

## Palabras Clave

Ecografía pulmonar - Consolidación pulmonar

Atelectasia - Derrame pleural

Neumotórax - Síndrome alveolo intersticial

Unidad de cuidados intensivos (UCI)

 ceciliamacosta@hotmail.com**Dra. Cecilia M. Acosta<sup>1</sup>****Dr. Gerardo Tusman<sup>1</sup>**

1. Servicio de Anestesiología, Hospital Privado de Comunidad. Córdoba 4545, (B7602CBM)  
Mar del Plata, Argentina.

## Utilidad de la ecografía pleuropulmonar en el paciente crítico

### Resumen

El ultrasonido pulmonar (UP) constituye una nueva herramienta para el diagnóstico de enfermedades pleuropulmonares en el paciente crítico. En los últimos años la ecografía ha ganado un rol muy importante en los servicios de medicina intensiva, anestesiología y urgencias. Las principales áreas de exploración de la ultrasonografía en anestesiología constituyen la realización de bloqueos nerviosos centrales y periféricos y la ecografía vascular, tanto para la cateterización venosa central como arterial. Sin embargo, en quirófano existen otras utilidades de importancia basadas principalmente en la ecocardiografía básica y avanzada (diagnóstico de la volemia, la medición de la función cardíaca, uso del *doppler* vascular, etc.) y la ecografía pleuropulmonar (diagnóstico de neumotórax, derrame pleural, neumonía, atelectasias y edema pulmonar).

Este artículo tiene como fin introducir al anestesiólogo en la ecografía pleuropulmonar, determinando las imágenes en un pulmón normal y los patrones ecográficos pulmonares patológicos asociados a las diferentes enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

### Introducción

En un principio se pensó que el ultrasonido no era útil para el estudio del pulmón, sobre la base del principio ultrasonográfico de que el aire refleja las ondas sonoras actuando como una barrera biológica<sup>1</sup>. En 1986, Rantanen describió la utilidad del ultrasonido para la evaluación pleuropulmonar en caballos, y posteriormente Wernecke lo introdujo en la práctica clínica.

En la actualidad, la ecografía pleuropulmonar es considerada una excelente herramienta diagnóstica, no invasiva, rápida, con mínimo costo, realizada en la cabecera del paciente sin necesidad de traslado<sup>2-4</sup>. Las imágenes que se obtienen resultan de la interacción del haz ultrasónico con la pleura, el parénquima pulmonar y la interfase aire-líquido, generando artefactos horizontales y verticales de diferente ecogenicidad e intensidad en la escala de grises tanto en el tiempo real como en el modo M (*motion time*). Para la correcta interpretación de los patrones ecográficos que caracterizan a la ultrasonografía pulmonar es necesario realizar un adecuado entrenamiento.

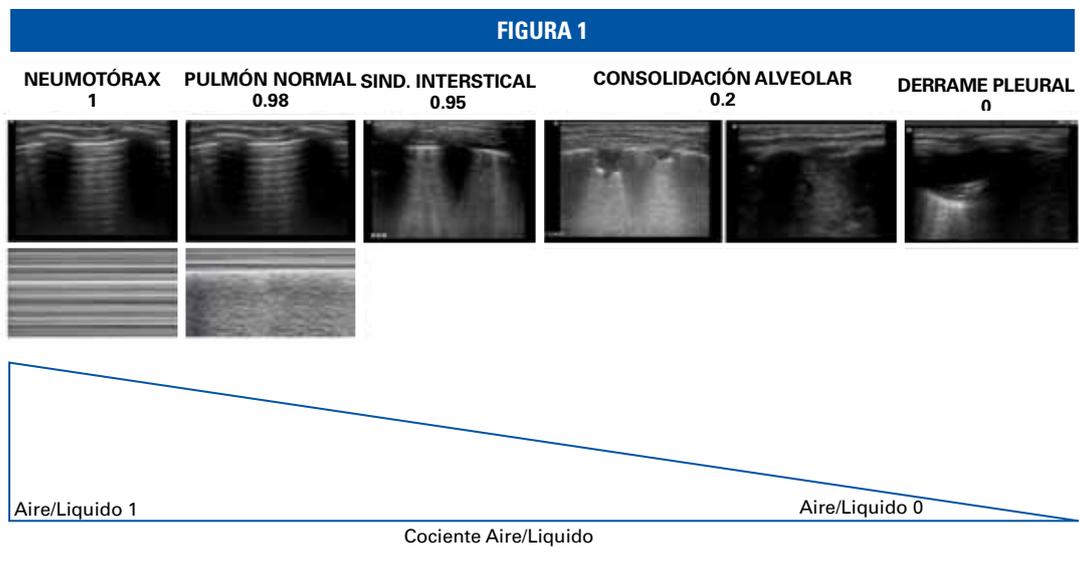
La ecografía pleuropulmonar es una excelente alternativa para evaluar el estado pulmonar de los pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos (UCI), ya que como veremos más adelante en este artículo, posee una elevada especificidad y sensibilidad para el diagnóstico de diferentes patologías (TABLA 1), como neumotórax, derrame pleural, consolidación alveolar, atelectasias, edema pulmonar, síndrome alveolo-intersticial<sup>2-5</sup>.

TABLA 1
USOS DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR
Diagnóstico de neumotorax
Diagnóstico de derrame pleural
Diagnóstico de neumonía
Diagnóstico de atelectasia
Seguimiento de la resolución de neumonía/ atelectasia
Aspiración de lavado bronquioalveolar guiada por eco
Diagnóstico y toracocentesis terapéutica de derrame pleural
Diagnóstico de edema pulmonar y síndrome intersticial
Biopsia de lesiones pleurales o tumores pulmonares periféricos
Transtornos del diafragma
Diagnóstico de contusión pulmonar traumática
Diagnóstico de embolismo pulmonar

La distribución de la ventilación y la perfusión dentro del pulmón es heterogénea y se ve afectada por la fuerza de la gravedad. Por esta razón, la ecografía pulmonar debe tener en cuenta la posición en que se examina al paciente respecto al vector de la gravedad y al área de la pared torácica donde la sonda de ultrasonido es colocada. Siguiendo este principio, tanto el derrame pleural como las atelectasias por compresión se localizarán en las zonas más declives del pulmón porque el líquido y el tejido no aireado son más pesados que el tejido pulmonar normalmente aireado. De modo opuesto, el neumotórax al igual que el síndrome intersticial se localizarán en zonas no dependientes del pulmón. Debemos tener presente que los cambios en el decúbito pueden afectar la distribución pulmonar de estas entidades.

La mezcla de aire y líquido genera una serie de artefactos debido al elevado gradiente de impedancia acústica que se genera entre ambos. El aire detiene completamente la propagación del haz de ultrasonido actuando como barrera acústica, mientras que el líquido es un medio excelente para facilitar su transmisión. Por consiguiente, el parénquima pulmonar sano produce una imagen hipocóica debido a que presenta gran contenido de aire; pero a medida que se incrementa el contenido de agua a nivel de los septos alveolares y de los alvéolos, la imagen hipocogénica (gris) pasa a ser más hiperecogénica (blanca), como ocurre por ejemplo en pacientes con edema pulmonar agudo<sup>6,7</sup>.

El cociente aire/líquido difiere completamente en cada uno de los trastornos que a continuación estudiaremos (FIGURA 1). De esta manera, podemos afirmar que el cociente aire/líquido en el derrame pleural es 0; en la consolidación alveolar dicho cociente aire/líquido es muy bajo, aproximadamente 0.1, dado que existe algo de aire en los broncogramas aéreos. Contrariamente a estas entidades, el síndrome intersticial presenta un cociente aire/ líquido muy elevado, de aproximadamente 0.95, ya que existe aire mezclado con edema intersticial leve. En pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) o asma el aire es el principal componente, por lo que el cociente es aún mayor y cercano a 0.98, similar al del pulmón normal. Por último, el neumotórax posee un cociente aire/líquido igual a 1<sup>8</sup>.



Patrón ecográfico de los distintos trastornos pleuro-pulmonares y del pulmón normal. El cociente aire/líquido está expresado en valor numérico debajo de cada entidad.

### Principios básicos para la evaluación ecográfica pleuropulmonar

La exploración ecográfica del tórax puede realizarse con el paciente sentado o en decúbito supino. Se recomienda utilizar un transductor lineal de una frecuencia de 6 a 13 MHz para evaluar las estructuras más superficiales como la

pared torácica y la pleura, mientras que para el parénquima pulmonar se recomienda una sonda convexa o micro-convexa de una frecuencia en el rango de 1 a 3 MHz o de 2.5 a 5 MHz respectivamente, ya que ambas permiten evaluar estructuras más profundas<sup>9</sup>. Los transductores sectoriales de 2.5 a 5 MHz (se utilizan para realizar ecocardiografía transtorácica) no se suelen utilizar para evaluar la pleura y sus patologías asociadas, debido a que generan una visión muy estrecha en los campos cercanos. La forma del transductor utilizado también dependerá de la zona a estudiar: será preferentemente convexa si el espacio intercostal es estrecho para evitar la interferencia acústica que producen las costillas.

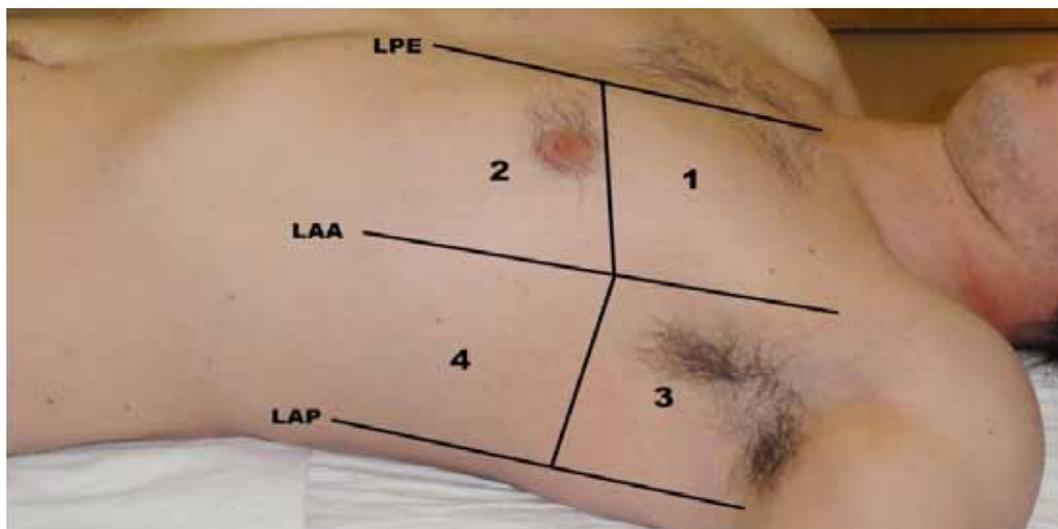
Debemos tener en cuenta que el ecógrafo necesario para la evaluación pleuropulmonar solo precisa de imágenes en modo bidimensional y modo M.

Existen varios protocolos que se pueden utilizar para la exploración ecográfica del pulmón. Lichtenstein en un principio describió nueve áreas para examinar el pulmón: cuatro anteriores, dos laterales y tres posteriores en cada hemitórax<sup>7</sup>. Posteriormente, en su protocolo BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency)<sup>8, 10</sup>, con el fin de realizar un examen que permita un rápido diagnóstico etiológico en el paciente con fallo respiratorio agudo, Lichtenstein dividió el tórax del paciente en posición supina en las siguientes áreas: la zona anterior de cada pulmón se divide en dos áreas, superior e inferior, tomando como referencia la superficie ocupada por las dos manos con los dedos pulgares yuxtapuestos aplicadas sobre el tórax debajo de la clavícula, con las uñas dirigidas hacia la línea media, e indicando el dedo meñique el borde ínfero-anterior del pulmón (línea diafragmática). La superficie lateral se encuentra delimitada por las líneas axilares anterior y posterior, y se divide a su vez en superior e inferior. Por último, la superficie pulmonar posterior definida por la línea axilar posterior y la línea paravertebral se divide también en áreas superior e inferior; estas áreas son difíciles de explorar en los pacientes de cuidados intensivos que se encuentran en posición supina. Es importante destacar que el protocolo BLUE alcanzó una precisión diagnóstica de la insuficiencia respiratoria aguda del 90,5% sobre 260 pacientes ingresados en una UCI<sup>10</sup>.

Por otro lado, Volpicelli propone en su protocolo para evaluar la presencia de síndrome alveolo-intersticial<sup>11</sup> ocho zonas ecográficas para examinar el tórax (**FIGURA 2**): cuatro correspondientes a cada hemitórax, divididas por las líneas para esternal, axilar anterior y posterior.

Como hemos mencionado anteriormente, la interacción del haz de ultrasonido con las estructuras torácicas y el parénquima pulmonar genera artefactos; dichos artefactos son imágenes que no se corresponden con ninguna estructura fácilmente reconocible, sino que se producen por parte de la reflexión y la reverberación de los ecos sobre las interfaces de los tejidos con distinta impedancia acústica.

FIGURA 2

[Volver](#)


Áreas de examen ecográfico propuestas por Volpicelli modificado. Las líneas paraesternal (LPE), axilar anterior (LAA) y axilar posterior (LAP) delimitan las áreas 1: área anterior-superior-izquierda, 2: anterior-inferior-izquierda, 3: lateral-superior-izquierda, 4: área lateral-inferior-izquierda

En ecografía pulmonar los artefactos más importantes se visualizan como una serie de líneas horizontales o verticales, por lo que es necesario conocer qué representan y en qué entidades las podemos encontrar. Pero a su vez, hay que saber diferenciarlas entre sí para evitar errores de interpretación, ya que estas líneas se deben principalmente a artefactos de reverberación que se producen cuando la señal de ultrasonido se refleja de forma repetida entre interfaces altamente reflectoras que están cerca del transductor.

El primer paso para realizar la evaluación ecográfica del pulmón es delimitar la interfase entre la pared torácica y el pulmón mediante la identificación de la línea pleural. Para ello debemos localizar las costillas, las cuales se visualizan con una imagen hipoecoica que emite una sombra acústica posterior. La línea pleural es una línea hiperecoica, bien delimitada entre dos costillas, que representa la pleura parietal y visceral. Con transductores de alta frecuencia y gran resolución podemos visualizar dos capas: parietal y visceral de 2 mm de grosor, separadas entre sí por un espacio pleural de 0.3 mm. En condiciones normales, la línea pleural tiene un movimiento respiratorio observado en el modo bidimensional<sup>1, 2, 8, 9, 12</sup>. Éste es un signo dinámico en el cual la pleura visceral se desliza sobre la pleura parietal durante el ciclo respiratorio denominado “deslizamiento pulmonar” (*lungs sliding*). Debido a que el pulmón es un pistón craneocaudal, el “deslizamiento pulmonar” es más fácil de observar colocando la sonda en posición longitudinal. Este signo desaparece en la ausencia localizada de movimientos respiratorios como en el neumotórax, la atelectasia completa, la fibrosis pleural, la intubación selectiva y la apnea.

Si aplicamos el modo M, se distinguen dos zonas bien diferenciadas que configuran el “signo de la playa” (*seashore sign*): la parte superior corresponde a la pared torácica formada por líneas horizontales paralelas (el mar) y la parte inferior desde la pleura, de aspecto granulado como arena de playa (*sandy beach*). Los tres elementos claves para identificar la línea pleural son: una línea hiperecoica por debajo de las costillas, el deslizamiento pulmonar que sigue a la respiración y la presencia de artefactos horizontales y verticales por debajo, que dan diferentes imágenes. En la **FIGURA 3** vemos que al colocar el traductor lineal perpendicular a dos espacios intercostales se pueden visualizar dos imágenes hipoeoicas que corresponden a la sombra acústica de las costillas; a una distancia de 0.5 cm por debajo de éstas se visualiza una línea hiperecoica horizontal que une ambas costillas y representa la pleura; la imagen formada por estas estructuras se denomina el “signo del murciélago” (*bat sign*) y constituye uno de los signos ultrasonográficos más importantes de la ecografía pulmonar.

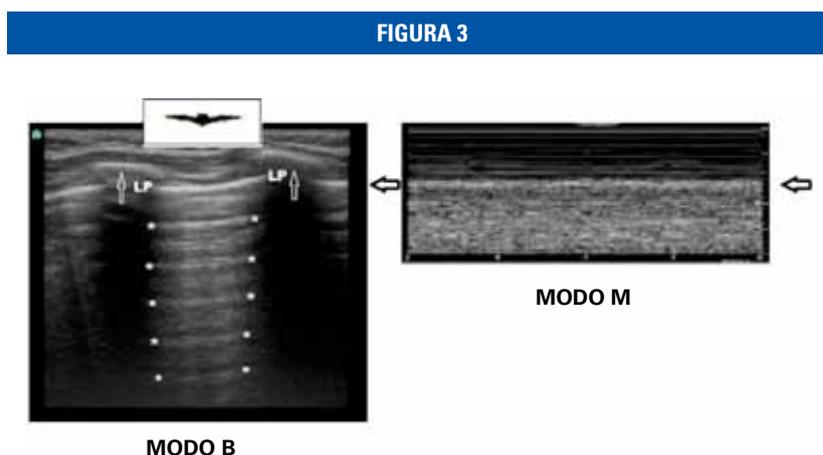


Imagen del parénquima pulmonar normal. A la izquierda imagen ecográfica bidimensional (modo B): “signo del murciélago”. A la derecha imagen en modo M: “signo de la playa”. \*: líneas A. Las flechas blancas indican las sombras costales. LP: línea pleural. Las flechas negras indican la ubicación de la línea pleural en ambas imágenes.

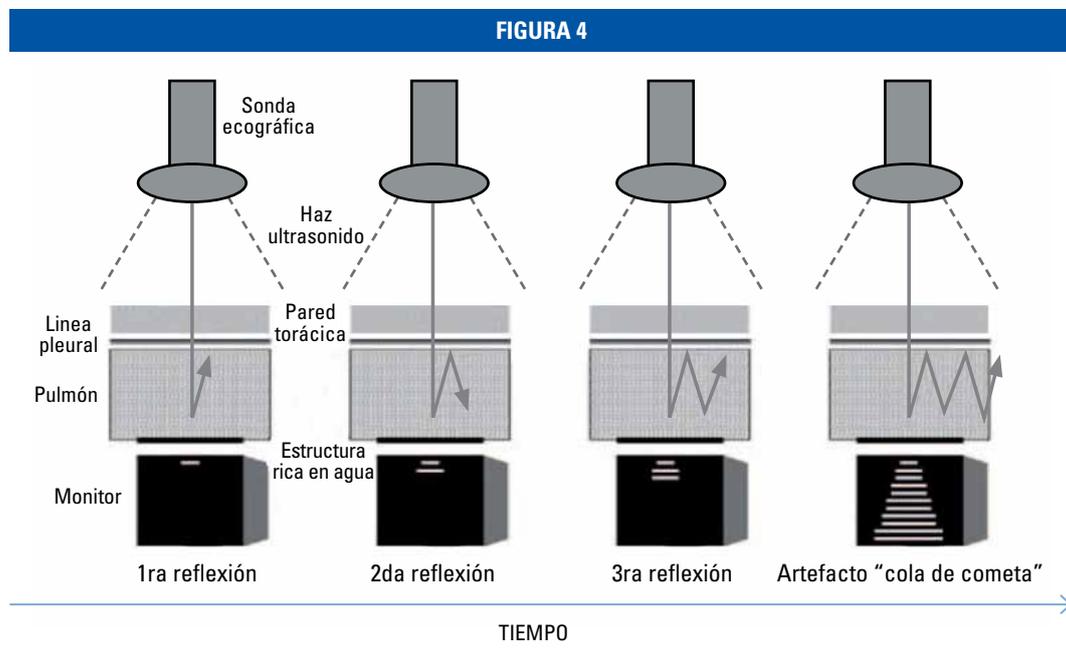
### Artefactos horizontales de la ecografía pleuropulmonar

Las líneas A son los principales artefactos horizontales. Se caracterizan por ser líneas horizontales, hiperecoicas, que se repiten y aparecen dispuestas a una distancia entre sí igual a la distancia existente entre la piel y la pleura. Esta repetición de las líneas A constituye un artefacto que está dado por la reverberación del sonido sobre la pleura (**FIGURA 3**).

### Artefactos verticales de la ecografía pleuropulmonar

Los artefactos verticales están representados por las líneas B, Z, E, W. A modo de simplificar, describiremos los más importantes.

Las líneas B, mejor conocidas por su morfología como “colas de cometa” (*comet tail*), se generan cuando hay una marcada diferencia en la impedancia acústica entre el objeto y el medio que la rodea. La reflexión del haz de ultrasonido crea un fenómeno de resonancia. El intervalo de tiempo entre sucesivas reverberaciones se interpreta como una distancia, lo que resulta en un centro que se comporta como una fuente persistente, generando una serie de pseudointerfases muy poco espaciadas entre sí. El haz de ultrasonido es atrapado en un sistema cerrado, resultando en un interminable vaivén ecográfico<sup>1, 13, 14</sup> (FIGURA 4).



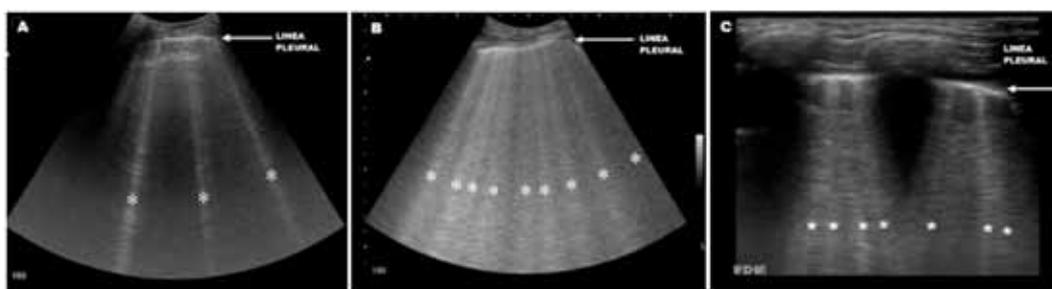
Mecanismo de formación de las líneas B.

Se pueden identificar con mayor claridad en la región antero-lateral del tórax y se asocian a enfermedad pulmonar intersticial o congestión (equivalentes a las líneas B de Kerley). Lichtenstein demostró en un estudio que las líneas B son artefactos originados en la pleura visceral y no en la pleura parietal, por lo que en caso de neumotórax dichas líneas están siempre ausentes<sup>15</sup>. Se prefiere actualmente la denominación de líneas B, ya que las “colas de cometa” son artefactos que pueden originarse en otras estructuras del organismo. Las líneas B se caracterizan por ser verticales y bien definidas, triangulares, con vértice que se origina en la línea pleural y base que se dirige al parénquima pulmonar, con una extensión hasta el límite inferior de la imagen y una longitud de hasta 17 cm; se caracterizan por atravesar y borrar las líneas A y poseer un movimiento sincrónico con el desplazamiento pleural.

En condiciones normales pueden observarse líneas B como artefactos únicos o múltiples, hasta en número de tres por área estudiada. Según lo expuesto en el Consenso Internacional de Expertos de 2012<sup>16</sup>, la existencia de tres o más líneas B visualizadas en el eje longitudinal en por lo menos dos áreas de cada hemitórax, es diagnóstico de Síndrome Intersticial.

Cuando las líneas B son múltiples y se encuentran a una distancia de 7 mm conforman un patrón que se denomina Patrón B7. Pero cuando estas líneas B son múltiples y están una a una entre ellas a una distancia de 3 mm, se denomina Patrón B3 y es específica de estadio avanzado de Edema Intersticial<sup>8</sup> (FIGURA 5).

FIGURA 5



Imágenes A y B obtenidas con transductor convex 2.5 - 5 MHz. Imagen A: se observan 3 líneas B. Imagen B: se observan líneas B separadas por menos de 3 mm, denominado patrón B3. (Específico de áreas en vidrio esmerilado, indican estadio avanzado de edema intersticial). A la derecha la Imagen C obtenida con sonda lineal HFL (sonda lineal de alta frecuencia) 6 - 13 MHz, se observa línea pleural y líneas B.

Las líneas Z son artefactos verticales que semejan a las líneas B y no tienen significado patológico, en ocasiones se pueden observar en el neumotórax. Se caracterizan por originarse en la línea pleural, tener una profundidad de 2 a 5 cm, no borrar las líneas A; ser cortas; es decir, no se extienden hasta el límite inferior de la imagen y no siguen el movimiento pleural.

Las líneas E (E por enfisema) son secundarias a enfisema subcutáneo. Se caracterizan por ser líneas verticales que adoptan la morfología de un haz de laser (imagen hiperecoica fina), se originan por arriba de la línea pleural y su punto de partida es la pared torácica.

Las líneas C son líneas hiperecogénicas horizontales que se sitúan a una distancia que no es múltiplo de la que existe entre el transductor y la línea pleural.

Las líneas O (línea no-A, no-B) indican la ausencia de cualquier artefacto visible. Constituyen uno de los signos ultrasonográficos que se presentan en el neumotórax. Se caracteriza por la presencia de línea pleural que no tiene movimiento y ausencia de líneas A y B. En estos casos, el movimiento del transductor puede mostrar algunas líneas A.

## Diagnóstico de neumotórax

La detección de neumotórax es importante en pacientes que presentan traumatismo torácico, barotrauma asociado a asistencia ventilatoria mecánica (ARM) o tras la colocación de un catéter venoso central. La incidencia de neumotórax en los pacientes de UCI es de un 6%; los cuales son imperceptibles en la radiografía de tórax inicial en un 30% de los casos<sup>8</sup>.

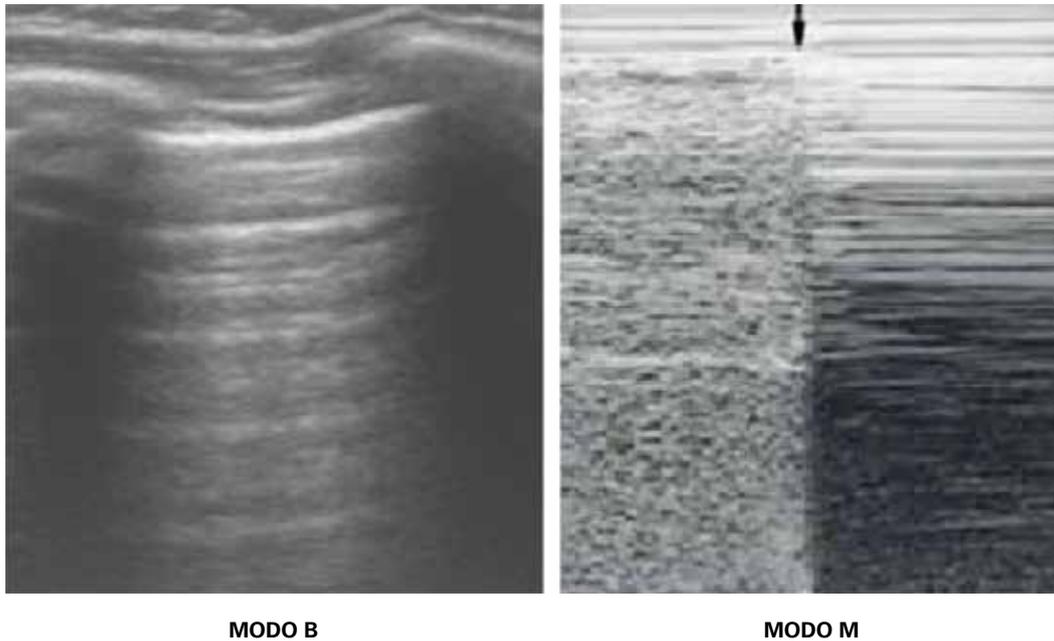
La sensibilidad reportada de la radiografía de tórax para el diagnóstico de neumotórax es de 50 a 70%, dependiendo de su severidad y del método usado<sup>17</sup>.

La ultrasonografía tiene una sensibilidad de 95-100% para el diagnóstico de neumotórax, e incluso permite detectar neumotórax pequeños que no se pueden diagnosticar con la radiografía simple de tórax<sup>18, 19-22</sup>. La tomografía axial computarizada (TAC) de tórax es considerada el método de referencia para su diagnóstico, pero su realización presenta una serie de inconvenientes, como el traslado del paciente, los costos y la radiación.

Existen varios signos ecográficos para su diagnóstico: el primero es la ausencia del "deslizamiento pulmonar", ya que la pleura visceral pierde contacto con la pleura parietal. En el modo M se pierde la apariencia del "signo de la playa" y sólo se visualizan líneas horizontales paralelas, imagen que se conoce como "signo de la estratósfera" o "código de barras". La pérdida del movimiento respiratorio de la pleura no es patognomónico del neumotórax, y posee una especificidad del 96.5%. También se ha descrito en la intubación bronquial selectiva, la fibrosis pleural, la paquipleuritis, la consolidación pulmonar, las atelectasias y el SDRA<sup>22-25</sup>. Cuando existe la combinación de presencia de artefactos horizontales y ausencia de "deslizamiento pulmonar", la sensibilidad y un valor predictivo negativo es de 100% y la especificidad del 96.5%<sup>15, 19, 22</sup>.

La presencia de líneas B nos permite descartar un neumotórax, ya que para que se formen dichas líneas es necesaria la aposición de ambas pleuras<sup>15</sup>. Otro signo específico es el hallazgo del signo del "punto pulmonar" (*lung point*); posee una sensibilidad del 65 al 75% y una especificidad del 100%<sup>24</sup> (FIGURA 6). Se lo observa en modo M y se caracteriza por presentar una sucesión de imágenes normales (signo de la playa) en la inspiración y líneas horizontales (signo de la estratósfera) durante la espiración; se corresponde con el punto del tórax donde en inspiración el pulmón toca o alcanza la pared torácica. Este signo se presenta preferentemente cuando el neumotórax es anterior y no está a tensión.

FIGURA 6

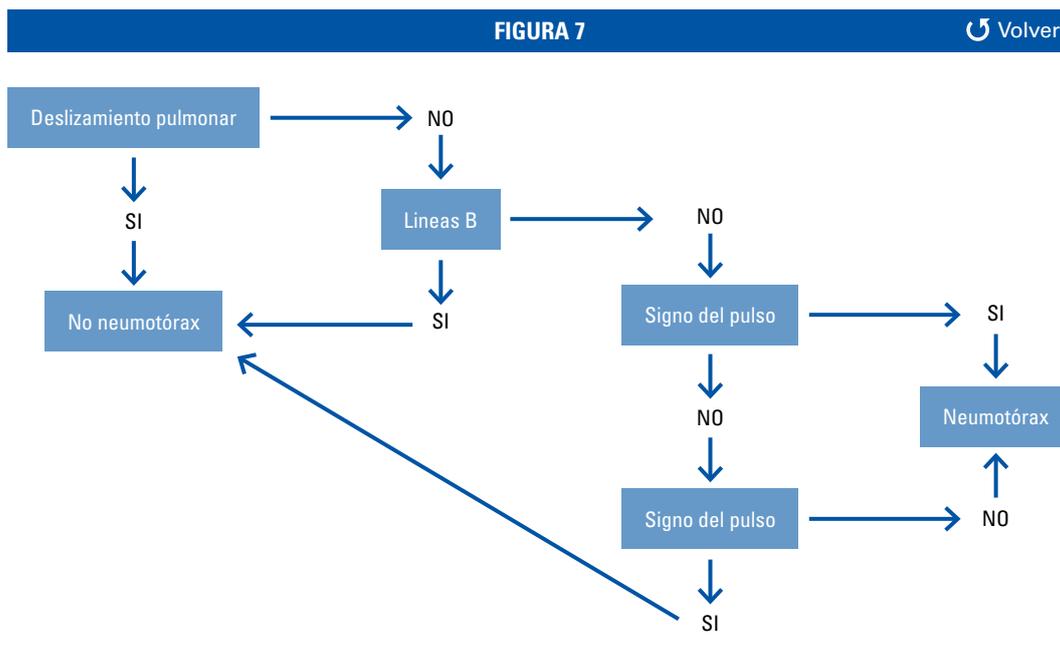
[Volver](#)


Signo del "punto pulmonar" (lung point). A la izquierda se observa parénquima pulmonar en modo Bidimensional, a la derecha observamos imagen en modo M. La flecha indica el cambio súbito del "signo de la playa" (seashore sign) que se observa durante la inspiración por el "signo de la estratósfera" (stratosphere sign) que aparece en la espiración.

En resumen y según lo expuesto en una revisión realizada por Volpicelli<sup>25</sup> sobre el diagnóstico ecográfico de neumotórax y por el Consenso Internacional de Expertos<sup>16</sup>, para realizar el diagnóstico de esta entidad existen tres signos ecográficos con alto valor predictivo negativo: ausencia del deslizamiento pulmonar, ausencia de líneas B y ausencia del "signo de pulso pulmonar". El único signo con alto valor predictivo positivo es la presencia del "signo del punto pulmonar".

Para descartar o realizar el diagnóstico de neumotórax debemos seguir el algoritmo propuesto por Volpicelli<sup>25</sup> (FIGURA 7). Mediante el mismo, comenzamos explorando las zonas anteriores del tórax de manera bilateral buscando los cuatro signos diagnósticos expuestos anteriormente, y a continuación seguimos explorando las áreas más dependientes.

La ecografía pulmonar posee una sensibilidad del 100%, especificidad del 91% y valor predictivo positivo del 87% para el diagnóstico de neumotórax. El signo del "punto pulmonar" posee una sensibilidad del 66% y una especificidad del 100%. La ausencia de líneas B tiene una especificidad y una sensibilidad del 97% para el diagnóstico de neumotórax. A diferencia de estos resultados, la radiografía de tórax obtenida en la cama del enfermo tiene una sensibilidad del 36%<sup>24-26</sup>.



Algoritmo propuesto por Volpicelli para descartar o diagnosticar un neumotórax.

Podemos decir finalmente que la ecografía pulmonar es una excelente alternativa para el diagnóstico de neumotórax en el enfermo grave<sup>19, 22, 23, 25, 26</sup>. Sin embargo, es necesario señalar que los neumotórax apicales, mediastinales y posteriores son más difíciles de visualizar por su localización anatómica.

### Diagnóstico del derrame pleural

El derrame pleural constituye un hallazgo frecuente en pacientes críticamente enfermos, posee una incidencia del 62% en pacientes internados de UCI<sup>28</sup>. El diagnóstico de derrame pleural a través de la ecografía fue descrito en 1967 por Joyner<sup>27</sup>. El ultrasonido permite evaluar tanto el volumen<sup>29, 30</sup> como la naturaleza del derrame y definir el área donde realizar la toracocentesis de una manera más certera que la radiografía de tórax. La detección rápida del derrame fue descrita en el protocolo BLUE<sup>10</sup>. En dicho protocolo, Lichtenstein define un punto estandarizado para buscar el derrame llamado "punto postero-lateral - síndrome pleural y/o alveolar" (*PLAPS-point*). Este punto se encuentra delimitado por dos líneas: una línea horizontal que se traza a nivel del pezón y que se continúa posteriormente hasta la intersección con una línea vertical que corresponde a la línea axilar posterior; en este punto es posible detectar derrames pleurales pequeños y grandes y el 90% de las consolidaciones alveolares presentes en pacientes críticos<sup>10</sup>.

El derrame pleural se observa fácilmente colocando el transductor microconvex o lineal sobre la pared torácica. La imagen ecográfica del derrame pleural se caracteriza por pérdida del movimiento pleural y nivel hidroaéreo que se visualiza como una imagen libre de ecos (imagen "anecoica", es

decir, negra) entre la pleura parietal y visceral<sup>31</sup>. Sin embargo, este criterio no es satisfactorio para los pacientes que poseen derrames que amenazan la vida como el pletorax o el hemotórax, los cuales se caracterizan por ser ecoicos<sup>8</sup>. Para realizar el diagnóstico debemos estar seguros que el líquido se encuentra por encima del diafragma.

De acuerdo con la apariencia ecográfica, el derrame pleural se puede clasificar en los siguientes tipos:

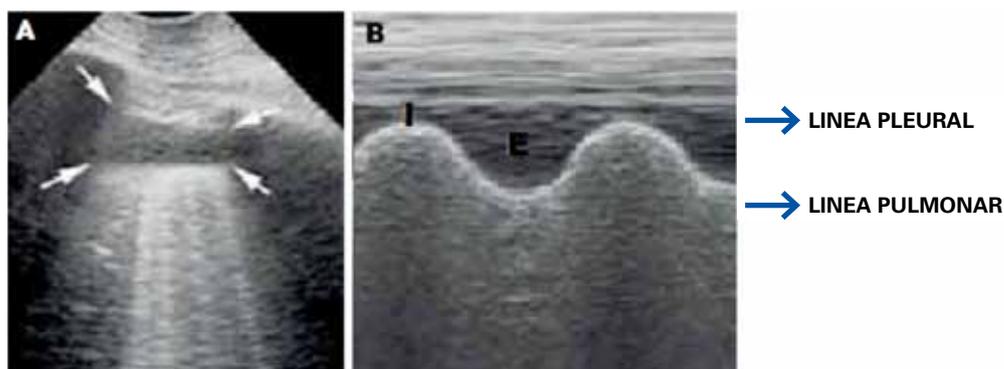
- Simple: totalmente anecoico
- Complejo no tabicado (sin septos): si existe material ecogénico en el seno de un derrame anecoico, generalmente puntiforme.
- Complejo tabicado (septado): si el material ecogénico tiene forma de filamentosos, tabiques.
- Ecogénico difuso: cuando existe ecogenicidad aumentada homogéneamente, se corresponde con la presencia de tejido desvitalizado, proteínas, fibrina y sangre.

La clasificación de un derrame en exudado o trasudado es a veces difícil, incluso con los criterios de laboratorio; sin embargo, la distinción es útil en términos de actitud diagnóstico-terapéutica. Las características del derrame en la ecografía pueden ayudar a diferenciar uno de otro, ya que generalmente los trasudados son anecoicos, aunque un derrame anecoico puede ser cualquiera de los dos. Sin embargo, un derrame complejo (tabicado o no) y uno difusamente ecogénico son siempre exudados. Estos últimos se corresponden habitualmente con hemotórax o empiemas<sup>32</sup>.

Existen dos signos que, independientemente, permiten el diagnóstico del derrame. El signo estático principal aparece si colocamos una sonda lineal sobre la pared torácica en el eje longitudinal: el derrame aparecerá delimitado por cuatro bordes regulares, formando un cuadrilátero, por lo que se denomina "signo del cuadrilátero" (*quad sign*), donde la línea pleural forma el borde superior, la sombra acústica de ambas costillas delimita los bordes laterales y el borde inferior está formado por una línea regular que constituye el parénquima pulmonar; se denomina línea pulmonar y representa a la pleura visceral (**FIGURA 8**).

El *segundo signo asociado constituye un signo dinámico y específico* para el diagnóstico del derrame pleural, es el "signo del senoide". Se observa en modo M a través del derrame; se caracteriza por describir el movimiento inspiratorio centrífugo de la línea pulmonar hacia la línea pleural. Puede acompañarse de atelectasias compresivas cuando existen derrames importantes (**FIGURA 8**).

FIGURA 8

[Volver](#)


A: Las flechas indican el "signo del cuadrilátero" (quad sign) del derrame pleural en un corte longitudinal del pulmón. B: "Signo del senoide" (modo M) I: representa la fase inspiratoria, E: fase espiratoria del ciclo respiratorio. La flecha superior representa la línea pleural y la inferior la línea pulmonar.

El "signo del cuadrilátero" y el "signo del senoide" alcanzan una especificidad para el diagnóstico de derrame pleural de 97% cuando se confirmó el diagnóstico de derrame por drenaje del líquido pleural por punción<sup>33</sup>. Si tomamos la TAC como método de referencia para el diagnóstico del derrame pleural, la ecografía posee una sensibilidad y especificidad del 93%<sup>34</sup>.

### Diagnóstico del síndrome alveolo-intersticial

Representa un gran número de entidades heterogéneas con compromiso difuso del intersticio pulmonar y deterioro de la capacidad de intercambio gaseoso alvéolo-capilar, las cuales conducen en mayor o menor medida al fallo respiratorio severo. Tales condiciones pueden presentarse de manera aguda o crónica. Dentro de ellas podemos destacar algunas entidades que se caracterizan por presentar un *patrón intersticial difuso*:

- **Edema pulmonar no-cardiogénico:** es un edema causado por alteración en la permeabilidad; por ejemplo, el SDRA y síndromes inflamatorios asociados a procesos infecciosos
- **Edema pulmonar cardiogénico:** es un edema causado por falla ventricular izquierda y/o por sobrecarga de volumen.
- **Neumonía intersticial o neumonitis**
- **Enfermedades intersticiales difusas del parénquima pulmonar**

Por otra parte, podemos encontrar síndromes con un *patrón intersticial focal* en las siguientes entidades:

- Neumonía y neumonitis
- Atelectasias
- Contusión pulmonar
- Infarto pulmonar
- Enfermedad pleural
- Neoplasias

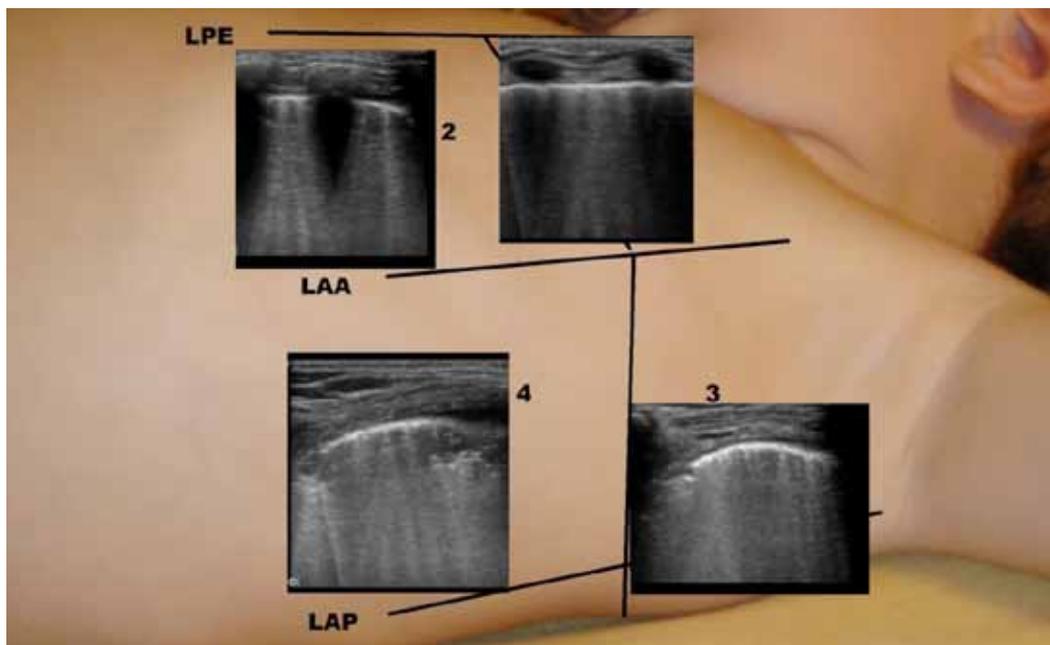
La ultrasonografía pulmonar es una técnica útil para diagnosticar el síndrome alveolo-intersticial en la cabecera del paciente. El diagnóstico sonográfico de dicho síndrome depende de la detección de múltiples y difusas líneas B en las distintas áreas del tórax descritas por Volpicelli<sup>11</sup> (FIGURA 9). Los patrones ecográficos pulmonares de estas enfermedades se encuentran bien definidos y se los denomina en términos generales "síndrome alveolo-intersticial"<sup>1, 11</sup> y se caracterizan por:

- Pérdida del movimiento pleural
- Pérdida de la línea pleural en presencia de consolidación pulmonar subpleural.
- La imagen ecográfica característica es la presencia de múltiples líneas B, también llamadas en la literatura anglosajona "*lungrockets*". Dichas líneas B deben poseer todas las características que hemos descrito anteriormente<sup>13, 14</sup>. La existencia de tres o más líneas B visualizadas en el eje longitudinal en por lo menos dos áreas de cada hemitórax, según lo expuesto en el consenso de expertos del 2012<sup>16</sup>, es diagnóstico de síndrome intersticial.
- Las líneas B y el patrón que adoptan se producen debido a la marcada diferencia en la impedancia acústica entre el aire y el agua por el engrosamiento de los septos interlobulares provocado por edema o fibrosis. El número de líneas B es directamente proporcional al grado de afectación alveolo-intersticial. De este modo, como hemos visto anteriormente, la presencia de líneas B separadas entre sí por una distancia de 7 mm (patrón B7) se corresponden con edema intersticial, mientras que si se encuentran dichas líneas a una distancia de 3 mm (patrón B3) indican la presencia de edema alveolar<sup>8, 34, 35</sup>.

Sin embargo, el ultrasonido pulmonar no es capaz de distinguir si la naturaleza del fluido que se acumula es agua o pus, si el tejido que prolifera es fibrótico o infiltrativo, o si el mecanismo que produce el paso de líquidos desde el vaso al intersticio es hidrostático o por aumento de la permeabilidad. Los distintos diagnósticos diferenciales que producen el síndrome alveolo-intersticial deben hacerse considerando el contexto clínico y los factores predisponentes y precipitantes, junto con algunos signos ecográficos descritos por Copetti et al<sup>35</sup>.

Lichtenstein, en su protocolo BLUE describe el rol de las líneas B en el diagnóstico diferencial de edema pulmonar, exacerbación de una enfermedad obstructiva crónica, crisis asmática aguda, embolismo pulmonar y neumonía de acuerdo a la presencia o ausencia de líneas B y su distribución focal o difusa<sup>10</sup>. Del mismo modo, Volpicelli y su grupo describen el diagnóstico diferencial, mediante la presencia de signos ecográficos, entre edema pulmonar agudo y la exacerbación de una enfermedad pulmonar obstructiva crónica como causa de disnea aguda en un paciente en el servicio de emergencias o en una unidad de cuidados críticos<sup>37-39</sup>.

FIGURA 9

 Volver


Paciente pediátrico con neumonía intersticial. Imagen obtenida con sonda lineal HFL 6-13MHz. Se observan áreas descritas por Volpicelli limitadas por LPE, LAA y LAP. En región 1 se observa corte longitudinal "signo del murciélago infantil" (youngbat sign). En los niños, la falta de osificación de la unión esterno-costal permite observar la línea pleural por debajo de la sombra costal. En regiones 1 y 2 corte longitudinal, se observa presencia de líneas B separadas por una distancia de 7 mm. Signo primario ecográfico de síndrome intersticio-alveolar. En las regiones 3 y 4 se observa corte ecográfico transversal, se identifican líneas B, a nivel de la región 4 se observa un infiltrado subpleural.

Los signos que se consideran específicos del edema por aumento de la permeabilidad son las denominadas zonas parcheadas (áreas de pulmón normales junto a áreas patológicas), la ausencia de deslizamiento pleuropulmonar y la presencia de áreas de consolidaciones pulmonares. Algunos autores han tratado de relacionar la intensidad del síndrome alveolo-intersticial con la cuantía del edema pulmonar, y han utilizado como referencia la medición del agua pulmonar extravascular (APE). De este modo, la existencia de múltiples líneas B representa la presencia de congestión pulmonar, lo cual puede ayudar a la detección, semicuantificación y monitorización del APE, en el diagnóstico diferencial de disnea y en el pronóstico y estadificación del fallo cardíaco crónico y síndromes coronarios agudos<sup>6, 36</sup> (TABLA 2).

TABLA 2 <span style="float: right;">Volver</span>				
DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE LAS DIFERENTES ETIOLOGÍAS DE SÍNDROME INTERSTICIAL CON ECOGRAFÍA PULMONAR				
	Edema agudo pulmonar cardiogénico	Fallo cardíaco crónico	SDRA	Fibrosis pulmonar
Contexto clínico	Agudo	Crónico	Agudo	Crónico
Número de líneas B	++++	+ / ++ / +++	++++	+ / ++ / +++
Distribución líneas B	Múltiples, difusas, bilaterales (pulmón blanco)	Múltiples, difusas, bilaterales. En zonas de decúbito (pulmón blanco y negro)	Distribución no homogénea. Presencia de áreas respetadas	Con más frecuencia posterior en bases pulmonares
Otros signos UP	Derrame pleural	Derrame pleural	Derrame pleural, alteración pleural, consolidados parenquimatosos de tamaños variables	Engrosamiento pleural
Ecocardiograma	Anormal	Anormal	Probablemente normal	Probablemente normal

UP: ultrasonido pulmonar. SDRA: síndrome de distress respiratorio del adulto.

Agrícola emplea un sistema de puntuación ultrasonográfico que consiste en la suma del total de líneas B observadas en el conjunto de zonas escaneadas<sup>40</sup>. Esta puntuación se correlaciona moderadamente con el APE medido por el método de la termodilución transpulmonar. En la práctica clínica es útil considerar la puntuación como una estimación semicuantitativa del edema pulmonar. La utilización de la ecografía puede resultar especialmente útil en aquellos casos sin expresividad radiológica por no haber alcanzado aún el umbral del edema alveolar, que suele producirse con un incremento del 50-75% del valor superior de la normalidad del APE. Fagenholtz y su grupo describieron que la presencia de un patrón ecográfico intersticial puede revelar la causa de la hipoxemia o poner de manifiesto el edema, incluso antes de que se produzca un deterioro en el intercambio gaseoso. Por otro lado, establecieron la utilidad del uso de la ecografía pulmonar en la monitorización de la evolución de los pacientes con edema pulmonar y en la respuesta al tratamiento. Dichos autores comprobaron en pacientes con edema pulmonar de las alturas, que la mejoría clínica y en la saturación arterial de oxígeno se correlacionaba con la disminución en el número de líneas B en la ecografía pulmonar<sup>41</sup>. Por su parte, Noble y su grupo estudiaron a un grupo de pacientes con insuficiencia renal y sobrecarga hídrica, antes y después de la realización de hemodiálisis, y encontraron en ellos una asociación significativa entre el volumen de líquido retirado y la disminución en el número total de líneas B (2 a 7 líneas por cada 500 ml)<sup>42</sup>.

Finalmente, podemos decir que la ultrasonografía pulmonar para el diagnóstico de síndrome intersticial es una técnica no invasiva y superior a la radiografía convencional<sup>43</sup>.

### Diagnóstico del síndrome alveolar

La consolidación alveolar es un trastorno en los fluidos. Diferentes tipos de fluidos de acuerdo al contexto clínico del paciente pueden ocupar los alveolos (trasudado, exudado, sangre, agua, solución salina, etc.). Por consiguiente, al estar ocupados los espacios aéreos con líquido o células inflamatorias, el pulmón aireado que es altamente reflexógeno se convierte en una masa sólida, densa y con buena transmisión sónica. Así, el pulmón consolidado es hipoecogénico en comparación con el pulmón aireado.

Para el diagnóstico de consolidación pulmonar deben existir dos requisitos:

- El primero es que su localización debe ser intratorácica, para ello es importante localizar en las zonas basales el diafragma.
- El segundo es que exista contacto con la pleura para que los ultrasonidos la vean. Esta condición se cumple en la inmensa mayoría de las consolidaciones (90%).

La consolidación alveolar aguda posee patrones característicos:

- “Signo de patrón tisular” (*tissue-like sign*). Similar al tejido de órganos sólidos como el hígado. Éste es el único criterio imprescindible para el diagnóstico de consolidación alveolar.
- “Signo del límite fragmentado” (*shred sign*), cuando describimos anteriormente el “signo del cuadrilátero” la línea pulmonar era regular, aquí contrariamente el borde profundo de la consolidación pulmonar que está en contacto con el pulmón aireado es irregular, se encuentra fragmentado. Excepto que exista una consolidación lobar completa o una consolidación subpleural (FIGURA 10 Y 11).

FIGURA 10

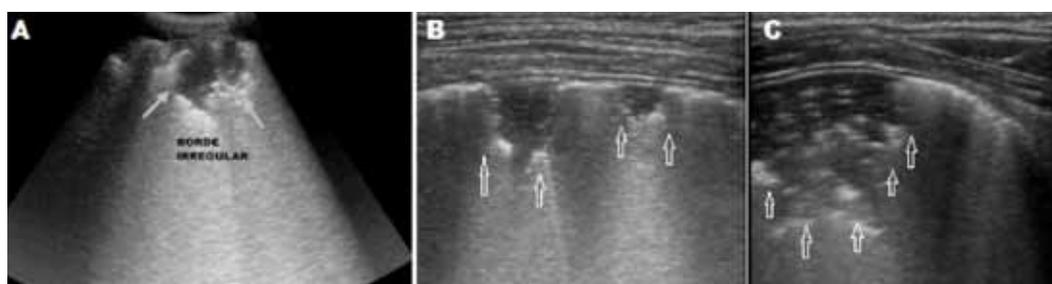
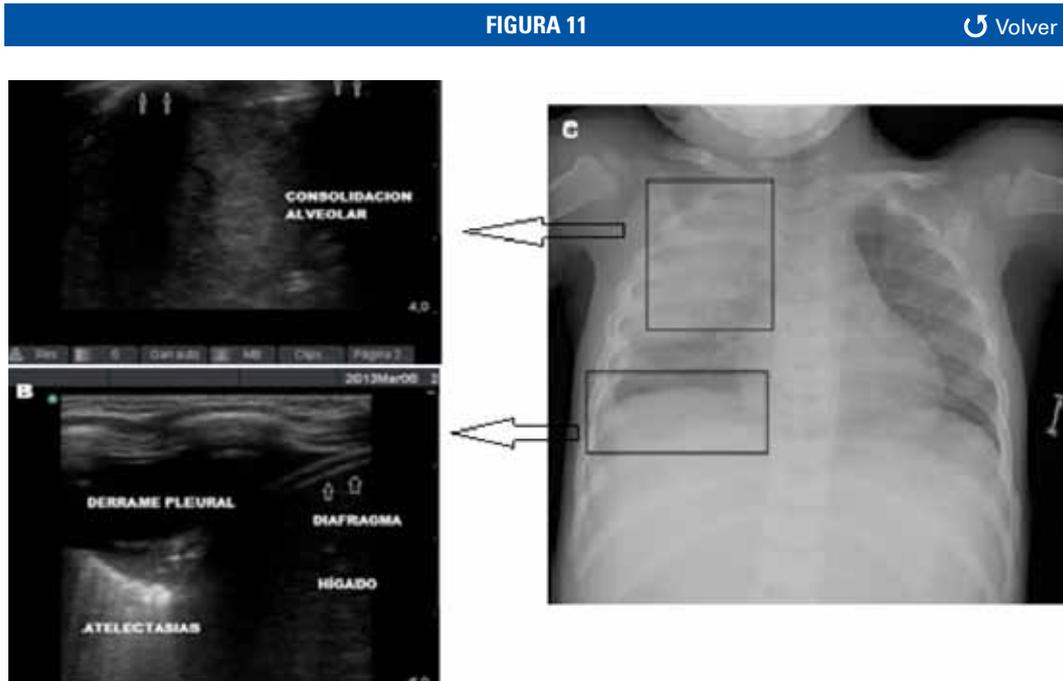


Imagen de consolidación alveolar. A: se observa imagen obtenida con sonda convex. B y C: imágenes obtenidas con sonda lineal HFL. Las flechas delimitan área de bordes fragmentados, las cuales constituyen el “signo del límite fragmentado” (*shred sign*). En C aparecen imágenes hiperecoicas (blancas) correspondientes a broncogramas aéreos.



A la derecha se observan imágenes ecográficas obtenidas con sonda lineal HFL de 6-13 MHz en un paciente de 2 años con neumonía del lóbulo superior derecho. A: Patrón ecográfico de consolidación alveolar “signo del patrón tisular” en región antero-superior-derecha. Las flechas blancas indican las sombras acústicas costales. B: Imagen anecoica del derrame pleural en región postero-inferior derecha, se observa también área de consolidación asociada al derrame probablemente debida a fenómenos atelectásicos. C: Radiografía de tórax donde se visualiza condensación en el LSD y derrame pleural.

- Presencia de broncograma-aéreo y alveolograma-aéreo: la existencia de aire en las vías aéreas se manifiesta como imágenes hiperecogénicas, puntiformes o lineales en función de que se corten transversal u horizontalmente. Representan el aire en el interior de los bronquios o alveolos rodeados del pulmón consolidado. El broncograma aéreo es un signo específico de consolidación; sin embargo, debe encontrarse junto a los dos signos descritos anteriormente.
- Ausencia de artefactos (líneas A o B): el reemplazo de aire por otro tipo de material (edema, celularidad) o su ausencia (colapso) impide la formación de los artefactos que dependen de la interacción en la interfase aire/fluido.
- Ausencia del “signo del sinusoides”, esto lo distingue de un derrame pleural en aquellos casos en los que presenta una ecogenicidad reducida.
- Visualización de arterias y venas pulmonares intraparenquimatosas.

La consolidación puede ser una atelectasia (obstructiva o no obstructiva), neumonía, contusión, infarto, tumor, etc. La ecografía no distingue la naturaleza de la consolidación, por lo que son otros criterios clínicos u otras pruebas complementarias los que orientarán el diagnóstico. No obstante, existen trabajos que tratan de encontrar criterios discriminativos entre unas y otras. Lichtenstein ha comunicado que la presencia de broncograma aéreo dinámico

puede servir para el diagnóstico diferencial entre neumonía y atelectasia por reabsorción<sup>45</sup>. Este signo se basa en el cambio que experimentan en la longitud (41cm) las líneas hiperecogénicas con los movimientos respiratorios, pero para esto es preciso no modificar el plano de exploración.

Las atelectasias producen *signos tempranos*, los cuales son funcionales y *signos tardíos*, los cuales son anatómicos. El "signo del pulso pulmonar" es un signo temprano que se produce, por ejemplo, cuando creamos una atelectasia completa de manera artificial al realizar una intubación endobronquial; el "deslizamiento pulmonar" es abolido y el latido cardíaco es transmitido a través del tejido pulmonar colapsado, el signo del pulso puede registrarse en modo M y aparece dentro de los primeros segundos desde que se origina la atelectasia, en el 90% de los casos (el deslizamiento pleural es abolido en todos los casos)<sup>46</sup>. Recordemos que el "signo del pulso" descarta la presencia de neumotórax. En la medida que pasa el tiempo, el gas es progresivamente reabsorbido y la atelectasia se hace visible en la radiografía de tórax. La imagen ecográfica del tejido colapsado aparece como el "del patrón tisular". Sin embargo, el gas que no es reabsorbido completamente es visto a través de los "broncogramas aéreos estáticos" que poseen una sensibilidad del 94% para atelectasias, pero una baja especificidad ya que la neumonía puede mostrar este patrón en un 40% de los casos. Otro signo característico es la pérdida de volumen pulmonar.

La sensibilidad del ultrasonido pulmonar para la detección de consolidación en pacientes críticamente enfermos es de un 90%<sup>10, 43, 44</sup>. Xirouchaki y su grupo, en un estudio de pacientes en UCI, reportaron una sensibilidad del 100% y una agudeza diagnóstica de 95% para identificar la presencia de consolidación mediante ecografía. Similar al resultado para el diagnóstico de síndrome intersticial, donde la radiografía tuvo menor sensibilidad (38%) y agudeza diagnóstica (49%) comparada con la ecografía pulmonar<sup>47</sup>.

### Aplicación clínica

La utilización de ultrasonido pulmonar nos permite, mediante el reconocimiento de distintos patrones ecográficos, realizar el diagnóstico de múltiples entidades clínicas como hemos expuesto a lo largo de esta revisión.

Dentro de las aplicaciones clínicas del ultrasonido pulmonar ya hemos mencionado anteriormente su utilidad en el diagnóstico del paciente con disnea aguda. El grupo de Lichtenstein, con la utilización del protocolo BLUE, ha alcanzado una precisión diagnóstica del 90,5% sobre 260 pacientes ingresados en una UCI por insuficiencia respiratoria aguda<sup>10</sup>.

Además, la ecografía pulmonar nos permite realizar diferentes procedimientos invasivos guiados bajo visión ecográfica, como la toracocentesis en pacientes con derrame pleural, el drenaje del neumotórax o realizar una intubación endobronquial selectiva en quirófano para procedimientos quirúrgicos

como videotorascopias (ausencia del deslizamiento pleural y la presencia del "signo del pulso" en el pulmón no ventilado)<sup>46</sup>. El ultrasonido también es útil para confirmar la intubación endotraqueal en pacientes pediátricos<sup>48, 49</sup>.

En los servicios de urgencia se ha desarrollado el diagnóstico sonográfico del trauma (FAST "Focused Assesment with Sonography for Trauma")<sup>50</sup>, lo que permite un rápido diagnóstico ultrasonográfico de los pacientes traumatizados, y reevaluar su evolución de una manera dinámica.

En pacientes con SDRA, la ecografía pulmonar ha demostrado ser superior a la auscultación o la radiografía de tórax para el diagnóstico de derrame pleural, consolidación alveolar y síndrome intersticio-alveolar, así como para evaluar la extensión de injuria pulmonar<sup>51</sup>. De esta manera, la ecografía pleuropulmonar constituye una excelente herramienta para la valoración y el seguimiento de estos pacientes. Además, es de gran utilidad la evaluación del porcentaje de pulmón colapsado en las regiones basales y dependientes, en las que se puede utilizar la ecografía transesofágica para evaluar la efectividad de las maniobras de reclutamiento alveolar a la cabecera del paciente y ayudar a la elección de una mejor estrategia ventilatoria. Permite también, disminuir el número de radiografías de tórax y TAC necesarias para el seguimiento de esta patología<sup>51</sup>.

El beneficio de la utilización del ultrasonido pulmonar como guía para realizar la maniobra de reclutamiento alveolar ha sido estudiado por Gardelli y Bouhemad<sup>52, 53</sup>. Estos grupos han publicado la relación entre los diferentes patrones ecográficos de apertura pulmonar y el resultado de las maniobras de reclutamiento en pacientes con SDRA. La ecografía pulmonar puede ayudar en la elección de una mejor estrategia ventilatoria, permitiendo un monitoreo estrecho de dicha maniobra tendiente a mejorar la aireación pulmonar. Sin embargo, la ecografía no permite un control preciso de la hiperinsuflación inducida por la PEEP, por lo que no debe ser utilizada como un método para detectar la sobredistensión<sup>53</sup>. Son necesarios más estudios para evaluar el real beneficio de la ecografía pulmonar en la monitorización de la maniobra de reclutamiento pulmonar.

### Limitaciones de la ecografía pleuropulmonar

Ya que el aire refleja el ultrasonido, es imposible realizar un examen pleuropulmonar en un paciente con enfisema subcutáneo. Otra limitación asociada a la ecografía pulmonar es la dificultad para examinar patologías pulmonares profundas, porque sólo las porciones más superficiales son accesibles al ultrasonido. Los pacientes obesos mórbidos también presentan limitación al examen ecográfico. El diagnóstico ecográfico de embolismo pulmonar puede ser difícil de diagnosticar en algunas circunstancias, por lo que a veces es necesario utilizar otros métodos diagnósticos como ecografía de miembros inferiores y del corazón.

## Conclusiones

A lo largo del presente artículo hemos desarrollado cómo la ultrasonografía pleuropulmonar, considerada hace algunos años como un imposible, se ha convertido en la actualidad en una excelente herramienta no invasiva de diagnóstico y seguimiento terapéutico. La ecografía posee elevados índices de sensibilidad, especificidad y valor predictivo para el diagnóstico de diferentes entidades pulmonares presentes en el paciente crítico, tanto en áreas de urgencias, de terapia intensiva como en quirófano.

La gran mayoría de las publicaciones son referidas a pacientes en UCI o en áreas de urgencias; sin embargo, en los últimos años, los anestesiólogos han ido reportando su experiencia en quirófano<sup>54-56</sup>.

Uno de los principales beneficios de esta nueva herramienta es que nos permite obtener una imagen dinámica del pulmón a la cabecera del paciente que se encuentra en asistencia ventilatoria mecánica. Recientemente han surgido trabajos de investigación donde se muestra la utilidad de la ecografía pleuropulmonar en la monitorización dinámica y mejoría en la estrategia ventilatoria a través de maniobras de reclutamiento alveolar en pacientes sometidos a asistencia ventilatoria mecánica en UCI.

## Referencias Bibliográficas

1. Harrison TR. Principles of Internal Medicine. New York, McGraw-Hill; 2001; p 1454. [Volver](#)
2. Lichtenstein DA. Review: Lung ultrasound in critically ill. Netherlands Journal of Critical Care. 2012; 16: 43-51. [Volver](#)
3. Colmenero M, García Delgado M, Navarrete I, et al. Revisión: Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. Med Intensiva. 2010; 34(9): 620–8. [Volver](#)
4. Lichtenstein D. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. Pediatric Crit Care Med 2009; 10(6): 693-8. [Volver](#)
5. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, et al. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. Critical Care. 2007; 11: 205. [Volver](#)
6. Gargani L. Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist. Cardiovascular Ultrasound 2011; 9: 6 [Volver](#)
7. Lichtenstein DA. General ultrasound in the critically ill. 2nd Ed. Berlin, Germany; Springer-Verlag; 2005. [Volver](#)
8. Lichtenstein DA. Whole body ultrasound in the critically ill. Ed. Berlin, Germany; Springer-Verlag; 2010. [Volver](#)
9. Xirouchaki N, Georgopoulos D. The use of lung ultrasound: A brief review for critical care physicians and pneumonologists. Pneumon 2007; 20(2): 134-41. [Volver](#)
10. Lichtenstein DA, Meziere G. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure - The BLUE Protocol. Chest 2008; 134: 117-25. [Volver](#)
11. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. Am J Emerg Med 2006; 24: 689–96 [Volver](#)
12. Nalos M, Kot M, McLean S, et al. Bedside Lung Ultrasound in the Care of the Critically ill. Current Respiratory Medicine Reviews, 2010; 6: 271-8. [Volver](#)
13. Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1997; 156: 1640-6. [Volver](#)
14. Frassi F, Gargani L, Gligorova S, et al. Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. Eur J Echocardiography 2007; 8: 474-9. [Volver](#)
15. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, et al. The comet- tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. Intensive Care Med 1999; 25: 383-8. [Volver](#)
16. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. Conference Reports and Expert Panel. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med 2012; 38: 577-91. [Volver](#)
17. Neff MA, Monk JS, Peters K, et al. Detection of occult pneumothoraces on abdominal computed tomographic scans in trauma patients. J Trauma 2002; 49: 281–5. [Volver](#)
18. Zhang M, Liu ZH, Yang JX, et al. Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. Crit Care 2006; 10(4): R112. [Volver](#)
19. Garofalo G, Busso M, Perotto F, et al. Ultrasound diagnosis of pneumothorax. Radiol Med 2006; 111: 516-25. [Volver](#)
20. Soldati G, Testa A, Sher S, et al. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. Chest 2008; 133: 204–11. [Volver](#)
21. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, et al. Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: correlation with chest radiography and CT - initial experience. Radiology 2002; 225: 210–14. [Volver](#)
22. Lichtenstein D, Mezière G, Lascols N. et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. Crit Care Med 2005; 33: 1231–8. [Volver](#)

23. Lichtenstein D, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill: lung sliding. *Chest* 1995; 108: 1345–8. [Volver](#)
24. Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, et al. The “lung point”: an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med* 2000; 26: 1434-40. [Volver](#)
25. Volpicelli G. Sonographic diagnosis of pneumothorax. *Intensive Care Med* 2011; 37: 224–32. [Volver](#)
26. Alrajhi K, Woo M, Vaillancourt C. Test Characteristics of Ultrasonography for the Detection of Pneumothorax: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest* 2012; 141(3): 703–8. [Volver](#)
27. Joyner CR, Herman RJ, Reid JM. Reflected ultrasound in the detection and localization of pleural effusion. *JAMA* 1967; 200: 399–402. [Volver](#)
28. Mattison LE, Coppage L, Alderman DF, et al. Pleural effusions in the medical ICU: prevalence, causes and clinical implications. *Chest* 1997; 111: 1018–22. [Volver](#)
29. Vignon P, Chastagner C, Berkane V, et al. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med*. 2005; 33: 1757–63. [Volver](#)
30. Balik M, Plasil P, Waldauf P, et al. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2006; 32: 318–21. [Volver](#)
31. Eibenberger KL, Dock WI, Ammann ME, et al. Quantification of pleural effusions: Sonography versus radiography. *Radiology*.1994; 191: 681–4. [Volver](#)
32. Yang PC, Luh KT, Chang DB, et al. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: Analysis of 320 cases. *Am J Roentgenol*.1992; 159: 29–33. [Volver](#)
33. Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, et al. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 1999; 25: 955-8. [Volver](#)
34. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lungwater. *Am J Cardiol* 2004; 93: 1265-70. [Volver](#)
35. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chestsonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovascular Ultrasound* 2008; 6: 16. [Volver](#)
36. Gargani L, Frassi F, Soldati G, et al. Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnea: a comparison with natriuretic peptides. *Eur J Hear Fail* 2008, 10: 70-7. [Volver](#)
37. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar interstitial syndrome. *Am J Emerg Med* 2006, 24: 689-96. [Volver](#)
38. Volpicelli G, Cardinale L, Garofalo G, et al. Review article: Usefulness of lung ultrasound in the bedside distinction between pulmonary edema and exacerbation of COPD. *Emerg Radiol* 2008, 15: 145–51 [Volver](#)
39. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, et al. Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure. *Am J Emerg Med* 2008, 26: 585-91. [Volver](#)
40. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, et al. “Ultrasound comet - tail images”: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lungwater. *Chest* 2005, 127: 1690-5. [Volver](#)
41. Fagenholz PJ, Gutman JA, Murray AF, et al. Chest ultrasonography for the diagnosis and monitoring of high-altitude pulmonary edema. *Chest* 2007; 131: 1013–8. [Volver](#)

42. Noble VE, Murray AF, Capp R, et al. Ultrasound assessment for extravascular lungwater in patients undergoing hemodialysis. Time course for resolution. *Chest* 2009; 135: 1433-9. [Volver](#)
43. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? 2011, *Chest* 139: 1140-7. [Volver](#)
44. Lichtenstein D, Lascols N, Meziere G, et al. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004; 30: 276-81. [Volver](#)
45. Lichtenstein D, Mezière G, Seitz J. The dynamic air bronchogram: A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest* 2009; 135: 1421-5. [Volver](#)
46. Lichtenstein DA, Lascols N, Prin S, et al. The "lung pulse": A nearly ultrasound sign of complete atelectasis. *Intensive Care Med* 2003; 29: 2187-92. [Volver](#)
47. Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med* 2011, 37: 1488-93. [Volver](#)
48. Galiciano J, Bush AJ, Godambe SA. Use of bedside ultrasonography for endotracheal tube placement in pediatric patients: a feasibility study. *Pediatrics* 2007; 120: 1297-303. [Volver](#)
49. Kerrey BT, Geis GL, Quinn AM, et al. A prospective comparison of diaphragmatic ultrasound and chest radiography to determine endotracheal tube position in a pediatric emergency department. *Pediatrics* 2009; 123: e1039-e1044. [Volver](#)
50. Scalea TM, Rodriguez A, Chic WC. Consensus Conference Committee. Focused assessment with sonography for trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma* 1999; 46: 466-80. [Volver](#)
51. Lichtenstein DA, Goldstein I, Mourgeon E, et al. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography and lung ultrasonography in ARDS. *Anesthesiology* 2004; 100: 9-15. [Volver](#)
52. Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, et al. Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *Emerg Radiol* 2009; 16: 219-21. [Volver](#)
53. Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, et al. Bedside Ultrasound Assessment of Positive End-Expiratory Pressure-induced Lung Recruitment. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183: 341-7. [Volver](#)
54. Sustic A, Protic A, Cicvaric T, et al. The addition of a brief ultrasound examination to clinical assessment increases the ability to confirm placement of double-lumen endotracheal tubes. *J Clin Anesth* 2010; 22: 246-9. [Volver](#)
55. Ueda K, Ahmed W, Ross AF. Intraoperative pneumothorax identified with transthoracic ultrasound. *Anesthesiology* 2011; 115: 653-5. [Volver](#)
56. Piette E, Daoust R, Denault A. Basic concepts in the use of toracic and lung ultrasound. *Curr Opin Anesthesiol* 2013; 26: 20-30. [Volver](#)

**Recibido:** 02-06-13

**Aceptado:** 22-06-13

**Conflicto de intereses:** Ninguno declarado