio se realiza midiendo en modo M el diámetro máximo y mínimo. (Soni et al., 2015)

Un diámetro menor a 1 cm de la VCI, con colapso casi total durante el ciclo respiratorio e índice de distensibilidad de la VCI >12-18%, puede sugerir que el paciente es respondedor a volumen. (Soni et al., 2015)

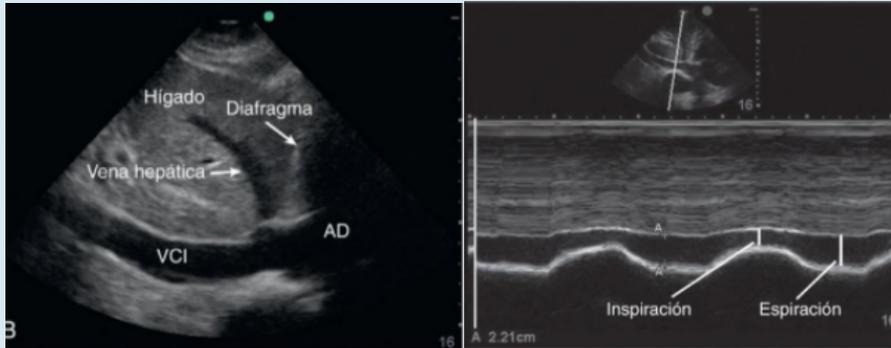
En pacientes aún gestantes, es posible visualizar la VCI por medio de una vista transhepática. Esta se obtiene al colocar el transductor a nivel de la línea axilar media derecha, en un plano coronal, con la marca dirigida hacia la cabeza de la paciente. (Soni et al., 2015)

El método con mayor evidencia para la evaluación del estado de la volemia y la respuesta a fluidos en pacientes embarazadas es el porcentaje de cambio de la IVT en el TSVI posterior a la elevación pasiva de piernas; sin embargo, esta medición requiere de conceptos más avanzados que la evaluación cualitativa y semicuantitativa del POCUS cardiaco y se detallará en secciones posteriores.

## Tamaño y variabilidad respiratoria del diámetro de la VCI:

### Figura 32

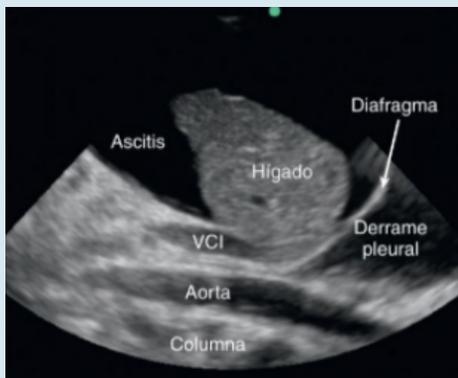
#### *Variabilidad Respiratoria del Diámetro de la VCI*



*Nota.* A) Vista subcostal de VCI, B) Medición del diámetro de la VCI durante inspiración y espiración en modo M. Adaptado de Soni et al., (2015).

### Figura 33

#### *Vista Transhepática de la VCI*



Adaptado de Soni et al., (2015).

5. ¿Hay evidencia macroscópica de trastorno valvular?

El principal objetivo al valorar un trastorno valvular por POCUS es descartar una insuficiencia mitral o aórtica grave potencialmente mortales.

**Datos ecocardiográficos básicos en modo 2D de IM y de IA severa:**

Se debe valorar alteraciones estructurales (por ejemplo calcificaciones o vegetaciones), defectos amplios de coaptación, aleteo. Debe analizarse si dilatación de cámaras izquierdas, ya que estas no suelen dilatarse en disfunción aguda.

**Datos ecocardiográficos por Doppler color de IM y de IA severa:**

*IM severa:*

En Doppler de flujo color se evidencia un área central del chorro regurgitante que ocupa >50% de la AI y un ancho de la vena contracta (diámetro mínimo del chorro de insuficiencia) >0.7 cm. También, se puede presentar un chorro excéntrico en la pared del AI. (Soni et al., 2015)

*IAo severa:*

En una vista apical 5 cámaras se puede observar datos como un ancho del chorro de regurgitación mayor al 65% del diámetro del TSVI y un ancho de la vena contracta >0.6 cm. (Soni et al., 2015)

## Figura 34

### *Ancho del Chorro de Insuficiencia Aórtica*



Adaptado de Soni et al., (2015).

## 4.2 Protocolo ROSE (Rapid Obstetric Screening Echocardiography)

A pesar de las múltiples ventajas que ofrece la evaluación mediante POCUS cardiaco en el manejo de paciente obstétrica en condición crítica, aun no ha sido validado un algoritmo para este fin.

Dennis (2011) diseñó una evaluación ecocardiográfica abreviada específicamente para la población obstétrica, con el fin de optimizar la labor diagnóstica, tomar decisiones terapéuticas más acertadas y evaluar la respuesta al tratamiento. En tal evaluación, además de identificar rápidamente alteraciones estructurales generales, Dennis (2011) propone una serie de mediciones ecocardiográficas para valorar la función sistólica y diastólica ventricular izquierda, las cuales se especifican en la tabla 3.

**Tabla 3***Vistas y Mediciones Ecocardiográficas Empleadas en el Protocolo ROSE*

Vista	Modo	Medidas realizadas
PLAX	2D	- Diámetro del TSVI
PSAX	Modo M en plano medio ventricular	- Diámetro del VI al final de la diástole - Diámetro del VI al final de la sístole
	2D	- Área del VI al final de la diástole - Área del VI al final de la sístole
A4CH	Doppler tisular septal	- Ondas s', e', a'
	Doppler pulsado del flujo transmitral	- Onda E y A - Relación E/A - Tiempo de desaceleración
A5CHA	Doppler pulsado	- IVT en TSVI - Tiempo de relajación isovolumétrica

Adaptado de Dennis (2011).

A pesar de que el estudio cuantitativo de la función diastólica no está contemplado dentro los objetivos del POCUS cardiaco, puede brindar información muy valiosa que complementa los datos obtenidos durante una valoración ecocardiográfica básica, para ayudar a definir causas de deterioro ventilatorio y shock, así como guiar la fluidoterapia en pacientes con preeclampsia para la prevención y la detección temprana de edema pulmonar.

Por lo tanto, se desarrollará una explicación breve de la valoración de la función diastólica para la comprensión de los conceptos implicados en el estudio cuantitativo diastólico.

#### *Aspectos Básicos de la Función Diastólica*

La diástole se define como el intervalo de tiempo entre el cierre de la válvula aórtica y el cierre de la válvula mitral. Se divide en cuatro fases: relajación isovolumétrica, llenado rápido temprano, diastasis y llenado tardío (por contracción atrial).

Una función diastólica normal permite el llenado adecuado del VI para proporcionar un volumen sistólico óptimo, con presiones de llenado del VI normales. En pacientes sanos, la mayor parte del llenado VI se da durante la fase de llenado rápido temprano. Al ocurrir una relajación ventricular no uniforme (más rápida a nivel apical), se produce un efecto de succión que dirige el flujo de la base hacia el ápex y aumenta la presión del VI, lo que desacelera el flujo mitral. (Popescu y Beladan, 2021)

A su vez, en personas con alteración en la relajación y distensibilidad del VI, el llenado ventricular se da en mayor grado en la fase de llenado tardío, aumentando a valores de aproximadamente 40% la contribución de la contracción atrial al gasto cardíaco. (Popescu y Beladan, 2021)

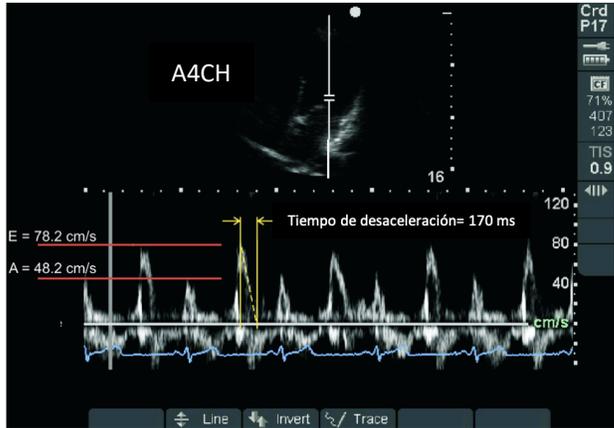
El estudio Doppler del flujo transmitral permite precisamente evaluar el patrón de llenado diastólico. Al obtener la vista A4CH en modo de Doppler pulsado, se coloca un volumen de muestra de 2-3 mm entre las puntas de la válvula mitral, de tal forma que el flujo transmitral se graficará a lo largo del tiempo como una onda inicial E (correspondiente al llenado rápido del VI) y una segunda onda A, de llenado tardío. (Popescu y Beladan, 2021)

La velocidad de la onda E, refleja el gradiente de presión entre el AI y el VI durante la diástole temprana y es afectada por alteraciones en la relajación del VI y en la presión del AI. La velocidad de la onda A evidencia el gradiente de presión entre el AI y el VI, pero en la fase diastólica tardía, en la cual influye la compliance y la función contráctil del VI. (Popescu y Beladan, 2021)

El tiempo de desaceleración es el intervalo de tiempo entre el pico de la onda E y el descenso a la línea base. Representa la duración para la ecualización de las presiones entre el AI y VI y se encuentra acortado cuando hay una compliance disminuida del VI o una presión aumentada a nivel de AI. (Popescu y Beladan, 2021)

### Figura 35

*Flujo Transmitral con Doppler Pulsado, en Paciente Embarazada Sana, con Relación E/A y Tiempo de Desaceleración Normal*

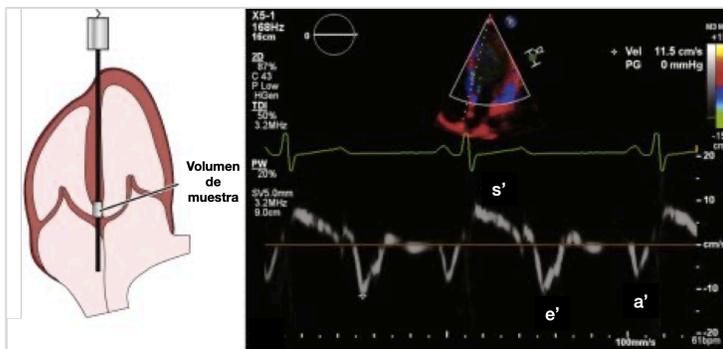


Adaptado de Dennis (2011).

Por otra parte, el Doppler tisular puede ser empleado para examinar la excursión del anillo mitral, el cual se dirige hacia el ápex durante la sístole y se aleja durante la diástole. Esta medición se realiza con la vista A4CH, con el volumen de muestra colocado a nivel septal (1cm debajo del anillo mitral). Como el anillo mitral se aleja del transductor durante la diástole, las velocidades de las ondas e' y a' (ondas e y a septales) son negativas. Con una función diastólica normal, usualmente la velocidad de la onda e' es mayor a 8 cm/s.

### Figura 36

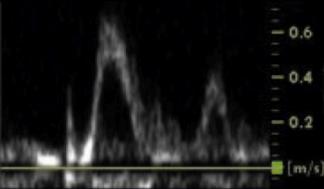
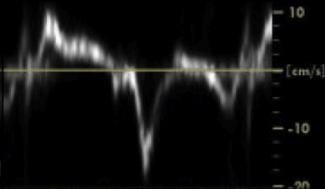
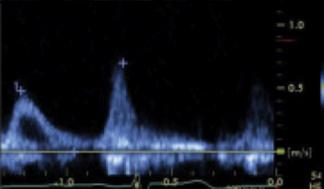
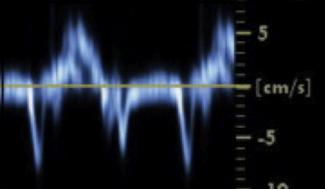
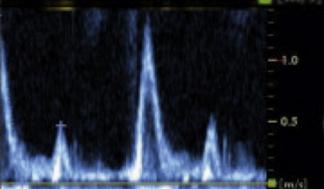
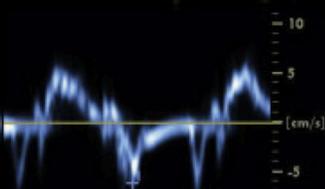
*Doppler Tisular del Anillo Mitral Septal*



*Nota.* Se observa la velocidad pico durante la sístole (onda s') y dos ondas retrógradas diastólicas (e' y a'). Reproducido de Popescu y Beladan, (2021).

**Figura 37**

*Grados de Disfunción Diastólica Según Hallazgos del US Doppler*

	DOPPLER PULSADO DEL FLUJO TRANSMITRAL	DOPPLER TISULAR DEL ANILLO MITRAL	PERLAS
<b>Normal</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>E/A &gt;0.8</li> <li>e' &gt;8 cm/s</li> <li>E/e' &lt;8</li> <li>Tiempo de desaceleración normal</li> </ul>
<b>Disfunción diastólica grado I</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>E/A &lt;0.8 por alteración de la relajación</li> <li>e' &lt;8 cm/s</li> <li>E/e' &lt;8</li> <li>Tiempo de desaceleración aumentado</li> </ul>
<b>Disfunción diastólica grado II</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>E/A &gt;1 por aumento en la presión del AI</li> <li>e' &lt;8 cm/s</li> <li>E/e' 8-15</li> </ul>
<b>Disfunción diastólica grado III</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>E/A &gt;1.5-2 por alteración de la compliance y altas presiones de llenado del VI</li> <li>e' muy reducida por baja velocidad de relajación del VI</li> <li>Tiempo de desaceleración &lt;140 ms</li> <li>A y a' reducidas por disfunción del AI</li> <li>E/e' &gt;15</li> </ul>

Adaptado de Mitter et al., (2017).

*Valoración Cuantitativa de la Función Sistólica Empleadas en el Protocolo ROSE*

En el protocolo ROSE, se realizan mediciones como la fracción de acortamiento, cambio de área fraccional del VI y la IVT en el TSVI, para la estimación cuantitativa de la función sistólica del VI.

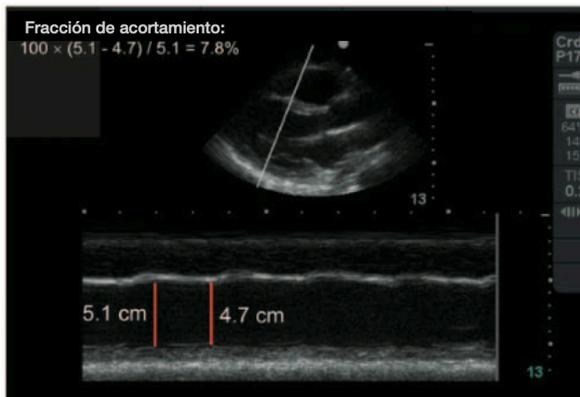
Para el cálculo de la fracción de acortamiento, se obtiene una vista PLAX o una vista PSAX a nivel medioventricular y en modo M se realiza la medición del diámetro del VI al final de la diástole (DFDVI) y al final de la sístole (DFSVI). La fracción de acortamiento

está dada por la fórmula:  $100 \times (\text{DFDVI} - \text{DFSVI}) / \text{DFDVI}$ . Su rango normal es de 28-44%. (Dennis, 2011).

Si en la fórmula anterior se sustituye los diámetros por los valores de las áreas, se obtiene el cambio de área fraccional ( $100 \times (\text{AFDVI} - \text{AFSVI}) / \text{AFDVI}$ ), otra de las mediciones para estimar gasto cardiaco.

### Figura 38

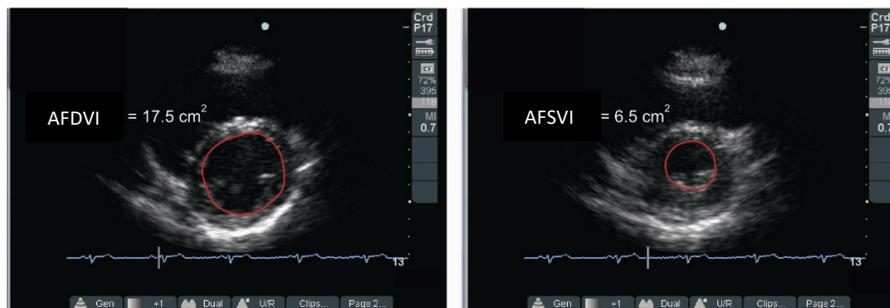
*Fracción de Acortamiento en Paciente Obstétrica Hipotensa, con Vista PLAX*



Reproducido de Dennis (2011).

### Figura 39

*Vista PSAX y Cálculo del Cambio de Área Fraccional en Paciente Obstétrica Sana*



Adaptado de Dennis (2011).

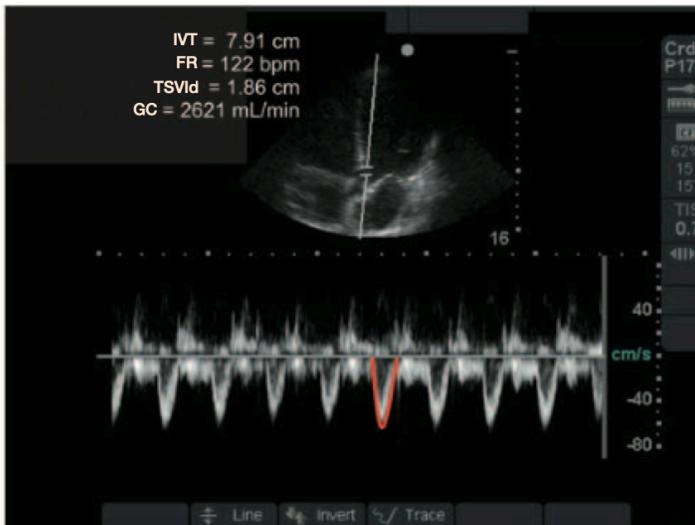
A su vez, para comprender el concepto de la medición de la integral velocidad tiempo a nivel del TSVI para el cálculo del gasto cardiaco, se debe considerar que el flujo a través de una estructura tubular es el producto de la velocidad y el área de sección transversal, cuando el flujo es constante. Como el flujo sanguíneo es pulsátil y no constante, se realiza la medición de la integral velocidad en función del tiempo. (Miller y Mandeville, 2016)

Al realizar un trazo alrededor del contorno de la onda de Doppler pulsado tomado en el TSVI en sístole, se obtiene la IVT. Multiplicando este valor con el diámetro del TSVI, se puede estimar el gasto cardiaco mediante la siguiente fórmula:

$$GC: (TSVI_d/2)^2 \times \pi \times IVT \times FC$$

#### Figura 40

*Cálculo del Gasto Cardiaco de una Paciente Obstétrica Hipotensa, Mediante la Medición de la Integral Velocidad Tiempo por Doppler Pulsado a Nivel del TSVI, en una Vista A5CH*



Reproducido de Dennis (2011).

Una vez contemplados los conceptos básicos de la valoración cuantitativa de función diastólica y sistólica empleados en el protocolo ROSE, el siguiente apartado pretende integrar tales conceptos para la diferenciación de los tipos de shock y el manejo de la fluidoterapia en paciente obstétrica.

### 4.3 Diferenciación de tipos de shock por hallazgos ecocardiográficos

La hipotensión que se presenta durante el periodo perioperatorio en la paciente obstétrica, puede deberse a varios mecanismos hemodinámicos, alguno de ellos con implicaciones directas en la morbilidad materna y fetal.

Dennis et al., (2012) describen una serie de diagnósticos diferenciales en la hipotensión de instauración aguda en el periodo postparto empleando el protocolo ROSE (ver tabla 4). Es importante notar que la técnica de este protocolo no emplea el ultrasonido pulmonar, abdominal ni venoso de miembros inferiores para la diferenciación de los distintas causas de shock en paciente obstétrica, los cuales podrían evidenciar hallazgos de gran valor diagnóstico y terapéutico.

**Tabla 4**

*Diagnóstico Diferencial de la Hipotensión en el Postparto Empleando el Protocolo ROSE*

	Hemorragia	Infarto de miocardio	Falla cardiaca	Sepsis (Sin depresión miocárdica)	Embolia pulmonar
Clínica	Hipotensión Taquicardia Diaforesis Evidencia de sangrado	Hipotensión Dolor torácico Cambios isquémicos en EKG Arritmias	Hipotensión Taquicardia Taquipnea	Hipotensión Fiebre Taquicardia	Hipotensión Dolor pleurítico Taquipnea Cambios en el EKG
DFDVI	Disminuido (<3 cm)	Normal (3- 5.6 cm)	Dilatado (>5.6 cm)	Normal (3- 5.6 cm)	DFDVD
Fracción de acortamiento	Normal o aumentado (>28%)	Disminuido (<28%) Trastorno de motilidad	Disminuido (<28%)	Aumentado (>44%)	Función sistólica del VD disminuida
Volumen ventricular	Volumen de VD y VI disminuidos	Volumen de VD y VI normales	Volumen de VD y VI normales	Volumen de VD y VI normales	Tamaño del VD > VI
Contractilidad	Normal o aumentada	Disminuida Trastorno de motilidad segmentaria	Disminuida	Aumentada	Función del VD normal, aumentada o reducida
Hallazgos al US Doppler	Gasto cardiaco disminuido	Gasto cardiaco normal o disminuido	Gasto cardiaco disminuido	Gasto cardiaco normal o disminuido	Insuficiencia tricuspidéa moderada a severa
Causa hemodinámica de hipotensión	Precarga disminuida	Contractilidad reducida Arritmias	Contractilidad reducida	Vasodilatación	Fallo ventricular derecho

Adaptado de Dennis et al., (2012).

Causa		Vista ultrasonográfica	Hallazgos en el ultrasonido
<b>Shock obstructivo</b>	Taponamiento cardiaco	Subcostal 4 cámaras	Derrame pericárdico Compresión de cámaras derechas Movimiento de bamboleo del corazón en el saco pericárdico
	Neumotórax a tensión	US pulmonar (examen anterior)	Ausencia de deslizamiento pleural Punto pulmonar
	Embolia pulmonar	PSAX o A4CH	Movimiento paradójico septal Dilatación del VD
		US venoso de miembro inferior (femoral y poplíteo)	Trombo o ausencia de compresión venosa
<b>Shock hipovolémico</b>		PSAX	Obliteración sistólica del VI
		A5CH con Doppler pulsado	IVT en TSVI bajo, GC bajo
		Subcostal VCI	Colapso de la VCI >40%
		US abdominal	Líquido intraperitoneal fuera del saco de Douglas
<b>Shock distributivo</b>		PSAX	Obliteración sistólica del VI
		A5CH con Doppler pulsado	IVT en TSVI y GC normales o elevados
		Subcostal VCI	Colapso de la VCI >40%
<b>Shock cardiogénico</b>		A4CH	Función sistólica VI global alterada
		A5CH con Doppler pulsado	IVT en TSVI bajo, GC bajo
		PSAX	Función sistólica global o segmentaria del VI alterada

Adaptado de Zielekiewicz et al., (2018).

### *Shock obstructivo*

La causa más común de shock obstructivo es la embolia pulmonar, la cual se puede presentar en cualquier etapa del embarazo o en el periodo postparto. Otras causas menos comunes en la paciente obstétrica son el neumotórax a tensión y el taponamiento cardiaco. (Zieleskiewicz et. al, 2018)

Respecto a la embolia pulmonar, los hallazgos por ultrasonido correspondientes son: dilatación ventricular derecha, aquinesia o hipoquinesia de la pared libre del ventrículo derecho con motilidad conservada del ápex (signo de McConnell), aplanamiento del septo interventricular o abombamiento del septo hacia el ventrículo izquierdo (forma de D), TAPSE (excursión sistólica del plano anular tricuspídeo) menor a 16 mm, ventrículo izquierdo hiperdinámico, regurgitación tricuspídea y en ocasiones, una imagen de trombo intracavitario. (Fátima et al., 2021)

Si existe sospecha clínica y hallazgos por US compatibles con embolia pulmonar, debe realizarse una evaluación de miembros inferiores para descartar una trombosis venosa profunda. Se lleva a cabo una compresión bilateral de las venas femorales (distal al ligamento inguinal) y poplíteas, con el transductor lineal en plano transverso. Se debe sospechar TVP cuando no se obliteren las paredes del vaso al realizar la compresión. (Fátima et al., 2021)

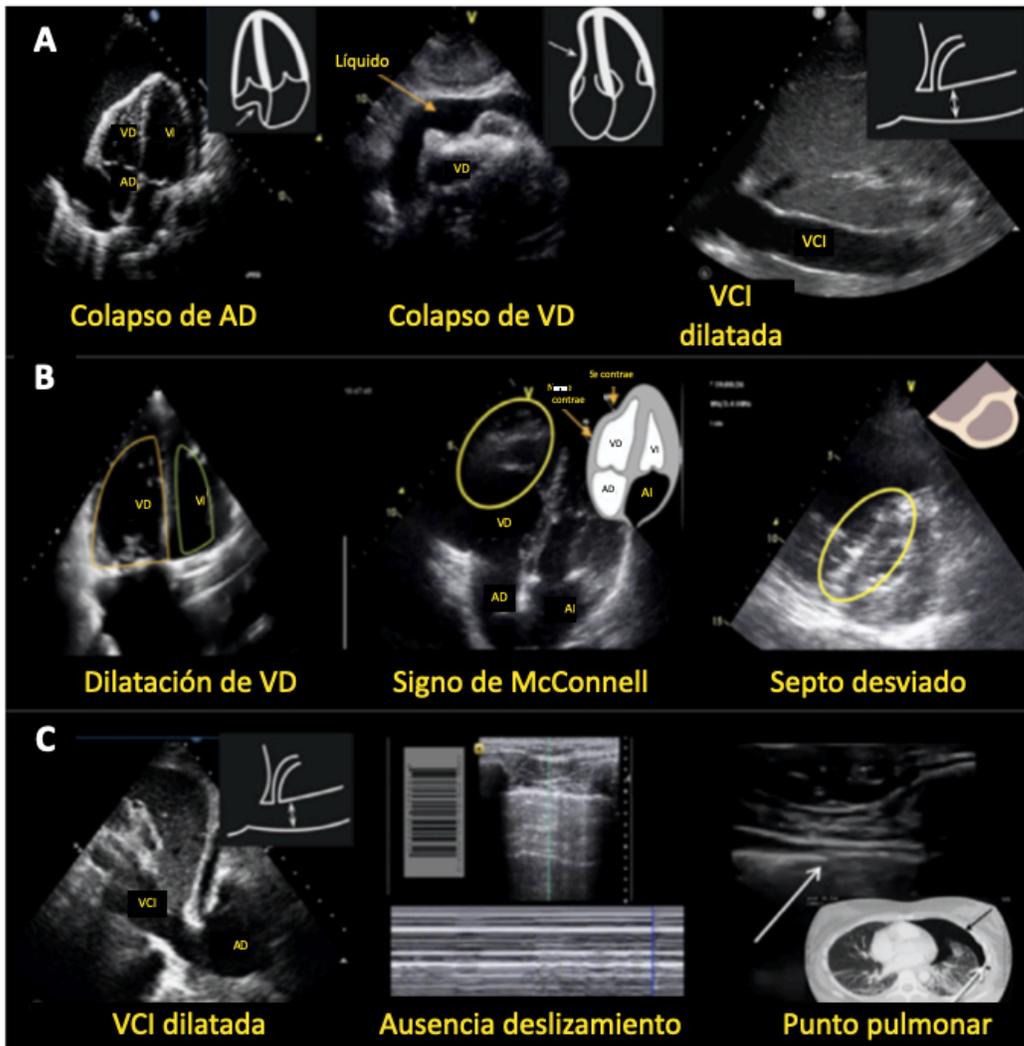
La asociación de datos sugestivos de falla ventricular derecha aguda y la presencia de TVP, posee un 100% de especificidad para embolia pulmonar. (Zieleskiewicz et. al, 2018)

Con respecto al taponamiento cardiaco, se puede observar un colapso sistólico del atrio derecho, colapso diastólico del ventrículo derecho, la desviación del septo interventricular, líquido en el espacio pericárdico y una VCI dilatada. (Fátima et. al, 2021)

En el neumotórax a tensión, se presenta dilatación de la VCI, un VI hiperdinámico y en el ultrasonido pulmonar se valora la ausencia de deslizamiento pulmonar y del pulso pulmonar, ausencia de líneas B, líneas A presentes y el hallazgo del punto pulmonar. (Fátima et. al, 2021)

## Figura 41

### *Hallazgos Ultrasonográficos en Patologías Asociadas a Shock Obstructivo*



*Nota.* A) Taponamiento Cardíaco, B) Embolia Pulmonar, C) Neumotórax a Tensión  
Adaptado de Fátima et al., (2021).

### *Shock Cardiogénico*

Alteraciones como la cardiomiopatía periparto, fallo cardíaco relacionado a preeclampsia severa o el infarto de miocardio, pueden producir en la paciente embarazada un shock cardiogénico. (Zieleskiewicz et. al, 2018)

La función ventricular puede ser evaluada mediante una estimación visual semicuantitativa con la vista A4CH o PSAX. Además, se debe incluir un estudio cualitativo de la forma y tamaño de ambos ventrículos.

La estimación visual de la función sistólica del VI se puede clasificar en normal (FEVI >55%) o en disfunción leve (FEVI del 41 al 55%), moderada (FEVI del 31 al 40%) o severa (FEVI <30%). Esta estimación es comparable a la realizada mediante métodos cuantitativos por ultrasonografía completa comprensiva.

Como se describió en el capítulo IV, la valoración cualitativa de la función del VI se basa en el examen del engrosamiento miocárdico y en el movimiento de la punta de la valva mitral anterior hacia el septo IV. (Fátima et al., 2021)

### *Shock Hipovolémico y Distributivo*

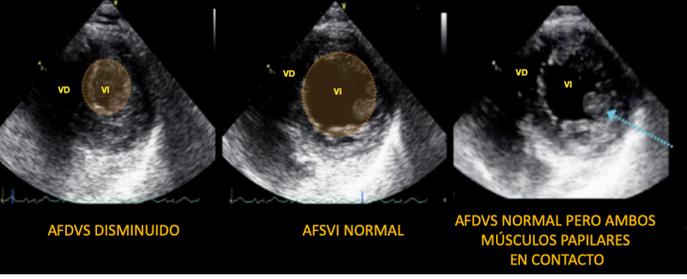
El shock hipovolémico se debe, en la mayoría de las pacientes obstétricas, a sangrado evidente. En casos donde el shock es secundario a una hemorragia oculta materna, el POCUS puede ser de gran ayuda para realizar el diagnóstico.

A su vez, la obliteración de las paredes del VI es un signo sensible para hipovolemia y está asociado a un volumen muy bajo de llenado del VI. El gasto cardíaco y la IVT en TSVI usualmente son bajos por una disminución en la precarga y un aumento en la poscarga. (Zieleskiewicz et. al, 2018)

El shock distributivo presenta hallazgos similares en el ultrasonido al shock hipovolémico; sin embargo, la disminución en la poscarga por vasodilatación produce un aumento de la IVT en TSVI y del gasto cardíaco, lo cual puede ayudar a distinguir entre estas dos causas de deterioro hemodinámico. (Zieleskiewicz et. al, 2018)

**Figura 42**

*Hallazgos Ultrasonográficos de Hipovolemia y Shock Distributivo por Sepsis*

Causa	Puntos clave	Vistas
<b>Hipovolemia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AFDVI y AFSVI disminuidas</li> <li>• Obliteración de paredes del VI</li> <li>• VCI menor a 2 cm</li> <li>• Colapso inspiratorio &gt;50%</li> </ul>	 <p>AFDVS DISMINUIDO      AFSVI DISMINUIDO      VCI &lt;2 CM</p>
<b>Sepsis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temprano: AFDVI normal y AFSVI disminuida</li> <li>• Tardío: AFDVI y AFSVI disminuidas</li> <li>• Obliteración de paredes del VI</li> <li>• Ventriculos hiperdinámicos</li> </ul>	 <p>AFDVS DISMINUIDO      AFSVI NORMAL      AFDVS NORMAL PERO AMBOS MÚSCULOS PAPILARES EN CONTACTO</p>

Adaptado de Fátima et al., (2021).

*Definición de Respuesta a Fluidos*

La resucitación en el contexto transoperatorio tiene como finalidad asegurar una adecuada entrega de oxígeno y con esto evitar disfunción de órganos.

La entrega de oxígeno ( $DO_2$ ) está directamente relacionada con el contenido arterial de oxígeno ( $CaO_2$ ) y el gasto cardiaco, que a su vez depende del volumen sistólico y la frecuencia cardiaca.

$$DO_2 = CaO_2 \times GC$$

$$GC = VS \times FC$$

A su vez, el volumen sistólico es dependiente de la precarga, la contractilidad y la poscarga.

Mediante la ley de Frank Starling, se espera que al aumentar el retorno venoso se presente un aumento en la fuerza de contracción del músculo cardiaco y con esto un aumento del volumen sistólico, lo cual definiría a un paciente como respondedor a volumen, lo cual es descrito generalmente como un incremento del volumen sistólico  $>15\%$  después de la administración de 500 ml de fluidos. Sin embargo, a un cierto punto se presentarán cambios mínimos en el volumen sistólico al aumentar la precarga, lo cual confiere el riesgo de sobrecarga de volumen si no se limita la administración de fluidos en un paciente no respondedor a volumen. (Miller y Mandeville, 2016)

*Predicción de Respuesta a Fluidos*

El ultrasonido tiene la ventaja de no precisar de elementos invasivos, como la línea arterial, para valorar parámetros estáticos y dinámicos respecto a la respuesta a fluidos. Algunos de estos son:

a) Tamaño del VI:

Un VI hiperdinámico, con un área al final de la diástole menor a  $10 \text{ cm}^2$  en la vista paraesternal eje corto o una aposición de los músculos papilares, son signos que indican hipovolemia; sin embargo, el aumento de la precarga no necesariamente aumenta el volumen sistólico, por lo tanto el tamaño del VI es un predictor pobre de la respuesta a fluidos. (Miller y Mandeville, 2016)

b) Presión del VI al final de la diástole:

Mediante la valoración del flujo transmitral se puede valorar la presencia de un patrón restrictivo, asociado a presiones diastólicas elevadas del VI. En estos casos, el rango de llenado ventricular óptimo es estrecho, y puede generarse sobrecarga de fluidos y edema pulmonar con mayor facilidad. (Miller y Mandeville, 2016)

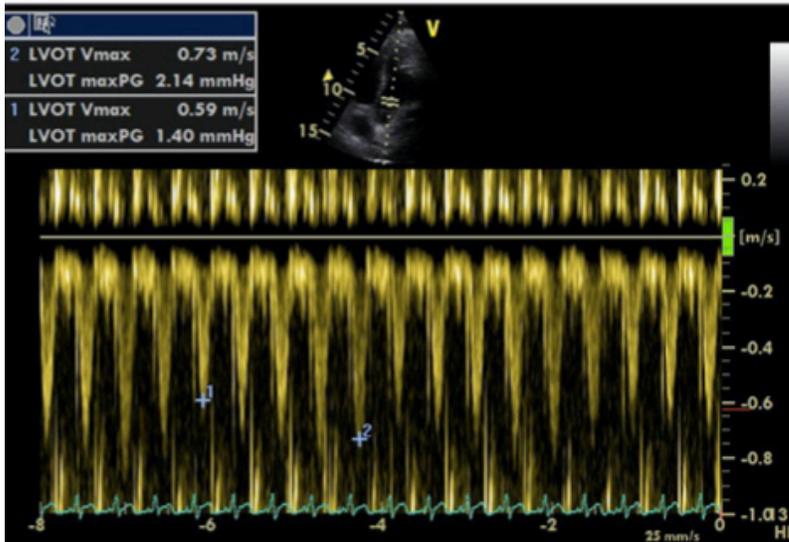
c) Variabilidad del volumen sistólico:

Al observar el flujo aórtico con Doppler pulsado (con una velocidad de barrido adecuada durante varios ciclos respiratorios), se realiza el trazado de la IVT más pequeña y la más grande. Con esto se puede calcular el porcentaje de cambio del VS. Una variabilidad del volumen sistólico  $>12\%$  predice respuesta a fluidos, alcanzando un alto valor predictivo positivo cuando el porcentaje aumenta a  $14\%$  y un alto valor predictivo negativo cuando el valor es menor a  $10\%$ .

Ciertas condiciones deben presentarse para que estas mediciones sean válidas: ritmo sinusal, integridad de caja torácica, presión intraabdominal normal, y volúmenes tidales de  $8 \text{ mL/kg}$  en caso de ventilación mecánica. (Miller y Mandeville, 2016)

### Figura 43

*Cálculo de la Variabilidad del Volumen Sistólico Mediante la Medición de la IVT TSVI con Doppler Pulsado, Durante Varios Ciclos Respiratorios*



Reproducido de Miller y Mandeville, (2016).

#### *Después de un Reto con Fluidos*

Un reto con fluidos se define como la administración rápida de 250 a 500 ml de líquidos intravenosos, sin embargo, se ha demostrado que el uso de 100 ml predice de forma precisa la variabilidad en la IVT a nivel del TSVI. La medida de la IVT debe realizarse inmediatamente antes y después de la administración del fluido, idealmente al final de la espiración y no es necesario realizar la medición del diámetro del TSVI.

Debe considerarse que el incremento significativo del VS no siempre se verá reflejado en cambios de presión arterial, a pesar de haber mejoría en el flujo sanguíneo y en la entrega de oxígeno. (Miller y Mandeville, 2016)

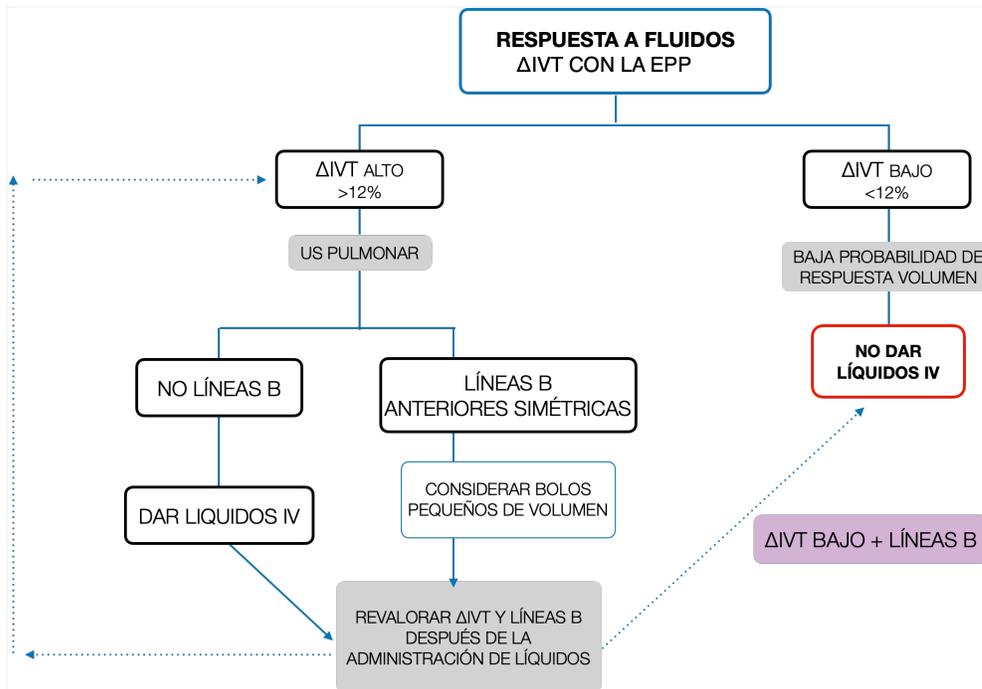
#### *Tolerancia a Fluidos*

La administración de fluidos debe detenerse cuando no hay un aumento significativo de la IVT en TSVI. Presentar una respuesta a fluidos no significa necesariamente que la



**Figura 45**

*Algoritmo para Guiar la Resucitación con Fluidos en Paciente Obstétrica*



Adaptado de Zieleskiewicz et al., (2018).

Se ha descrito el uso del ultrasonido para predecir hipotensión posterior a la administración de anestesia neuroaxial en cesárea electiva. En un estudio se evaluó el  $\Delta$ IVT posterior a la EPP como indicador de predicción de hipotensión relacionado a la anestesia espinal. Un 90% de las mujeres del estudio con un  $\Delta$ IVT  $\leq 8\%$  no presentaron hipotensión, mientras que el 90% de las pacientes que presentaron  $\Delta$ IVT  $\geq 21\%$  manifestaron hipotensión posterior a la anestesia neuroaxial. El estudio concluye que este parámetro puede ser empleado para identificar de forma previa aquellas mujeres con mayor probabilidad de presentar hipotensión durante la anestesia para cesárea. (Zieleskiewicz et al., 2018)

### **6.1 Valoración Ultrasonográfica de las Principales Causas de Deterioro Ventilatorio en la Paciente Obstétrica**

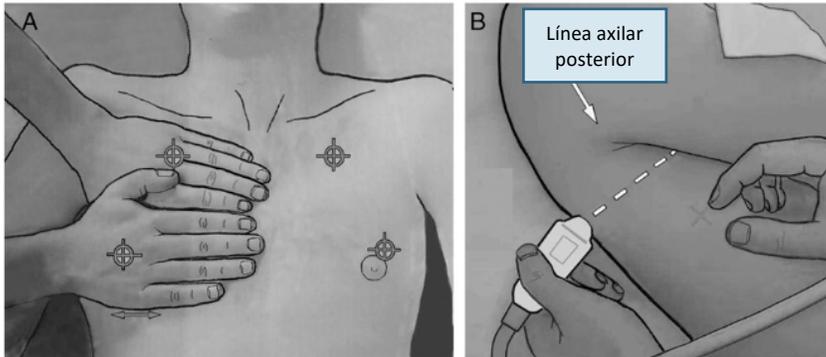
El US pulmonar se ha establecido como una herramienta de gran valor para el diagnóstico de falla ventilatoria aguda. Se han empleado una serie de protocolos para la valoración ultrasonográfica pulmonar en la población adulta en distintos escenarios. Por ejemplo, el protocolo BLUE (*Bedside Lung Ultrasound in Emergency*) integra hallazgos del US vascular y pulmonar para el diagnóstico de entidades específicas como la neumonía, edema pulmonar, embolia pulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, exacerbación asmática y neumotórax, entidades que constituyen la etiología del 97% de los casos con síntomas agudos respiratorios, lográndose identificar la causa de deterioro ventilatorio hasta en el 90.5 % de los casos. (Sundaram et al., 2020)

Por otro lado, el uso del US pulmonar en la población obstétrica no ha sido protocolizado, pero los patrones ultrasonográficos pulmonares de pacientes adultos pueden ser aplicados a las pacientes obstétricas. (Sundaram et al., 2020)

Respecto a la exploración estandarizada del protocolo BLUE, se realiza la evaluación de tres regiones en cada hemitórax: dos puntos anteriores (superior e inferior) y uno posterolateral. Se colocan ambas manos del examinador inferior a la clavícula, de tal forma que el quinto dedo de una mano se encuentre inferior a la clavícula, los pulpejos a nivel de línea media y la mano inferior adyacente a la superior, excluyendo los pulgares. El punto BLUE superior se encuentra a un nivel correspondiente a la mitad de la mano superior y el punto BLUE inferior en el centro de la mano inferior. El punto posterolateral o PLAPS se encuentra en la intersección de la línea axilar posterior y el punto BLUE inferior. (Lichtenstein, 2015)

## Figura 46

### *Puntos de Referencia Contemplados en el Protocolo Blue*



*Nota.* A) Puntos BLUE superior e inferior, B) Punto PLAPS. Reproducido de Lichtenstein (2015).

De este modo, la evaluación de los seis puntos BLUE permite llevar a cabo un análisis sistemático para descartar las principales causas de deterioro ventilatorio. El primer paso consiste en visualizar la línea pleural y definir la presencia o ausencia del deslizamiento pulmonar. Posterior a esto, se caracteriza el perfil ultrasonográfico pulmonar existente:

- Perfil A: Presencia de deslizamiento pulmonar + líneas A en tórax anterior
- Perfil A': Ausencia de deslizamiento pulmonar + líneas A en región anterior
- Perfil B: Deslizamiento pulmonar y presencia de “cohetes” en los 4 puntos BLUE anteriores
- Perfil B': Ausencia de deslizamiento pulmonar y presencia de “cohetes” a nivel anterior
- Perfil A/B: Perfil B predominante en un pulmón y perfil A predominante en el otro pulmón
- Perfil C: Signo consolidativo anterior con o sin deslizamiento pulmonar. (Sundaram et al., 2020)

### *Deslizamiento Pulmonar Presente*

Si el examinador encuentra un perfil A, el siguiente punto es realizar un escaneo a nivel de los vasos femorales y poplíteos para descartar una TVP, con una embolia pulmonar

asociada. Seguidamente, se inspecciona el punto PLAPS, para valorar si existen signos de consolidación pulmonar no translobar (signo del fractal) o translobar (signo de hepatización). La ausencia de hallazgos en el perfil A, sin presencia de TVP ni signos patológicos en el punto PLAPS, sugiere un deterioro ventilatorio por trastornos como el asma o EPOC. (Lichtenstein , 2015)

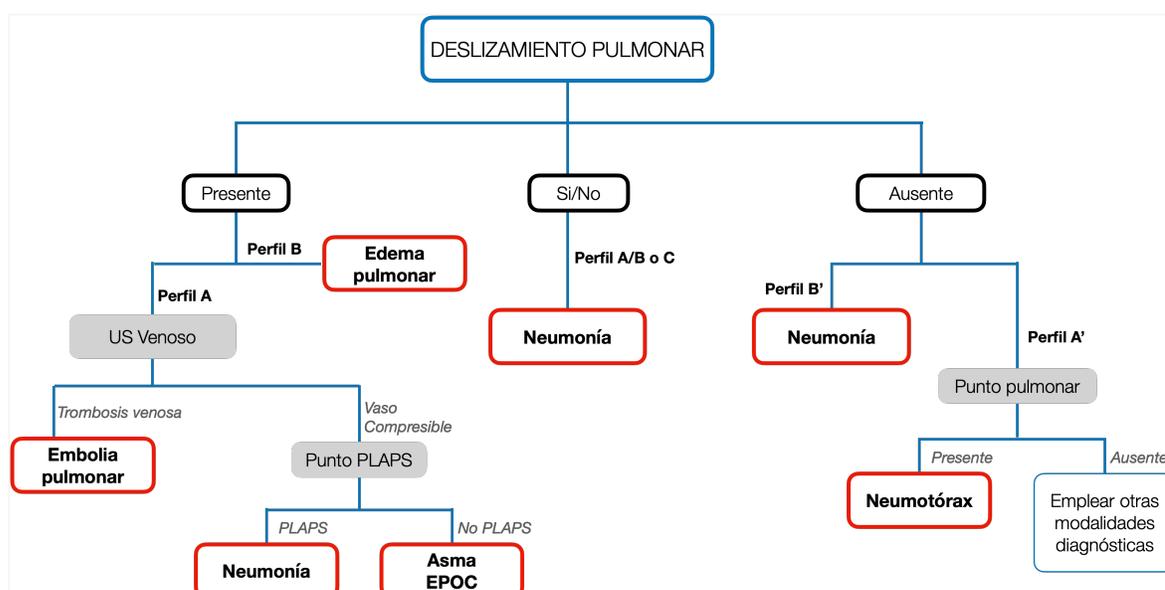
En el caso del perfil B, este presenta una alta sensibilidad y especificidad para síndrome intersticial. La distancia anatómica de los septos interlobulares es de aproximadamente 6 a 7 milímetros, por lo tanto, los artefactos de “cohetes” con separación entre ellos de 7 mm indica engrosamiento de los septos por edema intersticial y una distancia menor a 3 milímetros indica afectación alveolar. (Lichtenstein , 2015)

### *Deslizamiento Pulmonar Ausente*

En ausencia del deslizamiento pulmonar, verificado en modo M con el signo de la estratósfera, se procede a explorar si hay evidencia del punto pulmonar. Este signo posee una especificidad del 100% y una sensibilidad del 88% para neumotórax. (Lichtenstein, 2015)

**Figura 47**

*Algoritmo del Protocolo BLUE*



Adaptado de Sundaram et al., (2020).

**Tabla 6**

*Sensibilidad y Especificidad para Diagnósticos Específicos de Cada Perfil Propuesto en el Protocolo BLUE*

Perfil		Diagnóstico sugestivo	Sensibilidad	Especificidad
A	+ evidencia de TVP	Embolia pulmonar	81%	99%
	+ punto PLAPS	Neumonía	42%	96%
	Sin evidencia de TVP Sin hallazgos en punto PLAPS	Asma o EPOC	89%	97%
A'	+ Punto pulmonar	Neumotórax	88%	100%
B		Edema pulmonar	97%	95%
B'		Neumonía	11%	100%
A/B		Neumonía		
C		Neumonía	21.5%	99%

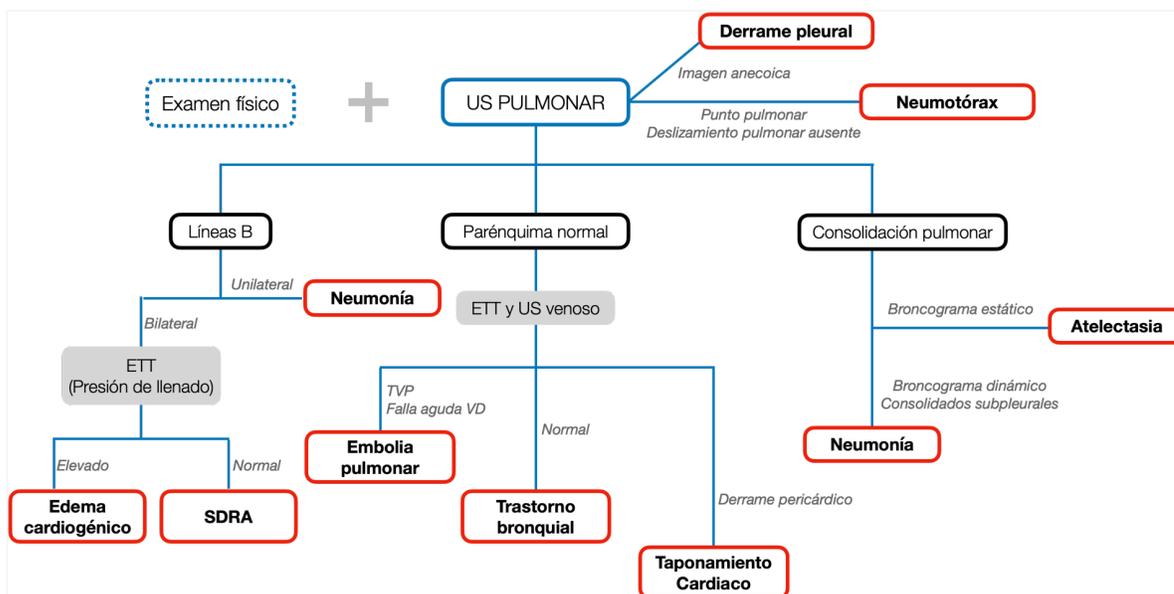
Adaptado de Sundaram et al., (2020).

A pesar de la carencia de guías estandarizadas para el uso del POCUS pulmonar en la población obstétrica con deterioro ventilatorio, los aspecto anteriormente expuestos sobre el examen pulmonar básico mediante el ultrasonido, pueden ser extrapolados a las pacientes embarazadas. En estas, las causas más comunes de deterioro ventilatorio son: edema pulmonar (cardiogénico y no cardiogénico), neumonía, embolia pulmonar y exacerbación asmática. (Zieleskiewicz et al., 2018)

El uso del US pulmonar disminuye significativamente el tiempo de realización de un diagnóstico correcto y de implementación de un adecuado tratamiento. Zieleskiewicz et al., (2018) proponen un algoritmo para el planteamiento de diagnósticos diferenciales en el caso de una paciente embarazada con falla ventilatoria aguda, en donde se integran los signos básicos del US pulmonar con hallazgos del ETT y el US venoso. (ver figura 48)

**Figura 48**

*Algoritmo para el Diagnóstico Diferencial con POCUS de la Falla Ventilatoria Aguda en Paciente Embarazada*



Adaptado de Zieleskiewicz et al., (2018).

La presencia bilateral de líneas B, adicionado a la evidencia en la ETT de la elevación de presión de llenado del VI, dirige el diagnóstico hacia edema pulmonar de origen cardiogénico, en donde deben ser consideradas tres entidades: cardiomiopatía periparto (dilatación del VI y FEVI disminuida), falla cardiaca hipertensiva (FEVI normal, PFDVI elevada, relación E/e' >9) y estenosis mitral severa. (Blanco y Abdo-Cuza, 2019)

De tal manera, al encontrarse un parénquima pulmonar normal por US, Zieleskiewicz et al. (2018) proponen realizar una evaluación por ETT y US para descartar tres principales diagnósticos diferenciales: la embolia pulmonar, trastornos bronquiales y taponamiento cardiaco.

Los hallazgos ultrasonográficos de la embolia pulmonar consisten en la dilatación del VD, alteración de la función sistólica del VD, eventualmente presencia de un trombo a nivel de cámaras derechas, ocupación del lumen venoso femoral o poplíteo o incapacidad para colapsar las paredes del vaso por medio del US venoso de miembros inferiores y en ocasiones, consolidados subpleurales. (Blanco y Abdo-Cuza, 2019)

Por otra parte, el embolismo de líquido amniótico tiene una presentación ultrasonográfica similar a la embolia pulmonar; sin embargo, se puede diferenciar de esta por la presencia de líneas B asociadas a edema pulmonar no cardiogénico, la ausencia de TVP en el US venoso y en el contexto hiperagudo, la presencia de una masa móvil en cámaras derechas. (Blanco y Abdo-Cuza, 2019)

En relación con el neumotórax, es una condición que no se presenta con frecuencia durante el embarazo, pero se puede desarrollar un neumotórax espontáneo por ruptura de una bula apical en el periodo periparto. Condiciones como la realización repetitiva de maniobras de Valsalva y la ventilación con presión positiva aumentan el riesgo de futuros neumotórax en la embarazada. (Sundaram et al., 2020)

En cuanto a la consolidación alveolar, esta puede ser diagnosticada en el 90% de los casos al evaluar el punto PLAPS y se desarrolla por etiologías como neumonía, atelectasia y ocupación tumoral. Los hallazgos ultrasonográficos correspondientes son el signo de hepatización pulmonar, signo del fractal, broncograma aéreo (dinámico en caso de neumonía, estático en atelectasias y en ocasiones deslizamiento pulmonar abolido. (Sundaram et al., 2020)

Se han realizado múltiples estudios sobre el uso del US pulmonar para la detección de edema pulmonar, específicamente en la población obstétrica con preeclampsia severa, en donde se ha evidenciado su utilidad para valoración inicial y seguimiento del edema pulmonar en estas pacientes. En el siguiente apartado se desarrolla precisamente este punto.

## **6.2 Detección de Edema Pulmonar en Contexto de la Paciente con Preeclampsia Severa**

La preeclampsia es una condición de patogénesis placentaria con manifestaciones predominantemente cardiovasculares, la cual afecta del 2% al 8% de las pacientes embarazadas. Se presenta una activación placentaria generalizada y vasoespasmo, que conduce a hipertensión e hipoperfusión multiorgánica. (Melchiorre et al., 2014)

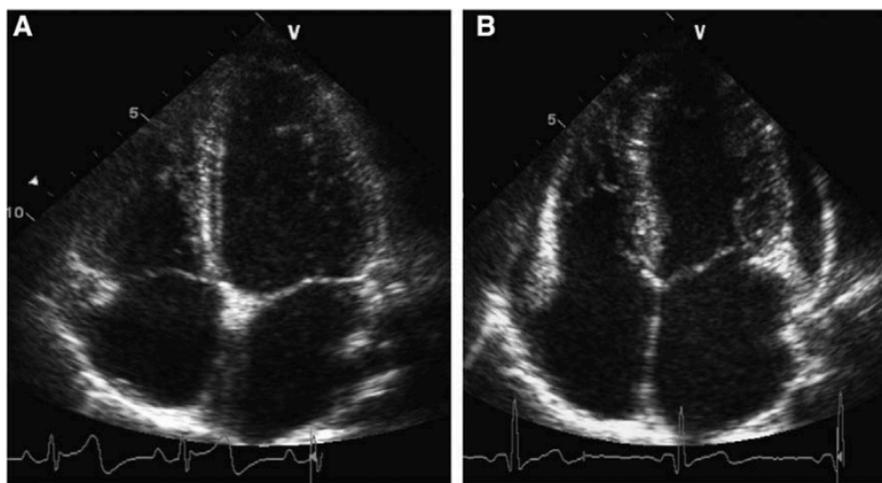
A nivel cardíaco, se presenta un patrón de remodelamiento del VI anormal y asimétrico, como la hipertrofia concéntrica de predominio basal y anteroseptal. Se puede desarrollar disfunción diastólica relacionada con el aumento en la poscarga y el

remodelamiento del VI. Asimismo, se manifiesta con mayor frecuencia derrame pericárdico, en comparación con mujeres embarazadas sanas. (Melchiorre et al., 2014; Dennis et al., 2012)

Aproximadamente la mitad de las mujeres con preeclampsia severa en el pretérmino, presentan una disfunción diastólica aislada del VI con FEVI preservada y el 20% con disfunción sistólica biventricular e hipertrofia severa del VI. (Melchiorre et al., 2014)

### Figura 49

*Vista Apical 4 Cámaras en Paciente Embarazada Sana y Paciente con Preeclampsia*



*Nota.* A) Paciente embarazada sana, B) Paciente con preeclampsia a las 27 semanas de gestación, observándose remodelamiento concéntrico del VI y derrame pericárdico leve. Reproducido de Melchiorre et al., (2014).

En pacientes con preeclampsia severa, pueden ocurrir complicaciones cardiopulmonares hasta en un 6% de los casos, aumentando hasta un 12% en pacientes que desarrollan HELLP.

El riesgo aumentado de eventos adversos mayores cardiovasculares, especialmente infarto de miocardio y evento cerebrovascular, puede mantenerse por un periodo mayor a los tres años postparto. La incidencia de eventos adversos mayores cardiovasculares se describe en 16 por cada 100 000 pacientes/año y se presenta una incidencia 13 veces mayor para infarto de miocardio, 8 veces mayor para falla cardíaca y 14 veces mayor para evento cerebrovascular. (Melchiorre et al., 2014)

El edema pulmonar puede complicar hasta un 0.5% de los embarazos en general y hasta un 9.5% en casos de preeclampsia severa. Según un estudio, en el cual se comparó los patrones en el ultrasonido pulmonar de pacientes embarazadas sanas versus pacientes preeclámpticas, se observaron líneas B con mayor frecuencia en mujeres con preeclampsia severa que presentaban disminución en la saturación de oxígeno, lo cual sugiere la capacidad del ultrasonido pulmonar para detectar agua extravascular pulmonar previo al desarrollo de edema pulmonar. (Patchman et al., 2021)

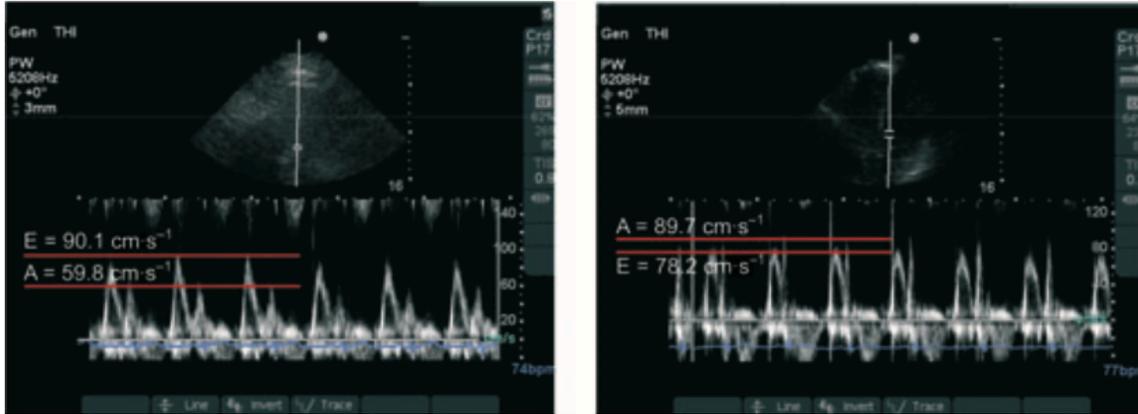
Ciertos cambios fisiológicos que se desarrollan en el embarazo, como el aumento del volumen plasmático, flujo sanguíneo pulmonar, presión hidrostática intratorácica y presión de enclavamiento pulmonar, se suman a alteraciones secundarias a la preeclampsia para aumentar el riesgo de edema pulmonar, como la disminución de la presión oncótica plasmática, disfunción endotelial, hipertensión, presión hidrostática vascular pulmonar aumentada y disfunción diastólica del VI. (Patchman et al., 2021)

Otros factores contribuyentes son la administración de sulfato de magnesio, de betametasona y la hipervolemia iatrogénica. (Patchman et. al, 2017)

Cabe señalar que en un estudio prospectivo realizado por Dennis et al. (2012), se realizó una comparación entre variables hemodinámicas obtenidas por ETT de 40 pacientes sanas embarazadas versus 40 pacientes con preeclampsia no tratada. En comparación con las mujeres sanas embarazadas, las mujeres con preeclampsia no tratada presentaron mayor presión arterial media, gasto cardiaco, volumen sistólico, resistencia vascular sistémica, fracción de acortamiento y cambio de área fraccional, sin cambios en la frecuencia cardiaca. Respecto a la función diastólica evaluada mediante el flujo transmitral y el US Doppler tisular a nivel septal, se observaron patrones anormales como velocidades  $a' > e'$  en el 50% de los casos, velocidades  $e'$  menores a 8 cm/s en el 50% y una relación  $E/e'$  mayor a 8 en el 85%. Además, un 90% de la población con preeclampsia no tratada presentó derrame pericárdico, siendo mayor a 1 cm en el 38% de los casos. En el 43% de las mujeres con preeclampsia no tratada, se evidenció disfunción diastólica grado 1 ó 2. Mediante este estudio concluyeron que las mujeres con preeclampsia no tratada presentan un aumento del gasto cardiaco e inotropismo, una vasoconstricción leve y alteración en la función diastólica. (Dennis et al., 2012)

### Figura 50

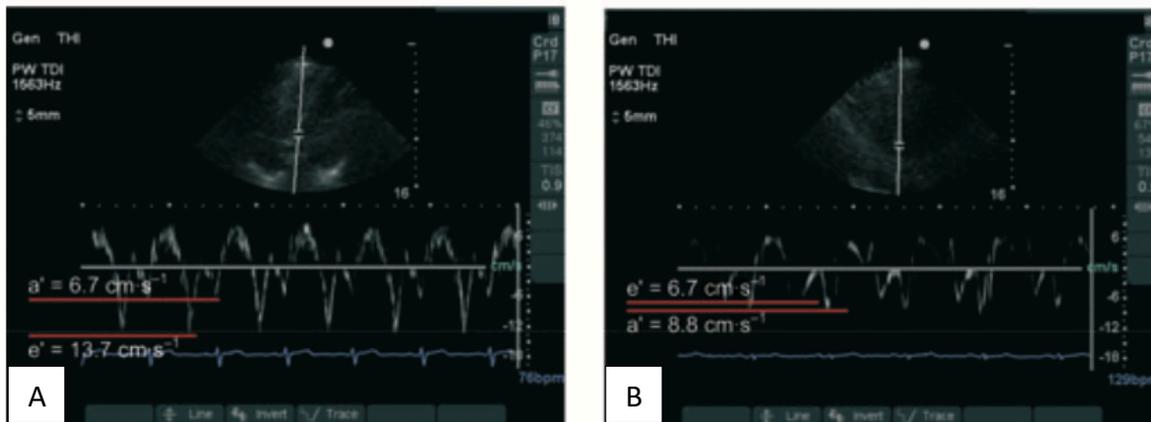
*Doppler Pulsado del Flujo Transmitral en Paciente Embarazada Sana y en Paciente con Preeclampsia no Tratada*



*Nota.* A) Paciente embarazada sana, B) Paciente con preeclampsia no tratada. En la paciente sana, la relación E/A es de 1.5 y en la segunda corresponde a 0.9. Reproducido de Dennis et al., (2012).

### Figura 51

*Doppler Tisular Septal del Anillo Mitral en Paciente Embarazada Sana y en Paciente con Preeclampsia no Tratada*



*Nota.* A) Paciente embarazada sana, B) Paciente con preeclampsia no tratada. En la paciente con preeclampsia no tratada, se presenta una onda e' con menor velocidad, onda a' > e' y relación E/e' mayor. Reproducido de Dennis et al., (2012).

En otro estudio realizado por Dennis y Castro (2014), en una población de 15 mujeres con preeclampsia severa tratada, se evidenció la preservación de la función sistólica y del gasto cardiaco, disfunción diastólica ( $E/e' >15$ ,  $e' < a'$ ) y aumento de la masa ventricular izquierda, sin presentarse un aumento en el diámetro del VI al final de la diástole. El hallazgo de una relación  $E/e' >15$  en el 30% de los sujetos de estudio enfatiza la importancia de la individualización de la fluidoterapia, especialmente en este escenario específico, puesto que la PFDVI elevada en estas pacientes incrementa el riesgo de edema pulmonar al momento de presentarse aumentos en la precarga, poscarga o frecuencia cardiaca. (Dennis y Castro, 2014)

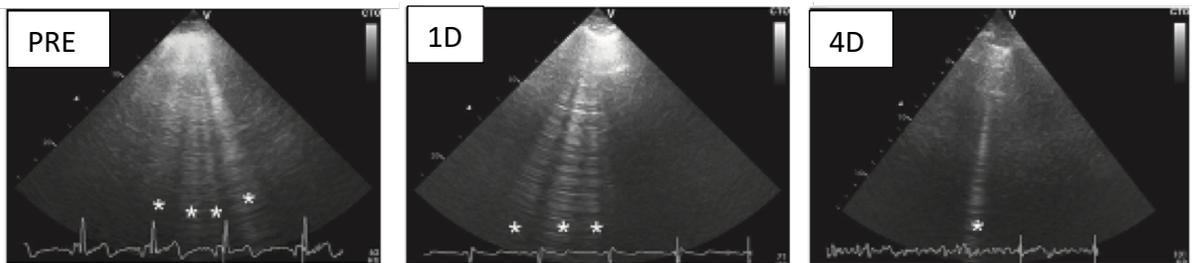
Ambrozic et al. (2017) evaluaron en su estudio a 21 mujeres con preeclampsia severa y 12 pacientes control. Se empleó el ultrasonido pulmonar y el ETT para identificar diferencias en parámetros hemodinámicos entre ambos grupos. El agua extravascular pulmonar se evaluó mediante la objetivización de la cantidad de líneas B con el *Echo Comet Score* (ECS), la función diastólica se estudió al medir la relación  $E/e'$  y la respuesta a fluidos se estimó mediante cambios en el volumen sistólico, calculado por medio de la IVT en el TSVI por Doppler pulsado, en el cual un cambio en el volumen sistólico  $>12\%$  posterior a la elevación pasiva de piernas catalogaba al sujeto de estudio como respondedor a volumen.

El ECS y la relación  $E/e'$  fue significativamente mayor en el grupo de pacientes con preeclampsia severa, específicamente previo al parto y en el primer día postparto, sin presentarse una diferencia estadísticamente significativa a los 4 días postparto (ver figura 52). Un dato interesante es que solamente el 14% de las pacientes con preeclampsia severa presentaban un cambio en el VS  $>12\%$  previo al parto.

El estudio concluye que el ultrasonido pulmonar y cardiaco es útil para evaluar la respuesta a fluidos en pacientes con preeclampsia severa, así como para identificar signos de aumento de agua extravascular pulmonar previo a la presentación de signos clínicos de edema pulmonar, reduciendo de esta manera las complicaciones asociadas a la sobrecarga de fluidos en estos casos. (Ambrozic et al., 2017)

## Figura 52

### *Ultrasonido Pulmonar en una Paciente con Preeclampsia Severa*



*Nota.* US pulmonar A) antes del parto, B) Día 1 postparto, C) Día 4 postparto. Los asteriscos señalan el número de líneas B, mostrándose una disminución progresiva en el agua extravascular pulmonar. Reproducido de Ambrozic et al., (2017).

Zieleskiewicz et al., (2014) llevaron a cabo un estudio de cohorte prospectivo, con un grupo de 20 pacientes embarazadas con preeclampsia severa y un grupo control, en el cual el objetivo primario fue determinar la capacidad de detección de edema pulmonar mediante ultrasonido pulmonar y el objetivo secundario fue establecer la relación entre la presencia de líneas B y una presión elevada del VI al final de la diástole. En el grupo de pacientes con preeclampsia severa, se encontró un patrón B en el 30% de los casos y se observó una correlación lineal entre la relación  $E/e'$  y el ECS, en donde un  $ECS >25$  predijo con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 82% presiones aumentadas del VI al final de la diástole, manifestado con una relación  $E/e' >9.5$ . Asimismo, el 83% de las pacientes que presentaron un patrón B mostraban un  $\Delta VTI$  menor al 12% durante la EPP.

Por último, todos estos estudios enfatizan la importancia de una administración cautelosa de fluidoterapia en la paciente obstétrica con preeclampsia severa, siendo el ultrasonido una herramienta de gran utilidad para realizarlo de forma objetiva y seriada.

## Capítulo VII. Uso del Ultrasonido para la Localización del Espacio Epidural y Espinal

En anestesia obstétrica la correcta y segura colocación del bloqueo neuroaxial es un aspecto fundamental. En algunos casos, como la obesidad, escoliosis y la presencia de edema, la identificación del espacio intervertebral por palpación conlleva un mayor reto y puede ser difícil llevar a cabo. Se han realizado estudios con resonancia magnética, los cuales han mostrado que los anestesiólogos identifican solamente en el 30% de los casos el espacio intervertebral adecuado, con imprecisión de hasta 4 espacios intervertebrales superiores a lo deseado. (Talati et al., 2017)

La ultrasonografía a nivel espinal provee información como el sitio óptimo de punción, espacio intervertebral adecuado, ángulo de inserción de la aguja y profundidad estimada del espacio espinal y epidural. (Talati et al., 2017)

### *Procedimiento*

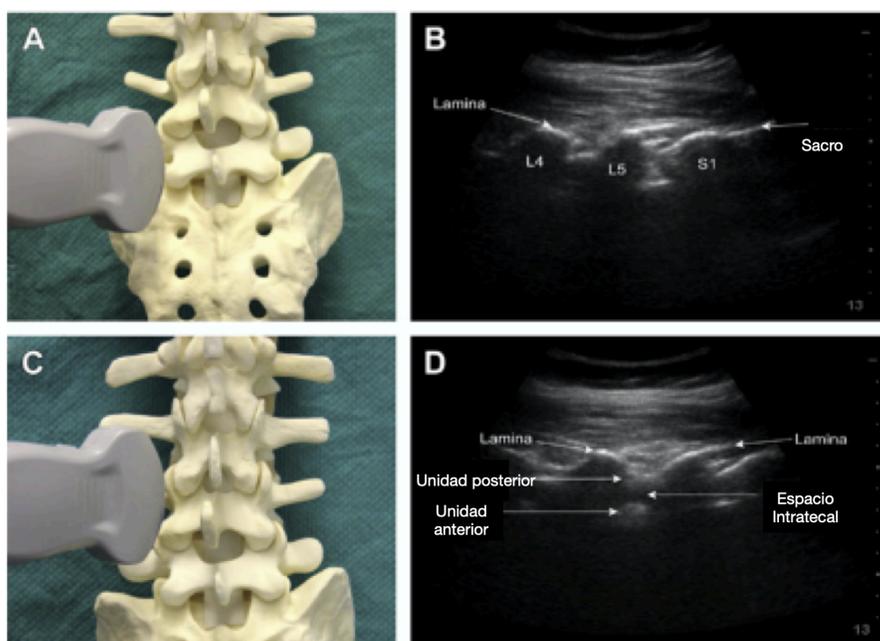
Se realiza con el transductor curvo de baja frecuencia, mediante dos abordajes: paramediano longitudinal y línea media transverso.

- Abordaje paramediano longitudinal:

Se coloca el transductor paralelo al eje longitudinal de la columna, sobre el área sacra, 2-3 cm lateral a la línea media y posteriormente se desplaza hacia medial para visualizar el centro del canal espinal. El sacro se observa como una línea hiperecoica continua. Al desplazar el transductor hacia cefálico, se observa una imagen hiperecoica en forma de sierra: los dientes corresponderían a las láminas vertebrales y entre ellas se encuentran los espacios intervertebrales. Entre cada espacio intervertebral se presenta una unidad posterior (ligamento amarillo y duramadre posterior), el espacio intratecal y una unidad anterior (duramadre anterior, ligamento longitudinal posterior y cuerpo vertebral). (Talati et al., 2017)

## Figura 53

### *Abordaje Paramediano Longitudinal*



*Nota.* A) Colocación del transductor sobre el sacro, B) Visualización del sacro y de una imagen en forma de dientes de sierra, C) Desplazamiento cefálico del transductor, D) Imagen de las láminas de dos vértebras adyacentes y de la unidad anterior, posterior y el espacio intratecal. Reproducido de Talati et al., (2017).

#### - Abordaje de línea media transverso:

Una vez localizado el espacio intervertebral deseado con el abordaje longitudinal, el transductor se coloca de forma transversa, perpendicular al eje longitudinal. Se identifica la línea media al visualizar el proceso espinoso, cuya imagen se continua como una sombra triangular hipoeoica. El transductor se desplaza hacia cefálico o caudal hasta obtener una vista adecuada del espacio intervertebral, que corresponde a un patrón de “signo de murciélago”, en donde se observa la unidad anterior, el espacio intratecal, la unidad posterior y estructuras paramedianas como los procesos transversos. (Talati et al., 2017)

La imagen es pausada y se marca la línea media con un punto en el centro del borde superior del transductor y con un punto en medio de la superficie lateral derecha del transductor. El sitio de punción se determina por la intersección de estas dos líneas. (Talati et al., 2017)

## Figura 54

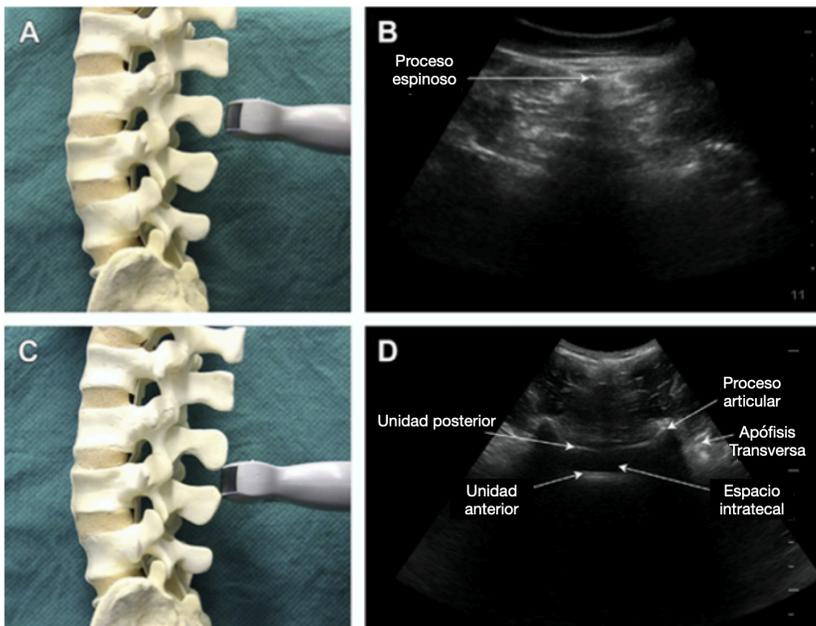
### *Determinación del Punto de Punción Intervertebral*



*Nota.* A) Punto en el centro del borde superior del transductor, B) Punto en el centro del borde lateral derecho del transductor, C) Intersección de los dos puntos anteriores. Reproducido de Talati et al., (2017).

## Figura 55

### *Abordaje de Línea Media Transversa*



*Nota.* A) Colocación del transductor en la apófisis espinosa lumbar B) Imagen de la apófisis espinosa en el US, C) Transductor colocado en el espacio intervertebral, D) Visualización del espacio intratecal, la unidad posterior y anterior. Reproducido de Talati et al., (2017).

En varios estudios se concluyó que el uso del ultrasonido no tuvo una diferencia estadísticamente significativa en la tasa de éxito de la anestesia espinal, en el número de intentos ni el tiempo de procedimiento, en pacientes con columnas fácilmente palpables. (Ansari et al., 2014) (Sahin y Balaban, 2018)

Sin embargo, en pacientes obesas el uso del ultrasonido sí presenta diferencias estadísticamente significativas en la tasa de éxito a la primera punción, menor punción y menor movimiento de aguja, sin diferencia en el tiempo tomado para el procedimiento en comparación con la técnica por palpación. (Li et al., 2018) (Creany y Patel, 2016) (Lie et al., 2015) (Ekinci et.al, 2017)

En un metaanálisis elaborado por Perlas (2016), se indica, con nivel de evidencia Ia, que el uso del ultrasonido a nivel neuroaxial aumenta la eficacia de la anestesia espinal o epidural, al disminuir el riesgo de una técnica fallida y el número de punciones requeridas, esto en pacientes con referencias anatómicas difíciles, por ejemplo, obesidad, escoliosis o cirugía de columna previa.

## DISCUSIÓN

El uso del ultrasonido por parte del anesestesiólogo se ha generalizado más allá de su papel para guiar la realización de procedimientos, como los accesos vasculares y los bloqueos regionales, a su incorporación en la práctica diaria como una herramienta diagnóstica y evaluación de las decisiones terapéuticas. En definitiva, el empleo del ultrasonido tiene beneficios tan amplios como el de facilitar la evaluación preoperatoria de la función cardíaca o el riesgo de broncoaspiración, así como la determinación de causas de deterioro agudo hemodinámico o ventilatorio. (Li et al., 2020)

A pesar de presentar un gran número de ventajas, no hay, hasta el momento, guías ni consensos para su uso a nivel de la población obstétrica, así como para su entrenamiento por parte del personal de anestesiología.

Aspectos tan relevantes como la identificación de la membrana cricotiroides por medio del ultrasonido, permite al anesestesiólogo prever un acceso a la vía aérea, en caso de presentarse un escenario de no lograr “intubar ni ventilar”. Además, el ultrasonido cardíaco y pulmonar brindan información clave para determinar la causa de deterioro ventilatorio y hemodinámico, así como para guiar la fluidoterapia, siendo particularmente importante en pacientes con preeclampsia severa.

Al ser el ultrasonido una herramienta tan versátil y tan útil, el presente trabajo nace de la inquietud de examinar las principales evidencias de su uso en anestesia obstétrica y de esta forma poder realizar un mejor manejo perioperatorio, con decisiones basadas en parámetros más objetivos y reproducibles.

Asimismo, la incorporación del POCUS constituye un avance importante en el campo de la anestesiología, permitiendo al especialista mejorar el cuidado del paciente en el periodo perioperatorio, sin embargo es una herramienta que requiere entrenamiento para lograr una adecuada adquisición de datos e interpretación.

## CONCLUSIONES

1. El uso del ultrasonido confiere un gran número de ventajas en el contexto del manejo perioperatorio de la paciente obstétrica. A pesar de la carencia de guías y consensos para su empleo en el ámbito obstétrico, múltiples estudios han evidenciado su utilidad en aspectos como manejo de la vía aérea, estratificación del riesgo de broncoaspiración, determinación de causas de deterioro hemodinámico y ventilatorio, guía de fluidoterapia en paciente con preeclampsia severa y localización de espacio espinal y epidural.
2. Respecto a la utilidad en el manejo de la vía aérea, el punto con el que cuenta evidencia es la identificación preventiva de la membrana cricotiroidea en pacientes obesas, generando una opción de acceso a la vía aérea en caso de no lograr la intubación ni ventilación.
3. La evaluación del contenido gástrico por medio del ultrasonido brinda datos muy importantes a la hora de estratificar el riesgo de broncoaspiración que complementan la historia clínica, los cuales pueden influir en el manejo anestésico y evitar complicaciones serias relacionadas a un evento de broncoaspiración.
4. El POCUS cardiaco ayuda a distinguir rápidamente la causa de deterioro hemodinámico en un gran porcentaje de los casos, mediante una valoración cualitativa y semicuantitativa a nivel ventricular, atrial, pericárdico, valvular y de VCI. Si bien es cierto, dentro de los objetivos del POCUS no se incluye una valoración cuantitativa diastólica, algunas mediciones de la función diastólica han sido propuestas para profundizar en la causa de deterioro hemodinámico.
5. Los hallazgos del US pulmonar y cardiaco pueden ser integrados para distinguir las causas de deterioro hemodinámico y ventilatorio, así como para guiar de forma objetiva la fluidoterapia. Esto es especialmente importante en la paciente con preeclampsia severa, para evitar el desarrollo de edema pulmonar por la administración excesiva de líquidos o para su detección temprana.
6. En pacientes con referencias anatómicas vertebrales fácilmente palpables, el ultrasonido no ha demostrado presentar mayor tasa de éxito ni menor número de intentos para la localización del espacio epidural y espinal. En contraste, en pacientes

obesas y con alteraciones anatómicas en columna, el escaneo con el US previo a la administración de anestesia a nivel neuroaxial, sí ha demostrado influir en un menor número de intentos al identificar el punto óptimo de punción y en la colocación a un nivel adecuado.

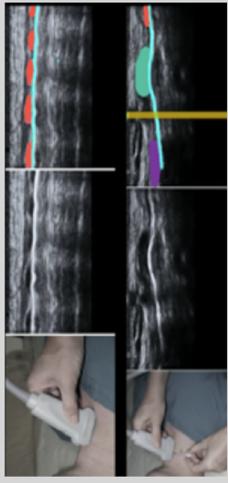
## **FICHA TÉCNICA**

# POCUS:

## APLICACIONES EN PACIENTE OBSTÉTRICA

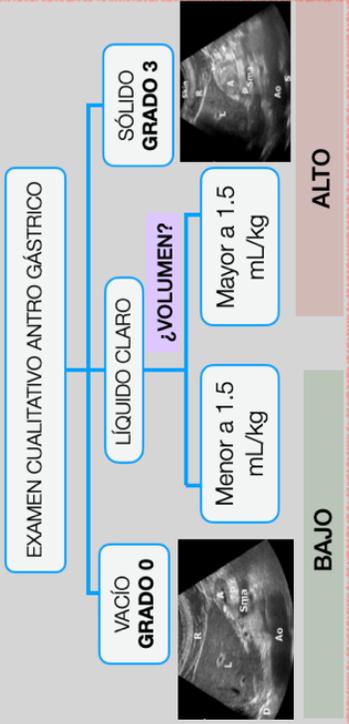
### VÍA AÉREA

- Identificación de la membrana cricotoideia



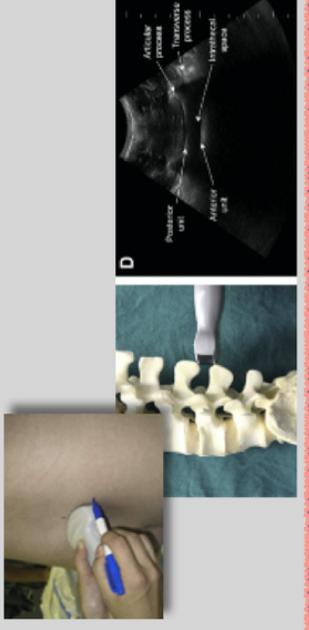
### POCUS GÁSTRICO:

- Estratificación del riesgo de broncoaspiración



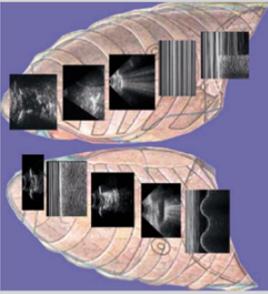
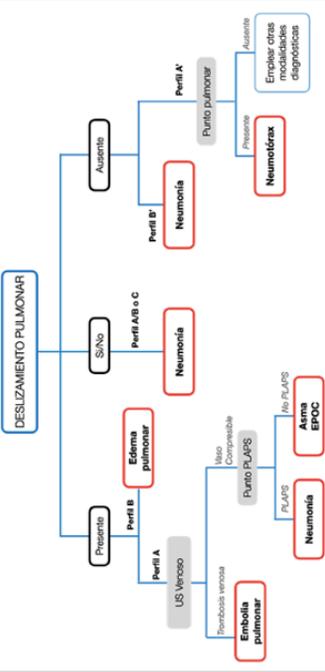
### EJE NEUROAXIAL

- Identificación del espacio espinal y epidural en pacientes obesas o con alteraciones anatómicas a nivel vertebral.

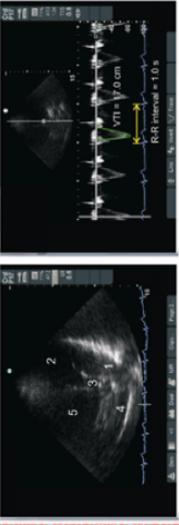


### US PULMONAR

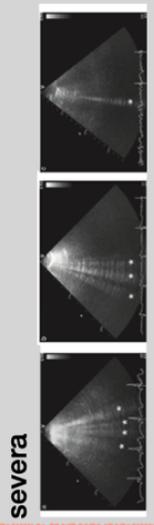
Definir causa de deterioro ventilatorio



✓ Guía de fluidoterapia

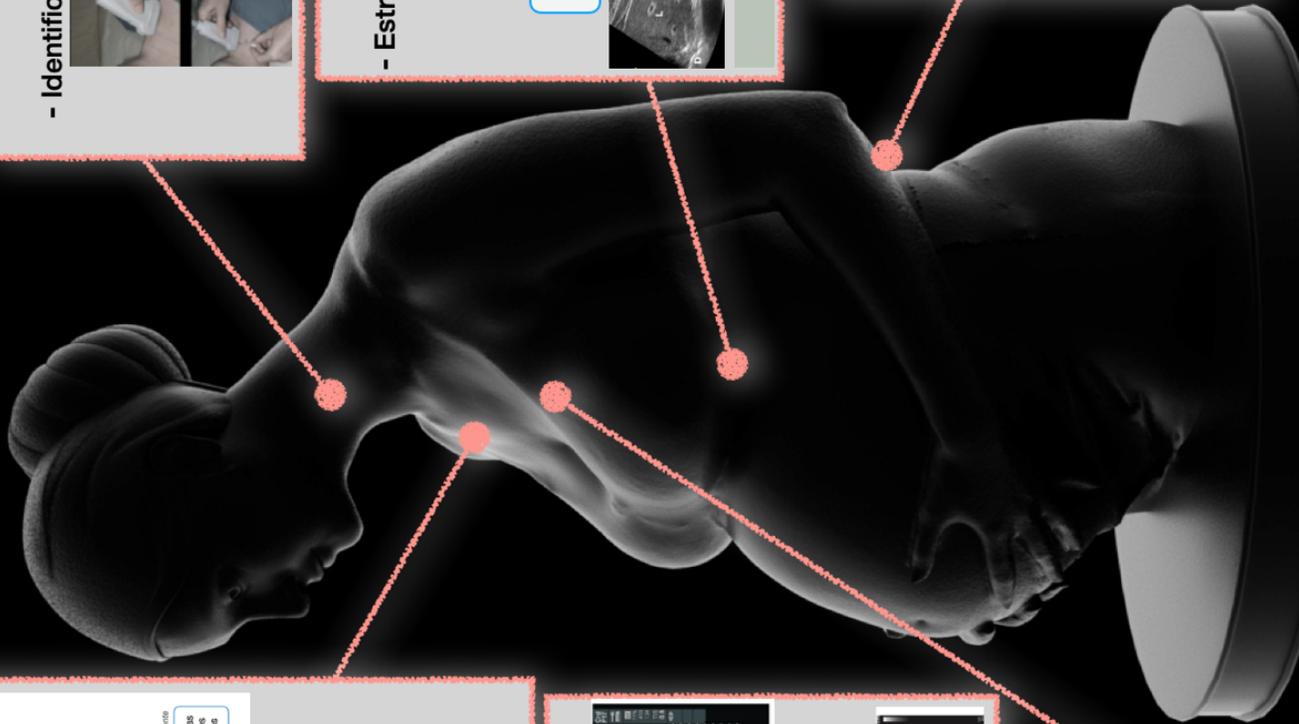
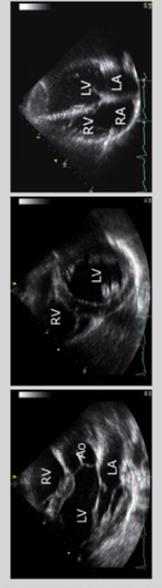


✓ Edema pulmonar en preeclampsia severa

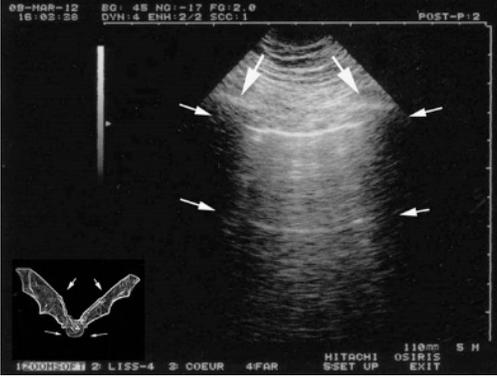
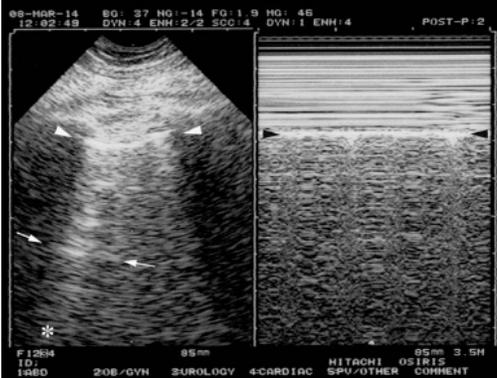
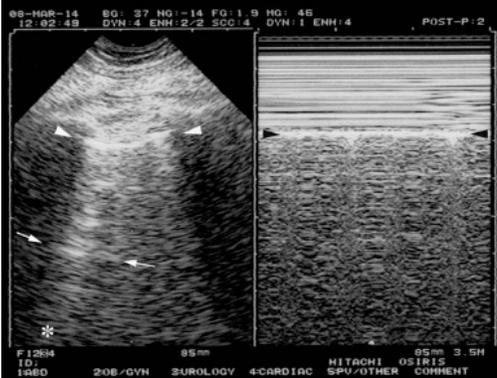
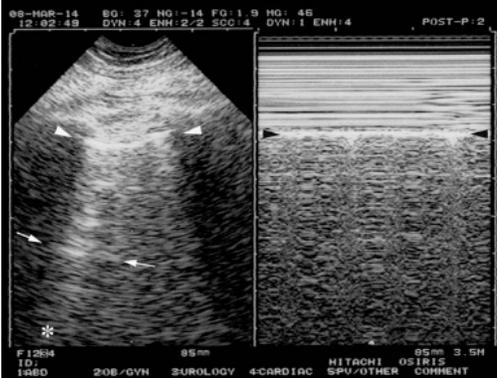


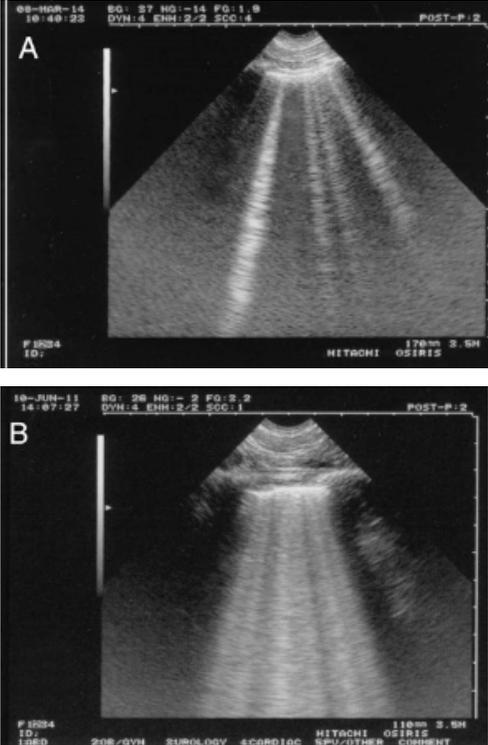
### US CARDIACO

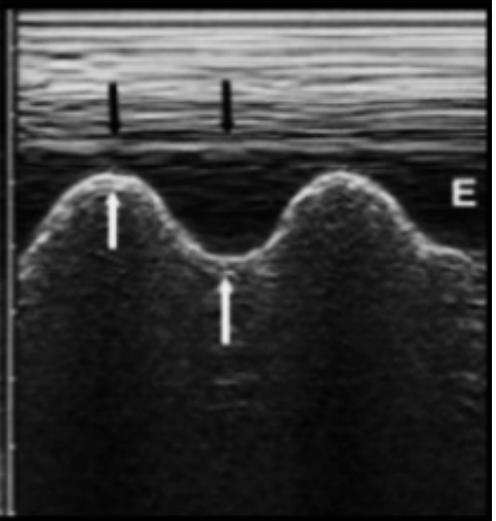
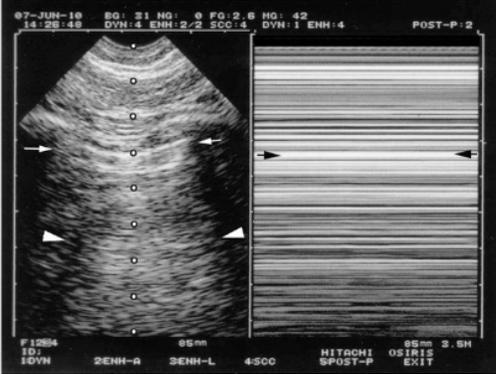
- Definir causa de shock



**FICHA TÉCNICA**  
**SIGNOS BÁSICOS EN ULTRASONIDO PULMONAR**

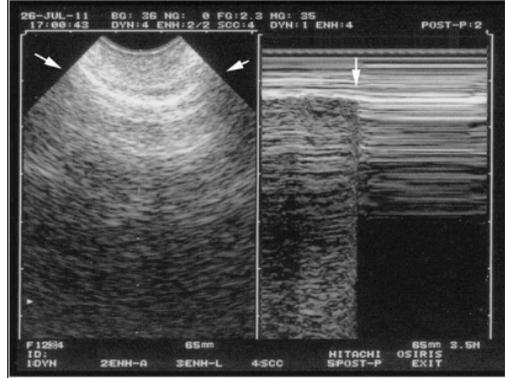
SIGNOS NORMALES	IMAGEN POR ULTRASONIDO
<p><b>Signo del murciélago:</b></p> <p>Signo conformado por la silueta delimitada por dos costillas adyacentes, sus sombras acústicas y la línea pleural, la cual siempre corresponde a la pleura parietal (y a la pleura visceral si la unión de ambas se encuentra íntegra).</p>	
<p><b>Líneas A:</b></p> <p>Artefactos de reverberación, lineales, estáticos, horizontales, hiperecoicos y equidistantes, que corresponden a la reflexión de las ondas del ultrasonido desde la piel hasta la pleura. Se generan por la interfase gaseosa del parénquima pulmonar y su presencia indica una superficie pulmonar anterior normal.</p>	
<p><b>Deslizamiento pulmonar:</b></p> <p>Deslizamiento de la pleura visceral contra la pleura parietal durante el ciclo respiratorio.</p>	
<p><b>Signo de la playa:</b></p> <p>Deslizamiento pulmonar en modo M.</p> <p>La parte superior a la línea pleural corresponde a los tejidos blandos sin movimiento (patrón lineal) y la parte inferior al aire presente debajo de la pleura en cada ciclo respiratorio (patrón granular).</p>	

SIGNOS DE SÍNDROME INTERSTICIAL	IMAGEN POR ULTRASONIDO
<p><b>Líneas B:</b></p> <p>Artefacto hiperecoico, bien definido, en forma de cola de cometa, que emerge de la línea pleural y alcanza la parte inferior de la pantalla, se mueve simultáneamente con el deslizamiento pulmonar y que oblitera las líneas A. Difiere de las líneas E porque estas emergen de un nivel superior a la línea pleural (indican enfisema subcutáneo) y de las líneas Z en que estas son cortas, menos ecogénicas que la línea pleural y no borran las líneas A (las líneas Z carecen de significancia).</p> <p>Cuando se encuentran 3 ó más líneas B entre dos costillas se denomina “lung rockets” o cohetes, lo cual evidencia síndrome alveolo-intersticial. Cuando se encuentra una distancia de 7 mm entre cada línea B, corresponde a una engrosamiento a nivel de septos interlobulares, ya que esta corresponde a la distancia anatómica entre dos septos. Al presentarse una distancia menor a 3 mm de separación entre las líneas B se puede deducir el desarrollo de un proceso intraalveolar, el cual posee un aspecto en vidrio esmerilado.</p>	

SIGNOS DE DERRAME PLEURAL	IMAGEN POR ULTRASONIDO
<p><b>Signo del cuadrilátero:</b></p> <p>Imagen delimitada por la línea pleural, las sombras acústicas de dos costillas adyacentes e inferiormente por una línea hiperecoica, denominada línea pulmonar (correspondiente a la pleura visceral). Al multiplicar la distancia entre ambas líneas durante la espiración por la constante 20, es posible calcular el volumen de derrame pleural en mililitros.</p>	
<p><b>Signo del sinusoide:</b></p> <p>Oscilación de la pleura visceral hacia la línea pleural durante la espiración, observada mediante el modo M.</p>	
SIGNOS DE NEUMOTÓRAX	IMAGEN POR ULTRASONIDO
<p><b>Signo de la estratósfera:</b></p> <p>Ausencia de deslizamiento pulmonar vista en modo M.</p> <p>El signo de la playa no se observa ya que hay pérdida del patrón granular correspondiente a la zona inferior a la pleura, por lo que se adquiere un aspecto en código de barras.</p>	

**Punto pulmonar:**

Es el punto de transición en donde desaparece el deslizamiento pulmonar, en el cual se separan la pleural parietal y visceral por presencia de aire entre ambas.



**SIGNOS DE CONSOLIDACIÓN**

**IMAGEN POR ULTRASONIDO**

**Signo de hepatización o signo del tejido:**

Presencia de densidad ecográfica similar a la de los tejidos como hígado o bazo, por afectación alveolar y la sustitución del aire por otro material que sí permite el paso de las ondas del ultrasonido (neumonía, atelectasia, etc).



**Signo del fractal o dientes de sierra**

Límite entre tejido consolidado y el tejido pulmonar con aire, con apariencia irregular.



## REFERENCIAS

- Ambrozic, J., Brzan Simenc, G., Prokselj, K., Tul, N., Cvijic, M., & Lucovnik, M. (2017). Lung and cardiac ultrasound for hemodynamic monitoring of patients with severe pre-eclampsia. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 49(1), 104–109. <https://doi.org/10.1002/uog.17331>
- Ansari, T., Yousef, A., El Gamassy, A., & Fayez, M. (2014). Ultrasound-guided spinal anaesthesia in obstetrics: is there an advantage over the landmark technique in patients with easily palpable spines? *International Journal of Obstetric Anesthesia*, 23(3), 213–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2014.03.001>
- Blanco, P., & Abdo-Cuza, A. (2019). Point-of-care ultrasound in the critically ill pregnant or postpartum patient: what every intensivist should know. *Intensive Care Medicine*, 45(8), 1123–1126. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05682-2>
- Chalifoux, L. A., & Sullivan, J.T. (2015). Applications of Focused Cardiac Ultrasound (FoCUS) in Obstetrics. *Current Anesthesiology Reports*, 5, 106–113. <https://doi.org/10.1007/s40140-015-0098-5>
- Cikes, M., D'hooge, J., & Solomon, S. D. (2017). Physical Principles of Ultrasound and Generation of Images. En: Solomon, S., Wu, J., & Guilan, M. (eds) *Essential Echocardiography: A Companion to Braunwald's Heart Disease* (pp.1–15). Elsevier Health Sciences. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-39226-6.00001-1>
- Creaney, M., Mullane, D., Casby, C., & Tan, T. (2016). Ultrasound to identify the lumbar space in women with impalpable bony landmarks presenting for elective caesarean delivery under spinal anaesthesia: a randomised trial. *International Journal of Obstetric Anesthesia*, 28, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2016.07.007>

- Dennis, A. (2011). Transthoracic echocardiography in obstetric anaesthesia and obstetric critical illness. *International Journal of Obstetric Anesthesia*, 20(2), 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2010.11.007>
- Dennis, A., Castro, J., Carr, C., Simmons, S., Permezel, M., & Royse, C. (2012). Haemodynamics in women with untreated pre-eclampsia. *Anaesthesia*, 67(10), 1105–1118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2012.07193.x>
- Dennis, A., & Stenson, A. (2012). The use of transthoracic echocardiography in postpartum hypotension. *Anesthesia and Analgesia*, 115(5), 1033–1037. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31826cde5f>
- Dennis, A., & Castro, J. M. (2014). Transthoracic echocardiography in women with treated severe pre-eclampsia. *Anaesthesia*, 69(5), 436–444. <https://doi.org/10.1111/anae.12623>
- Ekinci, M., Alici, H. A., Ahiskalioglu, A., Ince, I., Aksoy, M., Celik, E. C., Dostbil, A., Celik, M., Baysal, P. K., Golboyu, B. E., & Yeksan, A. N. (2017). The use of ultrasound in planned cesarean delivery under spinal anesthesia for patients having nonprominent anatomic landmarks. *Journal of Clinical Anesthesia*, 37, 82–85. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.10.014>
- Ellison, M., Ranganathan, P., Wang, H., & Vallejo, M. (2017). Ultrasound and the pregnant patient. *Current Anesthesiology Reports*, 7(1), 76–83. <https://doi.org/10.1007/s40140-017-0201-1>
- Fatima, H., Amador, Y., Walsh, D. P., Qureshi, N. Q., Chaudhary, O., Mufarrih, S. H., Bose, R. R., Mahmood, F., & Matyal, R. (2021). Simplified Algorithm for Evaluation of Perioperative Hypoxia and Hypotension (SALVATION): A Practical Echo-guided Approach Proposal. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 35(8), 2273–2282. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.04.009>
- Gola, W., Domagała, M., & Cugowski, A. (2018). Ultrasound assessment of gastric emptying and the risk of aspiration of gastric contents in the perioperative period. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 50(4), 297–302. <https://doi.org/10.5603/AIT.a2018.0029>

- Gottlieb, M., Holladay, D., & Peksa, G. D. (2018). Ultrasonography for the Confirmation of Endotracheal Tube Intubation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of Emergency Medicine*, 72(6), 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.06.024>
- Griffiths, S. E., Waight, G., & Dennis, A. (2018). Focused transthoracic echocardiography in obstetrics. *BJA Education*, 18(9), 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2018.06.001>
- Howle, R., Sultan, P., Shah, R., Sceales, P., Van de Putte, P., & Bampoe, S. (2020). Gastric point-of-care ultrasound (PoCUS) during pregnancy and the postpartum period: a systematic review. *International Journal of Obstetric Anesthesia*, 44, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2020.05.005>
- Khetarpal, R., Kaur, P., Borle, A., & Trikha, A. (2020). Ultrasound in obstetric anesthesia and critical care. *Journal of Obstetric Anaesthesia and Critical Care*; 10:75-86. [https://doi.org/10.4103/joacc.JOACC\\_56\\_20](https://doi.org/10.4103/joacc.JOACC_56_20)
- Kristensen M. S. (2011). Ultrasonography in the management of the airway. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 55(10), 1155–1173. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2011.02518.x>
- Kristensen, M. S., Teoh, W. H., & Rudolph, S. S. (2016). Ultrasonographic identification of the cricothyroid membrane: best evidence, techniques, and clinical impact. *British Journal of Anaesthesia*, 117(1), 39–48. <https://doi.org/10.1093/bja/aew176>
- Li, M., Ni, X., Xu, Z., Shen, F., Song, Y., Li, Q., & Liu, Z. (2018). Ultrasound-assisted technology versus the conventional landmark location method in spinal anesthesia for cesarean delivery in obese parturients. *Anesthesia & Analgesia*,. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000003795>

- Li, L., Yong, R. J., Kaye, A. D., & Urman, R. D. (2020). Perioperative Point of Care Ultrasound (POCUS) for Anesthesiologists: An Overview. *Current Pain and Headache Reports*, 24(5), 20. <https://doi.org/10.1007/s11916-020-0847-0>
- Lichtenstein, D. (2015). BLUE-Protocol and FALLS-Protocol. *Chest*, 147(6), 1659–1670. <https://doi.org/10.1378/chest.14-1313>
- Lie, J., & Patel, S. (2015). Ultrasound for obstetric neuraxial anesthetic procedures: Practical and useful? *Journal of Obstetric Anaesthesia and Critical Care*, 5:49-53. <https://doi.org/10.4103/2249-4472.165130>
- Liu, S., Jassal, D., & Zelop, C. (2020). Cardiovascular changes during pregnancy. En: Einav, S., Weiniger, C.F., & Landau, R. (eds) *Principles and Practice of Maternal Critical Care* (pp. 101-108). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43477-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43477-9_9)
- Melchiorre, K., Sharma, R., & Thilaganathan, B. (2014). Cardiovascular implications in preeclampsia: an overview. *Circulation*, 130(8), 703–714. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.003664>
- Miller, A., & Mandeville, J. (2016). Predicting and measuring fluid responsiveness with echocardiography. *Echo Research and Practice*, 3(2), G1–G12. <https://doi.org/10.1530/ERP-16-0008>
- Mitter, S. S., Shah, S. J., & Thomas, J. D. (2017). A Test in Context: E/A and E/e' to Assess Diastolic Dysfunction and LV Filling Pressure. *Journal of the American College of Cardiology*, 69(11), 1451–1464. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.12.037>
- Moore, C. L., & Copel, J. A. (2011). Point-of-care ultrasonography. *The New England Journal of Medicine*, 364(8), 749–757. <https://doi.org/10.1056/NEJMra0909487>

- Osman, A., & Sum, K. M. (2016). Role of upper airway ultrasound in airway management. *Journal of Intensive Care*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40560-016-0174-z>
- Pachtman, S., Koenig, S., & Meirowitz, N. (2017). Detecting pulmonary edema in obstetric patients through Point-of-Care lung ultrasonography. *Obstetrics & Gynecology*, 129(3), 525–529. <https://doi.org/10.1097/aog.0000000000001909>
- Pachtman, S., Koenig, S., Tenenbaum, S., & Meirowitz, N. (2021). Point-of-care lung ultrasound patterns in late third-trimester gravidas with and without preeclampsia. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*. <https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2021.100310>
- Perlas, A., Chaparro, L., & Chin, K. (2016). Lumbar neuraxial ultrasound for spinal and epidural anesthesia. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 41(2), 251–260. <https://doi.org/10.1097/aap.0000000000000184>
- Perlas, A., Arzola, C., & Van de Putte, P. (2018). Point-of-care gastric ultrasound and aspiration risk assessment: a narrative review. *Canadian Journal of Anaesthesia*, 65(4), 437–448. <https://doi.org/10.1007/s12630-017-1031-9>
- Popescu, B.A., & Beladan, C.C. (2021). Left Ventricular Diastolic Function. En: Otto, C. (eds). *The Practice of Clinical Echocardiography*. Elsevier.
- Sahin, T., & Balaban, O. (2018). Lumbar Ultrasonography for Obstetric Neuraxial Blocks: Sonoanatomy and Literature Review. *Turkish Journal of Anesthesia and Reanimation*, 46(4), 257–267. <https://doi.org/10.5152/tjar.2018.90277>
- Soni, N., Arntfield, R., & Kory, P. (2015). *Point-of-Care Ultrasound*. Philadelphia: Elsevier.
- Sundaram, A.K., Strony, R., Zieleskiewicz, L., & Reed, M.J. (2020). Introduction to Lung Ultrasound Techniques and Diagnosis in the Seriously Ill Pregnant Woman. En: Einav, S., Weiniger, C.F., & Landau, R. (eds) *Principles and Practice of Maternal Critical Care* (pp. 305-317). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43477-9\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43477-9_22)

- Talati, C., Arzola, C., & Carvalho, J. (2017). The Use of Ultrasonography in Obstetric Anesthesia. *Anesthesiology Clinics*, 35(1), 35–58. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2016.09.005>
- Ursprung, E., & Oren-Grinberg, A. (2016). Point-of-Care Ultrasound in the Perioperative Period. *International Anesthesiology Clinics*, 54(1), 1–21. <https://doi.org/10.1097/AIA.0000000000000084>
- Van de Putte, P., Vernieuwe, L., Jerjir, A., Verschueren, L., Tacke, M., & Perlas, A. (2017). When fasted is not empty: a retrospective cohort study of gastric content in fasted surgical patients. *British Journal of Anaesthesia*, 118(3), 363–371. <https://doi.org/10.1093/bja/aew435>
- Van de Putte, P., Vernieuwe, L., & Bouchez, S. (2020). Point-of-care ultrasound in pregnancy: gastric, airway, neuraxial, cardiorespiratory. *Current Opinion in Anaesthesiology*, 33(3), 277–283. <https://doi.org/10.1097/aco.00000000000000846>
- Vårtun, Å., Flo, K., Wilsgaard, T., & Acharya, G. (2015). Maternal functional hemodynamics in the second half of pregnancy: a longitudinal study. *PloS One*, 10(8), e0135300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135300>
- Via, G., Hussain, A., Wells, M., Reardon, R., ElBarbary, M., Noble, V. E., Tsung, J. W., Neskovic, A. N., Price, S., Oren-Grinberg, A., Liteplo, A., Cordioli, R., Naqvi, N., Rola, P., Poelaert, J., Gulić, T. G., Sloth, E., Labovitz, A., Kimura, B., Breitkreutz, R., ... International Conference on Focused Cardiac UltraSound (IC-FoCUS) (2014). International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound. *Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography*, 27(7), 683.e1–683.e33. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.05.001>

- You-Ten, K. E., Desai, D., Postonogova, T., & Siddiqui, N. (2015). Accuracy of conventional digital palpation and ultrasound of the cricothyroid membrane in obese women in labour. *Anaesthesia*, 70(11), 1230–1234. <https://doi.org/10.1111/anae.13167>
- You-Ten, K. E., Siddiqui, N., Teoh, W. H., & Kristensen, M. S. (2018). Point-of-care ultrasound (POCUS) of the upper airway. *Canadian Journal of Anaesthesia*, 65(4), 473–484. <https://doi.org/10.1007/s12630-018-1064-8>
- Zieleskiewicz, L., Lagier, D., Contargyris, C., Bourgoin, A., Gavage, L., Martin, C., & Leone, M. (2013). Lung ultrasound-guided management of acute breathlessness during pregnancy. *Anaesthesia*, 68(1), 97–101. <https://doi.org/10.1111/anae.12037>
- Zieleskiewicz, L., Contargyris, C., Brun, C., Touret, M., Vellin, A., Antonini, F., Muller, L., Bretelle, F., Martin, C., & Leone, M. (2014). Lung ultrasound predicts interstitial syndrome and hemodynamic profile in parturients with severe preeclampsia. *Anesthesiology*, 120(4), 906–914. <https://doi.org/10.1097/ALN.000000000000102>
- Zieleskiewicz, L., Noel, A., Duclos, G., Haddam, M., Delmas, A., Bechis, C., ... Leone, M. (2017). Can point-of-care ultrasound predict spinal hypotension during caesarean section? A prospective observational study. *Anaesthesia*, 73(1), 15–22. <https://doi.org/10.1111/anae.14063>
- Zieleskiewicz, L., Bouvet, L., Einav, S., Duclos, G., & Leone, M. (2018). Diagnostic point-of-care ultrasound: applications in obstetric anaesthetic management. *Anaesthesia*. <https://doi.org/10.1111/anae.14354>
- Zieleskiewicz, L., Duclos, G., Haddam, M., & Leone M. (2020). Point-of-Care Ultrasound in the Critically Ill Pregnant Woman. En: Einav, S., Weiniger, C.F., & Landau, R. (eds) Principles and Practice of Maternal Critical Care (pp. 165-181). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43477-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43477-9_13)