

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**“CARACTERIZACIÓN DE CRISIS HIPERTENSIVA MEDIANTE DETECCIÓN DE  
CONGESTIÓN PULMONAR SUBCLÍNICA EN PACIENTES ASINTOMÁTICOS  
AMBULATORIOS”**

Por

**Dr. Ray Erick Ramos Cázares**

Cómo requisito para obtener el grado de especialista en Cardiología

Diciembre 2024

**“CARACTERIZACIÓN DE CRISIS HIPERTENSIVA MEDIANTE DETECCIÓN DE  
CONGESTIÓN PULMONAR SUBCLÍNICA EN PACIENTES ASINTOMÁTICOS  
AMBULATORIOS”**

Aprobación de la tesis:



---

**Dr. med. José Ramón Azpiri López**

**Director de tesis**

**Coordinador de Investigación del Servicio de Cardiología**



---

**Dr. Alejandro Ordaz Farías**

**Codirector de tesis**

**Jefe de Enseñanza del Servicio de Cardiología**



---

**Dr. med. Ramiro Flores Ramírez**

**Jefe del Servicio de Cardiología**



---

**Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez**

**Subdirector de Estudios de Posgrado**

## **Agradecimientos**

### **A mis padres, Blanca y Raymundo**

Por cada oración y cada desvelo.

Por donde estoy y por lo que soy.

### **Karime**

Mi definición de guerrera.

### **María Andrea**

Mi equipo y fortaleza.

Por la comunión de tus sueños con mis sueños, de tus metas con mis metas, y de tu vida con la mía.

## Dedicatoria

**A Dios.**

Sin más. Así de simple. Así de extenso.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. Resumen.....	1
<b>CAPÍTULO II</b> .....	2
2. Introducción.....	2
2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Definición del problema de investigación .....	7
2.3 Justificación .....	8
2.4 Pregunta de investigación .....	8
2.5 Originalidad y contribución .....	8
<b>CAPÍTULO III</b> .....	10
3. Hipótesis .....	10
3.1 Hipótesis alterna .....	10
3.2 Hipótesis nula .....	10
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	11
4. Objetivos .....	11
4.1 Objetivo primario.....	11
4.2 Objetivos secundarios.....	11
<b>CAPÍTULO V</b> .....	12
5. Material y métodos .....	12
5.1 Diseño del estudio.....	12
5.2 Cálculo del tamaño de la muestra .....	12
5.3 Población .....	13
5.4 Descripción metodológica del estudio .....	14
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	19
6. Resultados .....	19
6.1 Características demográficas.....	19
6.2 Distribución de las cifras de presión arterial .....	21
6.3 Hallazgos en el ultrasonido pulmonar .....	22
6.4 Características basales de pacientes con líneas B pulmonares .....	24
6.5 Correlación entre presión arterial y líneas B pulmonares .....	26
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	29
7. Discusión.....	29

7.1 Utilidad del Ultrasonido Pulmonar en Insuficiencia Cardíaca y Sobrecarga de Volumen .....	33
7.2 Ultrasonido pulmonar en otros escenarios .....	35
7.3 Fortalezas y debilidades del estudio .....	37
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	41
8. Conclusión .....	41
<b>CAPÍTULO IX</b> .....	42
9. Anexos .....	42
<b>CAPÍTULO X</b> .....	43
10. Bibliografía .....	43
<b>CAPÍTULO XI</b> .....	47
11. Resumen autobiográfico .....	47

## Índice de tablas

Tabla 1.....	3
Tabla 2.....	20
Tabla 3.....	22
Tabla 4.....	24
Tabla 5.....	25
Tabla 6.....	26
Tabla 7.....	28

## Índice de figuras

Figura 1 .....	16
----------------	----



## Listado de abreviaturas

<b>ACC/AHA</b>	American College of Cardiology/American Heart Association
<b>DM2</b>	Diabetes Mellitus tipo 2
<b>ERC</b>	Enfermedad Renal Crónica
<b>ESC</b>	European Society of Cardiology
<b>HAS</b>	Hipertensión arterial
<b>ICC</b>	Insuficiencia cardíaca
<b>PAD</b>	Presión arterial diastólica
<b>PAM</b>	Presión arterial media
<b>PAS</b>	Presión arterial sistólica
<b>mmHg</b>	milímetros de mercurio

# CAPÍTULO I

## 1. Resumen

### Introducción:

La hipertensión arterial severa asintomática es un factor de riesgo relevante para enfermedades cardiovasculares y daño a órganos diana. En ausencia de síntomas, el diagnóstico se complica, limitando la identificación temprana de riesgos subclínicos como la congestión pulmonar. Este estudio propone el uso de ultrasonido pulmonar como una herramienta accesible para detectar congestión pulmonar subclínica en pacientes ambulatorios, permitiendo una reclasificación hacia emergencia hipertensiva cuando sea necesario.

### Material y Métodos:

Se realizó un estudio transversal en 97 pacientes ambulatorios con hipertensión severa asintomática (presión sistólica  $\geq 160$  mmHg). Se utilizaron ultrasonidos portátiles para evaluar la presencia de líneas B, indicativas de congestión pulmonar, en ocho segmentos pulmonares. Se analizaron variables demográficas, comorbilidades y correlaciones entre cifras tensionales y hallazgos en el ultrasonido. Los resultados se categorizaron según los niveles de presión arterial sistólica y media.

### Resultados:

El patrón B pulmonar se detectó en el 3.1% de los pacientes, mientras que la presencia de al menos una línea B se observó en el 24.7%. No se encontraron correlaciones significativas entre cifras de presión arterial y la presencia de líneas B, excepto en las categorías de presión arterial media, donde se identificaron asociaciones relevantes ( $p = 0.002$  para patrón B). La baja prevalencia general de congestión pulmonar sugiere que esta condición podría ser menos común en pacientes sin síntomas evidentes.

### Conclusión:

El ultrasonido pulmonar se perfila como una herramienta potencial para detectar congestión subclínica en pacientes ambulatorios con hipertensión severa asintomática, aunque su utilidad clínica general aún es limitada por la baja prevalencia de hallazgos. Estudios futuros con diseños longitudinales y muestras mayores son necesarios para validar su aplicación en la práctica clínica y definir su rol en la prevención de emergencias hipertensivas.

## CAPÍTULO II

### 2. Introducción

A pesar de los esfuerzos para su diagnóstico y adecuado control, la hipertensión arterial sistémica ha persistido en las últimas décadas como el factor de riesgo prevenible más importante y frecuente para enfermedades con alto impacto en la morbimortalidad de la población, principalmente la enfermedad cardiovascular, la progresión de la enfermedad renal, e incluso el deterioro cognitivo. Además, prevalece como el factor de riesgo aislado más importante para discapacidad y mortalidad por todas las causas [1]. La hipertensión arterial se define como las cifras de presión arterial a partir de las cuales los beneficios de iniciar medidas terapéuticas - ya sean farmacológicas o no - superan a los riesgos potenciales [1].

Aunque la hipertensión arterial puede considerarse un factor dicotómico para el riesgo de eventos cardiovasculares adversos, los valores de presión arterial muestran un comportamiento lineal en relación con el desarrollo y la gravedad de estas complicaciones: a mayor presión arterial, mayor es el riesgo. Por lo anterior, las guías internacionales han propuesto clasificar las cifras de presión arterial en grados o estadios (Tabla 1). La ACC/AHA clasifica la hipertensión arterial en estadio 1 para presiones sistólicas de 130-139 mm Hg y diastólicas de 80-89 mm Hg, y en estadio 2 cuando la presión sistólica es  $\geq 140$  mm Hg o la diastólica  $\geq 90$  mm Hg. En contraste, la ESC define la hipertensión en grado 1 con PAS entre 140-159 mm Hg y PAD entre 90-99 mmHg; grado 2 para PAS de 160-179 mm Hg y PAD de 100-109 mm Hg; y grado 3 para PAS  $> 180$  mmHg o PAD  $\geq 110$  mmHg [2].

**Tabla 1.** Comparación de los Umbrales de Presión Arterial de ACC/AHA y ESC/ESH

	<b>ACC/AHA</b>	<b>ESC</b>
Definición de Hipertensión (mm Hg)	≥ 130/80	≥ 140/90
Rangos de Presión Arterial Normal (mm Hg)	Normal: < 120/80 Elevada: 120-129/<80	Óptima: < 120/80 Normal: 120-129/80-84 Alta normal: 130-139/85-89
Etapas de Hipertensión (mm Hg)	Etapa 1: 130-139/80-89 Etapa 2: ≥ 140/90	Grado 1: 140-159/90-99 Grado 2: 160-179/100-109 Grado 3: ≥ 180/110

*ACC/AHA: American College of Cardiology/American Heart Association; ESC: European Society of Cardiology*

La hipertensión arterial se considera grave o severa cuando las cifras de presión arterial sistólica son ≥180 mmHg y la diastólica entre 110-120 mmHg. La crisis hipertensiva puede clasificarse como emergencia o urgencia hipertensiva, según la afectación de la función de órganos diana y la presencia de complicaciones secundarias al aumento de presión arterial, como el edema pulmonar [3].

Los órganos más comúnmente afectados en la hipertensión severa incluyen:

- Retina: hemorragias, exudados o papiledema.
- Cerebro: infarto cerebral isquémico o hemorrágico, encefalopatía.
- Corazón: insuficiencia cardíaca descompensada, síndromes coronarios agudos.
- Grandes vasos: disección aórtica.
- Riñones: lesión renal aguda.
- Microvasculatura: anemia hemolítica.

Otra manifestación de igual gravedad es la presencia de congestión pulmonar de origen cardiogénico, secundario al aumento en la poscarga. La presencia de cualquiera de estas complicaciones clasifica la crisis como una emergencia hipertensiva, una situación con alto riesgo de mortalidad o de pérdida de la función del órgano afectado a corto plazo.

En estos casos, el paciente debe ser admitido en el hospital, preferiblemente en la unidad de terapia intensiva, para recibir medicamentos intravenosos. Las metas de control de la presión arterial y la elección de medicamentos dependen del órgano afectado y de las cifras tensionales iniciales [4].

Por otro lado, cuando la crisis hipertensiva se presenta sin evidencia de daño a órganos diana ni otros signos de gravedad, como la congestión pulmonar, se denomina urgencia hipertensiva. En estos casos, el manejo generalmente incluye el uso de agentes orales de rápido inicio de acción. El monitoreo puede realizarse en la unidad de urgencias o, en algunos casos, de manera ambulatoria, según la presencia de síntomas asociados y otros factores clínicos [5].

En contraste, la hipertensión severa puede presentarse de manera subaguda o crónica sin manifestar síntomas, condición que se denomina hipertensión severa asintomática [6]. Esta suele ser detectada en el entorno ambulatorio, e incluso en el domicilio, mediante el monitoreo ambulatorio de la presión arterial, permitiendo su manejo con medicamentos orales y un seguimiento estrecho para alcanzar las metas terapéuticas deseadas. Sin embargo, un desafío en el tratamiento de la hipertensión severa asintomática en pacientes ambulatorios es la limitación de estudios

complementarios que permitan identificar la presencia de equivalentes de gravedad, como daño a órgano diana. Esta limitación dificulta el diagnóstico diferencial con una emergencia hipertensiva [7], [8].

El ultrasonido pulmonar es una herramienta ampliamente utilizada, accesible y disponible en numerosos centros de atención. La evidencia respalda cada vez más su uso en el monitoreo de diversas enfermedades, destacando sus ventajas como método no invasivo, fácil de realizar e interpretar, con alta reproducibilidad y una curva de aprendizaje relativamente corta. La disponibilidad de equipos portátiles ha favorecido su integración en diversos entornos clínicos. Estas características han consolidado su uso en la sala de emergencias para la evaluación diagnóstica de patologías pulmonares. Se han establecido diversos protocolos en su aplicación, siendo uno de los más reconocidos el protocolo BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency), diseñado en 2008 para la evaluación de pacientes con distrés respiratorio en urgencias. Además del protocolo BLUE, otra técnica ampliamente utilizada para la evaluación pulmonar en ultrasonido es la de 8 segmentos pulmonares. Este protocolo evalúa sistemáticamente ocho zonas pulmonares (cuatro en cada hemitórax), siguiendo un orden específico para identificar hallazgos característicos de patologías como la congestión pulmonar, neumonía, neumotórax y tromboembolismo pulmonar [7], [9], [10].

La congestión pulmonar se caracteriza por la acumulación anormal y excesiva de líquido extravascular en el parénquima pulmonar, y en algunas circunstancias puede actuar como un subrogado del edema pulmonar [11], [12]. Este edema puede clasificarse en cardiogénico y no cardiogénico, dependiendo de su etiología. En el

desarrollo del edema pulmonar de origen cardiogénico influyen varios factores precipitantes, como la disfunción ventricular, que puede ser una condición preexistente o el resultado de un incremento en la poscarga, como ocurre en la hipertensión severa. En ciertos casos, el edema pulmonar se instaura de manera lenta y progresiva, siendo asintomático y, por tanto, difícil de detectar en algunos pacientes, situación que se conoce como “congestión pulmonar subclínica”. El ultrasonido pulmonar ha demostrado ser una herramienta valiosa para su detección, con una sensibilidad y especificidad adecuadas [10], [11].

## **2.1 Antecedentes**

Actualmente, no existe evidencia publicada que respalde la utilidad del ultrasonido pulmonar en pacientes ambulatorios con hipertensión para reclasificar la gravedad de las crisis hipertensivas mediante la detección de congestión pulmonar subclínica. No obstante, en pacientes con insuficiencia cardíaca o aquellos en terapia de reemplazo renal mediante hemodiálisis, el ultrasonido pulmonar ha demostrado ser útil para el monitoreo y control de estas condiciones.

El estudio LUST (Lung Water by Ultrasound-Guided Treatment in Hemodialysis Patients) incluyó pacientes con enfermedad renal crónica en terapia de reemplazo renal, quienes fueron evaluados con ultrasonido pulmonar entre sesiones de hemodiálisis. Entre los hallazgos principales del estudio, se destacó que las cifras de presión arterial superiores a los valores normales entre sesiones de hemodiálisis se asociaron con un aumento del 30% en eventos cardiovasculares. Además, el seguimiento ambulatorio de estos pacientes para la detección de congestión pulmonar subclínica mediante ultrasonido pulmonar entre sesiones de hemodiálisis

se asoció con un mejor control de las cifras de presión arterial en visitas subsecuentes y una reducción en los eventos cardiovasculares [13].

El ultrasonido pulmonar ha demostrado su capacidad para identificar congestión pulmonar incluso en ausencia de síntomas, con una precisión superior a la exploración física y otros métodos convencionales. Por ejemplo, entre los pacientes con congestión pulmonar detectada mediante ultrasonido, solo el 61% presentaron crepitantes en la exploración física [11], [12], [13].

En el estudio de Laursen y colaboradores, se incluyeron pacientes que acudieron a consulta con sospecha de edema agudo de pulmón, basada en la inspección, exploración física e historia clínica. Estos pacientes fueron referidos al servicio de urgencias, donde se les realizó un ultrasonido pulmonar siempre que esto no ocasionara un retraso en su atención. El ultrasonido se realizó en el 100% de los pacientes, con un tiempo promedio de 3 minutos, demostrando ser un excelente método para la detección de edema pulmonar cardiogénico, con una sensibilidad del 94.4% y una especificidad del 77.3%; además, presentó un valor predictivo positivo de 77.3% y un valor predictivo negativo de 94.4% [9].

## **2.2 Definición del problema de investigación**

La hipertensión severa asintomática es una condición común, con una prevalencia estimada del 2 al 5% en la consulta ambulatoria. En ausencia de síntomas y de daño a órgano diana, el riesgo a corto y mediano plazo de desarrollar eventos cardiovasculares y otras complicaciones es inferior al 1%. En cambio, los pacientes que presentan una emergencia hipertensiva muestran una mortalidad a corto plazo



de hasta el 10%. Por ello, la detección de equivalentes de gravedad, como la congestión pulmonar o el daño a órgano diana, incluso en pacientes asintomáticos, es esencial para lograr una clasificación precisa y un manejo terapéutico adecuado.

### **2.3 Justificación**

La hipertensión severa asintomática es una condición común en la consulta externa, pero actualmente existen pocas herramientas de fácil acceso en el entorno ambulatorio que permitan identificar la congestión pulmonar como un indicador potencial de gravedad, facilitando la identificación de pacientes que podrían beneficiarse de una reclasificación hacia emergencia hipertensiva. La detección de congestión pulmonar subclínica mediante ultrasonido pulmonar ofrece un método rápido y accesible; sin embargo, su aplicación para reclasificar pacientes ambulatorios con hipertensión severa asintomática en la categoría de emergencia hipertensiva no ha sido explorada previamente.

### **2.4 Pregunta de investigación**

En pacientes ambulatorios con criterios de hipertensión severa asintomática, ¿el ultrasonido pulmonar permite la detección de congestión pulmonar subclínica y su reclasificación a emergencia hipertensiva?

### **2.5 Originalidad y contribución**

El presente estudio propone el uso de ultrasonido pulmonar como un método sencillo y accesible para identificar la congestión pulmonar subclínica en pacientes con hipertensión severa asintomática, lo que permitiría su reclasificación como emergencia hipertensiva en el entorno ambulatorio. Tras revisar las bases de datos

actuales, no se encontraron estudios previos que empleen el ultrasonido pulmonar con este propósito específico, por lo que esta investigación podría ser pionera en el tema. Los resultados de este trabajo aportarán evidencia sobre la aplicabilidad de esta herramienta para la detección temprana de congestión subclínica en pacientes hipertensos, y brindarán datos sobre el tiempo promedio para la detección, su relación con los niveles de presión arterial y otras características de nuestra población.

## CAPÍTULO III

### 3. Hipótesis

#### **3.1 Hipótesis alterna**

En los pacientes con hipertensión severa asintomática que acuden a consulta ambulatoria, la detección de congestión pulmonar subclínica mediante ultrasonido pulmonar es una herramienta efectiva para identificar aquellos casos que requieren reclasificación hacia emergencia hipertensiva.

#### **3.2 Hipótesis nula**

En los pacientes con hipertensión severa asintomática que acuden a consulta ambulatoria, la detección de congestión pulmonar subclínica mediante ultrasonido pulmonar no es efectiva para identificar aquellos casos que requieren reclasificación hacia emergencia hipertensiva.

## CAPÍTULO IV

### 4. Objetivos

#### 4.1 Objetivo primario

Evaluar la utilidad del ultrasonido pulmonar en la detección de congestión pulmonar subclínica en pacientes con hipertensión severa asintomática que acuden a consulta ambulatoria, con el fin de determinar su posible reclasificación como emergencia hipertensiva.

#### 4.2 Objetivos secundarios

- Describir la utilidad del ultrasonido pulmonar para la detección de congestión pulmonar subclínica en pacientes con cifras de presión arterial sistólica  $\geq 160$  mm Hg y diastólica  $\geq 100$  mm Hg.
- Describir la relación entre las cifras de presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, y presión arterial media, con la presencia o ausencia de líneas B pulmonares.

## CAPÍTULO V

### 5. Material y métodos

#### 5.1 Diseño del estudio

Estudio transversal, observacional y descriptivo que incluirá a pacientes con hipertensión severa asintomática.

#### 5.2 Cálculo del tamaño de la muestra

Se incluyeron de manera consecutiva los pacientes que acudieron a consulta externa de cardiología y de medicina familiar, y que cumplieron la definición de hipertensión arterial severa asintomática.

El cálculo del tamaño de la muestra se basa en la fórmula para estimación de una

proporción en una población no finita: 
$$N = \frac{(Z\alpha)^2(p)(q)}{\delta^2}$$
 ( $n$  = tamaño de muestra;  $z$  =  $z$

score;  $\epsilon$  = margen de error;  $N$  = tamaño de población;  $p$  = proporción de población). Considerando una prevalencia esperada de congestión pulmonar subclínica del 50%, un margen de error del 10%, un poder estadístico del 80%, y un nivel de confianza del 95% (error alfa de 5%), se ha obtenido una muestra estimada de 97 sujetos.

### 5.3 Población

Se incluyeron pacientes mayores de 18 años que acudan a la consulta externa de cardiología o medicina familiar. Los pacientes se encontraban asintomáticos al momento de la evaluación con cifras de presión arterial sistólica  $\geq 160$  mm Hg o diastólica  $\geq 100$  mm Hg. Se estratificó a los pacientes según las cifras tensionales de acuerdo con las guías de la ESC.

Criterios de exclusión: aquellos pacientes que no deseen participar en el estudio o que presenten alguna de las siguientes condiciones asociadas:

- Insuficiencia cardíaca en clase funcional NYHA III o IV, o con deterioro de clase funcional previamente conocida.
- Enfermedad renal crónica en fase aguda previamente conocida, definida como tasa de filtrado glomerular  $< 30$  ml/min/1.73 m<sup>2</sup>.
- Hepatopatía crónica (Child Pugh B o mayor) previamente conocida .
- Sospecha o confirmación de patología pulmonar en evaluación.
- Infarto agudo al miocardio en el último mes.

Criterios de eliminación. Aquellos pacientes en quienes:

- Sus condiciones físicas impidan la realización del ultrasonido pulmonar.
- La calidad de la imagen obtenida sea insuficiente para interpretación.
- Datos incompletos en su historia clínica.

## **5.4 Descripción metodológica del estudio**

### **5.4.1 Valoración general**

Los pacientes que acudieron a consulta externa de cardiología o medicina familiar, tanto en consultas de seguimiento como de primera vez, fueron asignados a un médico residente de cardiología. Durante la consulta, se obtuvieron datos clínicos y variables demográficas, incluyendo motivo de consulta, sexo, edad, antecedentes relevantes, como el consumo de tabaco y alcohol, los medicamentos de uso habitual, así como antecedentes personales patológicos, prestando especial atención a los siguientes diagnósticos: diabetes mellitus, hipertensión arterial, cardiopatía (de cualquier tipo), enfermedad renal, enfermedades pulmonares y hospitalizaciones recientes.

Durante la consulta se realizó un interrogatorio detallado para identificar los siguientes signos y síntomas: disnea, ortopnea, disnea paroxística nocturna, síncope, dolor torácico, palpitaciones y edema periférico. Se utilizó el formato mostrado en Figura 1 de Anexos.

También se realizó una exploración física dirigida, con medición de constantes vitales como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, y toma de presión arterial, siguiendo un protocolo estándar para asegurar precisión y consistencia en los datos recogidos.

La presión arterial fue obtenida por el médico asignado, asegurando que el paciente haya permanecido en reposo durante al menos 5 minutos, en un estado de tranquilidad, sentado en posición erguida, con los pies apoyados en el suelo y sin

hablar. Se midió la presión arterial en ambos brazos utilizando un baumanómetro anerode, con los brazos colocados a la altura del tórax y apoyados sobre una superficie firme. Se registraron tres lecturas con 1-2 minutos de diferencia de de ambos brazos, realizando un promedio de las últimas dos.

Se realizó una exploración física completa que comenzará con la inspección del estado general del paciente, la auscultación de ruidos cardíacos, la auscultación pulmonar, la valoración de pulsos distales y la detección de edema periférico.

#### **5.4.2 Valoración por ultrasonido pulmonar.**

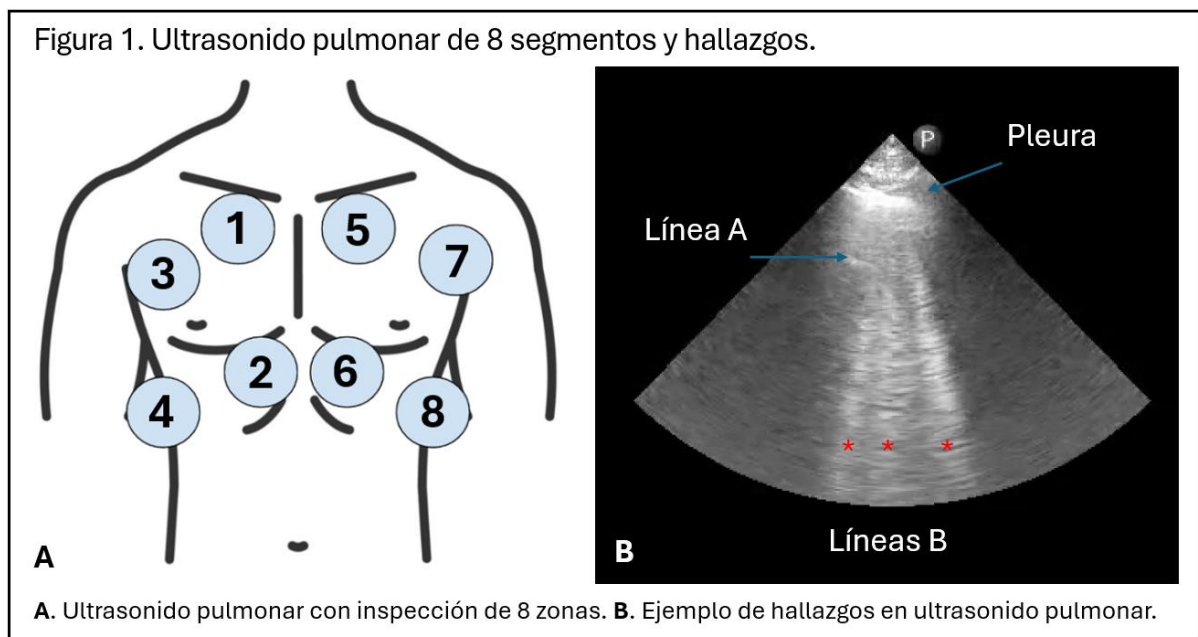
Para la realización del ultrasonido pulmonar se emplearon dos equipos portátiles: ultrasonido portátil Lumify con sonda S4-1 sectorial con ancho de banda 4-1 MHz, con ancho campo de visión de 90°, profundidad de 24 cm, huella de 20.2 mm (Philips, Bothell, Washington), y Vscan versión 1.2 con sonda con ancho de banda 3.8 MHz, con ancho campo de visión de 75°, profundidad de 24 cm, huella de 20.6 mm (General Electric, Waukesha, Wisconsin). El protocolo utilizado para la obtención de imágenes fue el protocolo de 8 segmentos pulmonares, siguiendo las especificaciones descritas a continuación:

Se inspeccionan un total de 8 zonas (cuatro en cada hemitórax). En cada hemitórax, se trazan líneas imaginarias que dividirán el área en cuatro cuadrantes: una línea paraesternal, una línea axilar anterior, una línea axilar posterior y una línea horizontal en la mitad del hemitórax. Los segmentos anteriores se ubican entre la línea paraesternal y la línea axilar anterior; los segmentos laterales, entre la línea axilar



anterior y la línea axilar posterior. La línea horizontal divide cada zona en superior e inferior.

Las zonas se nombraron de la siguiente manera: en el hemitórax derecho, la zona 1 corresponde al cuadrante superior anterior, la zona 2 al cuadrante inferior anterior, la zona 3 al cuadrante superior lateral y la zona 4 al cuadrante inferior lateral. En el hemitórax izquierdo, la zona 5 corresponde al cuadrante superior anterior, la zona 6 al cuadrante inferior anterior, la zona 7 al cuadrante superior lateral y la zona 8 al cuadrante inferior lateral (Figura 1).



La obtención de imágenes sigue el orden de las 8 zonas, comenzando por la zona 1 y finalizando en la zona 8. La sonda del ultrasonido se coloca firmemente en posición horizontal entre los espacios intercostales, donde permanecerá estática durante la grabación de cada segmento, con una duración de 3 a 4 segundos.

Se evaluó intencionadamente la presencia de líneas B (también llamadas “colas de cometa”) en cada segmento. Para ser consideradas líneas B, debieron cumplir con los siguientes criterios: ser reverberaciones hiperecoicas verticales que se originan en la línea pleural y descienden sin interrupción, sincronizándose con el desplazamiento pleural y atravesando las líneas A.

En cada uno de los 8 segmentos, se sumó el total de líneas B observadas. Cuando las líneas B fueron abundantes y no pudieron contarse individualmente, se estimó un porcentaje de ocupación en la imagen, asignando un equivalente numérico: un 30% de ocupación corresponde a 3 líneas B, 40% a 4 líneas B, 50% a 5 líneas B, y así sucesivamente.

Fueron considerados como positivos aquellos segmentos que presenten 3 o más líneas B. Se definió como “patrón B” la presencia de al menos un segmento positivo en cada hemitórax, con evidencia de adecuado desplazamiento pleural. La presencia de patrón B será considerado equivalente a congestión pulmonar.

### **5.4.3 Análisis estadístico**

Se realizó una descripción de las variables categóricas mediante frecuencias y porcentajes, y de las variables numéricas mediante media y desviación estándar, o mediana y rangos intercuartílicos, según la distribución de normalidad de estas. La normalidad de las variables se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para analizar el efecto de la presencia de alteraciones en el ultrasonido pulmonar sobre el desenlace compuesto, se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas: prueba U de Mann-Whitney, correlación de Spearman, test exacto de Fisher y prueba

de Kruskal-Wallis, según sea necesario. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS versión 25.0 (SPSS, Inc., Armonk, NY).

#### 5.4.4 Cuadro de variables

<b>Edad</b>	Variable numérica continua (años). Tiempo desde nacimiento hasta momento actual.
<b>Sexo</b>	Variable categórica nominal (masculino/femenino). Identificación dependiendo de las características sexuales que tiene.
<b>Antecedente de DM2</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente de Diabetes mellitus.
<b>Antecedente de HAS</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente de Hipertensión arterial.
<b>Antecedente de hipotiroidismo</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente de hipotiroidismo
<b>Antecedente de ictus</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente de ictus.
<b>Antecedente de CPI</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente de cardiopatía isquémica.
<b>Antecedente de ICC</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente insuficiencia cardíaca
<b>Antecedente de ERC</b>	Variable categórica nominal (si/no). Presencia de antecedente de enfermedad renal crónica.
<b>Presión arterial sistólica</b>	Variable numérica continua (años). Cifras de presión arterial sistólica en mmHg
<b>Presión arterial diastólica</b>	Variable numérica continua (años). Cifras de presión arterial diastólica en mmHg
<b>Presencia de líneas B</b>	Variable dicotómica (Si/No). Presencia o ausencia de al menos una línea B en ultrasonido pulmonar
<b>Patrón B pulmonar</b>	Variable dicotómica (Si/No). Presencia del al menos 3 líneas B en cada uno de los hemitórax
<b>Total de líneas B</b>	Variable numérica continua. Sumatoria del total de líneas B en ambos hemitórax.

## CAPÍTULO VI

### 6. Resultados

#### 6.1 Características demográficas

La Tabla 1 muestra las características demográficas y clínicas de los pacientes del estudio. Además, se muestran las mismas características mediante su clasificación en cuatro grupos según sus niveles de presión sistólica: Grupo 1 (160-170 mmHg), Grupo 2 (171-180 mmHg), Grupo 3 (181-190 mmHg), y Grupo 4 (mayor a 190 mmHg).

La media de edad de la población total fue de  $61.31 \pm 12.49$  años. Al analizar por grupos, el Grupo 1 tuvo una media de  $60.7 \pm 12.47$  años, el Grupo 2 de  $61.87 \pm 13.13$  años, el Grupo 3 de  $62.56 \pm 10.67$  años, y el Grupo 4 de  $62.82 \pm 14.4$  años. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto a la edad ( $p = 0.460$ ). En cuanto al género, el 52.6% de los participantes fueron hombres, con una distribución de 47.5% en el Grupo 1, 62.5% en el Grupo 2, 44.4% en el Grupo 3, y 72.7% en el Grupo 4, sin diferencias significativas ( $p = 0.350$ ).

##### 6.1.1 Comorbilidades

El 72.2% de los pacientes refirieron antecedente de hipertensión arterial. El porcentaje de antecedente de HAS en cada uno de los grupos fue de 72.1% en el Grupo 1, 75.0% en el Grupo 2, 55.6% en el Grupo 3, y 81.8% en el Grupo 4, sin diferencias significativas entre los grupos ( $p = 0.613$ ).

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) se observó en el 39.2% de los pacientes, sin diferencias significativas entre grupos ( $p = 0.547$ ).

Otras comorbilidades incluyeron el antecedente de ictus en el 7.2% de los pacientes y la cardiopatía isquémica (CPI) en el 10.3%, ambos con mayor prevalencia en el Grupo 4, aunque sin significancia estadística ( $p = 0.833$  para ictus y  $p = 0.241$  para CPI). El hipotiroidismo, insuficiencia cardíaca congestiva (ICC) y enfermedad renal crónica (ERC) fueron menos frecuentes y no presentaron diferencias significativas entre los grupos.

**Tabla 2.** Características demográficas

Variable	Población total	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 3	$p$
Edad, med $\pm$ DE	61.31 $\pm$ 12.49	60.7 $\pm$ 12.47	61.87 $\pm$ 13.13	62.56 $\pm$ 10.67	62.82 $\pm$ 14.4	0.460
Hombres, $n$ (%)	51 (52.6)	29 (47.5)	10 (62.5)	4 (44.4)	8 (72.7)	0.350
Comorbilidades, $n$ (%)						
HAS	70 (72.2)	44 (72.1)	12 (75.0)	5 (55.6)	9 (81.8)	0.613
DM2	38 (39.2)	26 (42.6)	5 (31.3)	2 (22.2)	5 (45.5)	0.547
Ictus	7 (7.2)	5 (8.3)	1 (6.3)	0	1 (9.1)	0.833
CPI	10 (10.3)	9 (14.8)	0	0	1 (9.1)	0.241
Hipotiroidismo	5 (5.2)	3 (4.9)	1 (6.3)	0	1 (9.1)	0.829
ICC	6 (6.2)	5 (8.2)	1 (6.3)	0	0	0.627
ERC	5 (5.3)	2 (3.3)	2 (12.5)	1 (11.1)	0	0.327

*PAM: Presión arterial media, HAS: hipertensión arterial, DM2: diabetes mellitus, CPI: cardiopatía isquémica, ICC: insuficiencia cardíaca, ERC: enfermedad renal crónica*

## 6.2 Distribución de las cifras de presión arterial

La Tabla 3 presenta la distribución de los valores de presión arterial entre los grupos de estudio.

La presión sistólica y diastólica se presentan como medianas y rangos intercuartílicos (IC). La mediana de presión sistólica para la población total fue de 170 mmHg (IC 165-180), variando entre 165 mmHg (160-170) en el Grupo 1 hasta 195 mmHg (193-205) en el Grupo 4.

Para la presión diastólica, la mediana fue de 92 mmHg (IC 85-100) en la población total, con valores de 90 mmHg (85-100) en el Grupo 1, 100 mmHg (85-103.75) en el Grupo 2, 92 mmHg (86.5-107.5) en el Grupo 3, y 100 mmHg (90-110) en el Grupo 4.

La presión arterial media (PAM) mostró una mediana de 119 mmHg (IC 113.5-127) en la población total, distribuyéndose desde 115 mmHg (110-120) en el Grupo 1 hasta 131 mmHg (125-140) en el Grupo 4.

Además, el 68% de los pacientes tuvieron una presión diastólica mayor a 90 mmHg. Por grupo, los porcentajes fueron 65.6% en el Grupo 1, 68.8% en el Grupo 2, 66.7% en el Grupo 3, y 81.8% en el Grupo 4, sin diferencias significativas ( $p = 0.767$ ).

Los pacientes también se agruparon de acuerdo con su presión arterial media (PAM), clasificándose en los siguientes grupos: Grupo 1 (100-110 mmHg), Grupo 2 (111-120 mmHg), Grupo 3 (121-130 mmHg), Grupo 4 (131-140 mmHg), y Grupo 5 (mayor a 140 mmHg). La distribución de la población total en estos grupos fue la siguiente:

17.5% en el Grupo 1, 43.3% en el Grupo 2, 24.7% en el Grupo 3, 12.4% en el Grupo 4, y 2.1% en el Grupo 5.

**Tabla 3.** Distribución de presión arterial

<b>Variable</b>	<b>Total</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
Total, <i>n</i> (%)	97 (100)	61 (62.9)	16 (16.5)	9 (9.3)	11 (11.3)
Presión sistólica, mediana (IC)	170 (165-180)	165 (160-170)	175 (175-180)	185 (182-186.5)	195 (193-205)
Presión diastólica, mediana (IC)	92 (85-100)	90 (85-100)	100 (85-103.75)	92 (86.5-107.5)	100 (90-110)
PAM, mediana (IC)	119 (113.5-127)	115 (110-120)	126 (115.25-127)	125 (118.5-133.0)	131 (125-140)
PAD >90, <i>n</i> (%)	66 (68)	40 (65.6)	11 (68.8)	6 (66.7)	9 (81.8)

*PAM: Presión Arterial Media; PAD >90: Presión Arterial Diastólica mayor a 90 mmHg*

### 6.3 Hallazgos en el ultrasonido pulmonar

La Tabla 4 presenta los hallazgos del ultrasonido pulmonar en relación con los cuatro grupos de presión arterial sistólica previamente definidos. Los hallazgos incluyen la identificación del patrón B pulmonar, la bilateralidad de las líneas B, la presencia de al menos una línea B en un hemitórax, el total de líneas B y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI).

El patrón B pulmonar se identificó en el 3.1% de la población total. En el desglose por grupos, no se observó patrón B en el Grupo 1, mientras que se detectó en el 6.3% de los pacientes del Grupo 2, el 11.1% del Grupo 3 y el 9.1% del Grupo 4. Las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas ( $p = 0.126$ ).

La bilateralidad de las líneas B, definida como la presencia de al menos una línea B en cada hemitórax, se observó en el 5.2% de la población total. Por grupos, se registró en el 1.6% de los pacientes del Grupo 1, el 12.5% en el Grupo 2, el 11.1% en el Grupo 3 y el 9.1% en el Grupo 4, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $p = 0.230$ ).

La presencia de al menos una línea B en un hemitórax se observó en el 24.7% de los pacientes. En el análisis por grupos, este hallazgo se presentó en el 21.3% de los pacientes del Grupo 1, el 31.3% del Grupo 2, el 22.2% del Grupo 3 y el 36.4% del Grupo 4. Las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas ( $p = 0.664$ ).

El número total de líneas B identificadas en la población fue de 127, lo que representa el 100% de las líneas B observadas. La distribución del total de líneas B entre los grupos fue de 39.37% en el Grupo 1, 14.17% en el Grupo 2, 22.04% en el Grupo 3 y 24.4% en el Grupo 4. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto al total de líneas B ( $p = 0.175$ ).

La fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) tuvo una mediana de 55 (rango intercuartílico 50-60) en la población total. La FEVI se mantuvo en 55 (50-60) en los Grupos 1, 3 y 4, y en 50 (50-58.75) en el Grupo 2.



**Tabla 4.** Hallazgos en ultrasonido pulmonar

	Total	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	p
Hallazgo de líneas B, n (%)						
Patrón B	3 (3.1)	0	1 (6.3)	1 (11.1)	1 (9.1)	0.126
Bilateral	5 (5.2)	1 (1.6)	2 (12.5)	1 (11.1)	1 (9.1)	0.230
Al menos 1	24 (24.7)	13 (21.3)	5 (31.3)	2 (22.2)	4 (36.4)	0.664
Total de líneas	127 (100)	50 (39.3)	18 (14.1)	28 (22.0)	31 (24.4)	0.175
FEVI, med ± DE	55 (50-60)	55 (50-60)	50 (50-58)	55 (50-57)	55 (50-60)	-

*FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo*

#### 6.4 Características basales de pacientes con líneas B pulmonares

Con base en los datos de la Tabla 5, se observa que los pacientes con al menos una línea B en el ultrasonido pulmonar presentan una edad media ligeramente superior ( $63.58 \pm 13.58$  años) en comparación con aquellos sin líneas B ( $60.56 \pm 12.11$  años), aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa ( $p = 0.306$ ). La proporción de hombres fue menor en el grupo con líneas B (41.7%) frente al grupo sin líneas B (56.2%), sin alcanzar significancia estadística ( $p = 0.246$ ). En cuanto a las cifras de presión arterial, los valores de presión sistólica, diastólica y media no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos ( $p = 0.685$  y  $p = 0.430$ , respectivamente).

En relación con las comorbilidades, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la prevalencia de hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2, evento cerebrovascular, cardiopatía isquémica, hipotiroidismo, insuficiencia cardiaca congestiva y enfermedad renal crónica entre los pacientes con y sin líneas B. Por ejemplo, la hipertensión arterial fue ligeramente más prevalente en el grupo con líneas B (75%) frente al grupo sin líneas B (71.2%), pero sin significancia estadística ( $p = 0.798$ ).

**Tabla 5.** Características basales de pacientes con líneas B

<b>Variable</b>	<b>Con líneas B (24)</b>	<b>Sin líneas B (73)</b>	<b><i>p</i></b>
Edad, med $\pm$ DE	63.58 $\pm$ 13.58	60.56 $\pm$ 12.11	0.306
Hombres, <i>n</i> (%)	10 (41.7)	41 (56.2)	0.246
Presión sistólica, mediana (IC)	173.83 $\pm$ 12.33	172.59 $\pm$ 13.21	0.685
Presión diastólica, mediana (IC)	92.83 $\pm$ 14.79	95.03 $\pm$ 10.63	0.430
PAM, mediana (IC)	119.72 $\pm$ 11-59	120.88 $\pm$ 9.21	0.656
PAD >90, <i>n</i> (%)	15 (62.5)	51 (69.1)	0.615
FEVI	52.46 $\pm$ 9.81	53.63 $\pm$ 6.94	0.521
<b>Comorbilidades, <i>n</i> (%)</b>			
HAS	16 (75)	52 (71.2)	0.798
DM2	9 (37.5)	29 (39.7)	1.000
Ictus	1 (4.2)	6 (8.2)	0.677
CPI	3 (12.5)	7 (9.6)	0.505
Hipotiroidismo	2 (8.3)	3 (4.1)	0.595
ICC	1 (4.2)	5 (6.2)	1.000
ERC	1 (4.2)	4 (5.5)	1.000

*PAM: presión arterial media; PAD >90; presión arterial diastólica mayor a 90 mmHg, FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo; HAS: hipertensión arterial; DM2: diabetes mellitus; CPI: cardiopatía isquémica; ICC: insuficiencia cardíaca; ERC: enfermedad renal crónica*

## 6.5 Correlación entre presión arterial y líneas B pulmonares

La Tabla 6 muestra las asociaciones entre diversas medidas y categorías de presión arterial (sistólica, diastólica y media) y los hallazgos de líneas B pulmonares en el ultrasonido, evaluados a través de pruebas de correlación y asociación. En general, la mayoría de las comparaciones no mostraron asociaciones estadísticamente significativas entre las cifras de presión arterial y la presencia o cantidad de líneas B pulmonares.

**Tabla 6.** Correlación entre presión arterial y líneas B pulmonares

	<b>Patrón B</b>	<b>Patrón bilateral</b>	<b>Al menos 1</b>	<b># de líneas B</b>
Cifras de PAS	0.048 <sup>a</sup>	0.245 <sup>a</sup>	0.676 <sup>a</sup>	0.615 <sup>b</sup>
Cifras de PAD	0.916 <sup>a</sup>	0.711 <sup>a</sup>	0.159 <sup>a</sup>	0.259 <sup>b</sup>
Cifras de PAM	0.594 <sup>a</sup>	0.665 <sup>a</sup>	0.329 <sup>a</sup>	0.341 <sup>b</sup>
Categorías de PAS	0.126 <sup>c</sup>	0.230 <sup>c</sup>	0.664 <sup>c</sup>	0.555 <sup>d</sup>
Categorías de PAM	0.002 <sup>c</sup>	0.037 <sup>c</sup>	0.598 <sup>c</sup>	0.069 <sup>d</sup>
Diastólica >90	0.190 <sup>c</sup>	0.692 <sup>c</sup>	0.502 <sup>c</sup>	0.502 <sup>d</sup>

<sup>a</sup>: U de Mann-Whitney; <sup>b</sup>: Correlación de Spearman; <sup>c</sup>: Test exacto de Fisher; <sup>d</sup>: Prueba de Kruskal-Wallis

Al evaluar la presión arterial sistólica (TAS) y sus grupos categóricos, se encontró una asociación significativa entre las cifras de TAS y la presencia del patrón B ( $p = 0.048$ ), aunque esta relación no se observó con el patrón bilateral ( $p = 0.245$ ) ni con la presencia de al menos una línea B ( $p = 0.676$ ). La correlación entre las cifras de TAS y el número total de líneas B tampoco alcanzó significancia ( $p = 0.615$ ). De manera similar, las categorías de TAS no mostraron una asociación significativa con ninguna de las variables de líneas B, a excepción de una leve correlación en el número total de líneas B ( $p = 0.555$ ), que no fue estadísticamente significativa.

Las cifras de presión arterial diastólica (TAD) y la presión diastólica mayor a 90 mmHg tampoco mostraron asociaciones significativas con los hallazgos de líneas B. Los valores de  $p$  para las asociaciones entre las cifras de TAD y el patrón B ( $p = 0.916$ ), el patrón bilateral ( $p = 0.711$ ), la presencia de al menos una línea B ( $p = 0.159$ ) y el número total de líneas B ( $p = 0.259$ ) indican una falta de correlación en este caso. Igualmente, la presión diastólica >90 mmHg no mostró relaciones significativas con el patrón B ( $p = 0.190$ ), el patrón bilateral ( $p = 0.692$ ), la presencia de al menos una línea B ( $p = 0.502$ ) ni el número total de líneas B ( $p = 0.502$ ).

En el análisis de la presión arterial media (PAM), las cifras de PAM no presentaron correlaciones significativas con el patrón B ( $p = 0.594$ ), el patrón bilateral ( $p = 0.665$ ), la presencia de al menos una línea B ( $p = 0.329$ ) ni el número total de líneas B ( $p = 0.341$ ). Sin embargo, al categorizar la PAM, se observaron asociaciones significativas con el patrón B ( $p = 0.002$ ) y el patrón bilateral ( $p = 0.037$ ), sugiriendo una relación entre las categorías de presión arterial media y la bilateralidad de las líneas B en el ultrasonido. No obstante, esta asociación no se extendió a la presencia de al menos una línea B en un hemitórax ( $p = 0.598$ ) ni al número total de líneas B ( $p = 0.069$ ) en esta categorización de PAM.

Los hallazgos en el ultrasonido pulmonar no mostraron asociación con las comorbilidades de la población (Tabla 7).

**Tabla 7.** Correlación entre líneas B pulmonares y comorbilidades

	<b>Patrón B</b>	<b>Patrón bilateral</b>	<b>Al menos 1</b>	<b># de líneas B</b>
HAS	0.829 <sup>a</sup>	0.533 <sup>a</sup>	0.721 <sup>a</sup>	0.599 <sup>b</sup>
DM2	0.833 <sup>a</sup>	0.367 <sup>a</sup>	0.846 <sup>a</sup>	0.846 <sup>b</sup>
CPI	0.551 <sup>a</sup>	0.436 <sup>a</sup>	0.648 <sup>a</sup>	0.885 <sup>b</sup>
Ictus	0.076 <sup>a</sup>	0.257 <sup>a</sup>	0.506 <sup>a</sup>	0.438 <sup>b</sup>
Hipotiroidismo	0.682 <sup>a</sup>	0.592 <sup>a</sup>	0.417 <sup>a</sup>	0.913 <sup>b</sup>
HFREF	0.651 <sup>a</sup>	0.188 <sup>a</sup>	0.636 <sup>a</sup>	0.487 <sup>b</sup>
ERC	0.682 <sup>a</sup>	0.592 <sup>a</sup>	0.801 <sup>a</sup>	0.504 <sup>b</sup>
FEVI	0.838 <sup>b</sup>	0.341 <sup>b</sup>	0.623 <sup>b</sup>	0.836 <sup>c</sup>

<sup>a</sup>: Test exacto de Fisher; <sup>b</sup>: U de Mann-Whitney; <sup>c</sup>: Correlación de Spearman

## CAPÍTULO VII

### 7. Discusión

El presente estudio se enfocó en evaluar la utilidad del ultrasonido pulmonar para detectar congestión pulmonar subclínica en pacientes ambulatorios con hipertensión severa asintomática, proponiendo que la presencia de líneas B podría actuar como marcador temprano de congestión pulmonar en esta población de alto riesgo. La hipertensión severa es bien reconocida como un factor de riesgo mayor para enfermedades cardiovasculares, incluyendo insuficiencia cardíaca, eventos cerebrovasculares y disfunción renal [1], [2]. Sin embargo, la mayoría de las estrategias actuales de evaluación se basan en síntomas clínicos o en manifestaciones avanzadas de daño a órganos diana, dejando de lado a pacientes que, aunque asintomáticos, pueden presentar alteraciones subclínicas relevantes[3]. Aunque no encontramos diferencias estadísticamente significativas en la prevalencia de líneas B pulmonares entre los diferentes grupos de severidad de hipertensión arterial, el 24.7% de los pacientes presentaron líneas B, por lo tanto, esta es la frecuencia con la que se logra reclasificar a pacientes graves, que se beneficiarían de un tratamiento más intensivo para el control de su hipertensión.

El ultrasonido pulmonar se ha propuesto como una herramienta potencial para la detección temprana de cambios en el estado hemodinámico pulmonar, con la esperanza de identificar de manera oportuna a pacientes que puedan beneficiarse de una intervención más intensiva [6], [7], [9]. Sin embargo, hasta la fecha, no se han realizado estudios específicos que evalúen su utilidad para detectar congestión

pulmonar subclínica en pacientes con hipertensión severa y sin manifestaciones clínicas. Esta laguna en la literatura resalta la innovación del presente estudio, que tiene la intención de explorar por primera vez si esta técnica es adecuada para identificar dicha congestión, marcada por la presencia de líneas B.

Dwyer y colaboradores llevaron a cabo un estudio en el que compararon la presencia de líneas B entre pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida (HFrEF), insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada (HFpEF) y pacientes hipertensos. Su cohorte incluyó 111 pacientes hipertensos, quienes fueron seleccionados por tener cifras de presión arterial sistólica >140 mmHg, diastólica >90 mmHg, o antecedentes de hipertensión arterial conocida. La edad media de estos pacientes fue de 62 años, con un predominio masculino del 51%. A pesar de contar con una fracción de eyección ventricular izquierda preservada (FEVI media de 62%) y cifras tensionales inferiores a las de nuestro estudio (PAS media de 134 mmHg y PAD media de 76 mmHg), un 44% de los participantes reportó disnea y el 38% tenía cáncer activo. En este grupo, la prevalencia de líneas B osciló entre 0 y 6, identificándose en el 13.5% de los pacientes [14].

En contraste, en nuestra población con hipertensión severa asintomática, la prevalencia de líneas B fue notablemente superior, alcanzando el 24.7%. Este incremento podría atribuirse a las cifras tensionales más elevadas (PAS media de 170 mmHg y PAD media de 92 mmHg), lo que refleja un mayor estrés hemodinámico en comparación con los pacientes hipertensos de Dwyer et al. A diferencia de su población, nuestros pacientes no presentaron síntomas respiratorios ni comorbilidades relevantes como cáncer, lo que refuerza la hipótesis de que la

hipertensión severa podría inducir cambios hemodinámicos subclínicos que favorecen la acumulación de líquido pulmonar, detectada mediante ultrasonido pulmonar.

Por su parte, Volpicelli y colaboradores evaluaron a 217 pacientes que acudieron a urgencias por diversas causas y con radiografías torácicas normales, sin evidencia clínica de síndrome intersticial. En este grupo, el ultrasonido pulmonar identificó líneas B en el 20% de los pacientes, destacando su capacidad para detectar congestión pulmonar subclínica en ausencia de hallazgos clínicos y radiológicos. Aunque no se especificaron las características clínicas de esta población, los resultados son comparables con el 24.7% de prevalencia observado en nuestra cohorte. Esto subraya el potencial del ultrasonido pulmonar como una herramienta diagnóstica sensible en pacientes con hipertensión severa, permitiendo identificar alteraciones incipientes en el estado hemodinámico pulmonar antes de que se manifiesten clínicamente [15].

Se observó que, aunque el patrón B pulmonar se presentó en un porcentaje bajo de los participantes, su prevalencia varió de forma significativa particularmente en las categorías de presión arterial media (PAM), donde se encontró una correlación estadísticamente significativa con el patrón B ( $p = 0.002$ ) y el patrón bilateral ( $p = 0.037$ ) [4]. Estos resultados sugieren una posible correlación entre la presencia de líneas B y los niveles de presión arterial en ciertos subgrupos de pacientes, lo cual podría plantear la utilidad del ultrasonido pulmonar como herramienta de apoyo en la reclasificación de pacientes que pueden estar en riesgo de desarrollar una emergencia hipertensiva, aunque permanezcan asintomáticos [16].



Sin embargo, contrario a la hipótesis inicial, el ultrasonido pulmonar no reveló una asociación global significativa entre la hipertensión severa asintomática y la presencia de líneas B en nuestra cohorte [12]. La escasa prevalencia general de líneas B sugiere que, en ausencia de daño orgánico avanzado o síntomas de insuficiencia cardíaca, los cambios hemodinámicos inducidos por la hipertensión severa podrían no ser suficientes para desencadenar una acumulación de líquido en el parénquima pulmonar [17]. Por ejemplo, las cifras de presión arterial sistólica (TAS) y diastólica (TAD) no mostraron correlaciones significativas con la presencia de líneas B en la mayoría de las categorías evaluadas ( $p > 0.05$  en general). Este hallazgo invita a replantear el papel del ultrasonido pulmonar en pacientes ambulatorios asintomáticos y a cuestionar si su aplicabilidad debe limitarse a escenarios clínicos de emergencia o a pacientes con signos de sobrecarga de volumen evidente [18].

En pacientes con hipertensión severa sin síntomas, la capacidad de detectar congestión subclínica representa un avance en la identificación de aquellos que podrían beneficiarse de un manejo más estricto o de un seguimiento más cercano. Esto es particularmente relevante en el contexto ambulatorio, donde los recursos de diagnóstico suelen ser limitados y una herramienta como el ultrasonido portátil podría facilitar una evaluación rápida y efectiva [19].

La congestión pulmonar subclínica detectada mediante ultrasonido pulmonar en pacientes asintomáticos sugiere que, aunque estos pacientes no presentan signos visibles de gravedad, hay una acumulación de líquido en el parénquima pulmonar que podría ser un equivalente a daño orgánico y asociarse con un mayor riesgo de eventos

cardiovasculares agudos [20]. En el contexto de la hipertensión severa, el aumento de la poscarga y el estrés hemodinámico podrían estar contribuyendo al desarrollo de esta congestión subclínica, y el ultrasonido pulmonar permite identificar este proceso de manera temprana [21].

Nuestros resultados contrastan con estudios en contextos de insuficiencia cardíaca descompensada, donde el ultrasonido pulmonar ha mostrado ser un indicador sensible de edema pulmonar subclínico, lo que lleva a considerar que la hipertensión severa en ausencia de síntomas no produce los mismos cambios pulmonares[20]. Este replanteamiento implica que el ultrasonido pulmonar podría no ofrecer beneficios significativos como herramienta de estratificación de riesgo en pacientes hipertensos asintomáticos y destaca la necesidad de estudios adicionales para identificar otros posibles indicadores de riesgo en esta población [23], [24].

### **7.1 Utilidad del Ultrasonido Pulmonar en Insuficiencia Cardíaca y Sobrecarga de Volumen**

En el contexto de insuficiencia cardíaca, el ultrasonido pulmonar ha demostrado ser una herramienta sensible para la detección de congestión pulmonar, particularmente en situaciones de sobrecarga de volumen [25]. Estudios como el de Laursen et al. han establecido la sensibilidad del ultrasonido pulmonar en la detección de edema pulmonar cardiogénico, reportando una sensibilidad del 94.4% y un valor predictivo negativo elevado en pacientes con insuficiencia cardíaca descompensada atendidos en servicios de urgencia [26]. En estos escenarios, la presencia de líneas B correlaciona con un estado de sobrecarga de volumen o edema clínico, lo que facilita una intervención temprana y mejora la toma de decisiones clínicas [27].

En comparación, los pacientes en nuestro estudio no presentaban síntomas de insuficiencia cardíaca ni signos clínicos de sobrecarga de volumen, lo que podría explicar la baja prevalencia de líneas B y cuestiona la aplicabilidad del ultrasonido pulmonar en pacientes ambulatorios con hipertensión severa [28]. La diferencia en el contexto clínico entre pacientes sintomáticos con insuficiencia cardíaca y nuestra cohorte de pacientes ambulatorios sin disfunción cardíaca evidente podría limitar la utilidad del ultrasonido pulmonar en la detección de congestión en hipertensión severa asintomática [29].

## 7.2 Ultrasonido pulmonar en otros escenarios

El ensayo LUST (Lung Water by Ultrasound-Guided Treatment in Hemodialysis Patients) examinó el uso del ultrasonido pulmonar en pacientes en hemodiálisis, donde se demostró que esta técnica permite un mejor control de la presión arterial y reduce eventos cardiovasculares, al ajustar el tratamiento en función de la detección de congestión pulmonar [22], [30]. Sin embargo, los pacientes con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis representan una población de alto riesgo con predisposición a la sobrecarga de volumen y, frecuentemente, con disfunción cardiovascular subyacente, un perfil diferente al de los pacientes con hipertensión severa sin síntomas. La extrapolación de estos hallazgos a una población ambulatoria hipertensa asintomática es limitada, ya que en estos últimos la congestión pulmonar parece ser menos frecuente [18], [31].

El uso del ultrasonido pulmonar para la detección de congestión subclínica en pacientes ambulatorios con hipertensión severa asintomática ha sido poco explorado, y este estudio representa uno de los primeros en analizar este enfoque en un contexto ambulatorio. Investigaciones previas han evaluado el ultrasonido pulmonar en pacientes con insuficiencia cardíaca y en pacientes en terapia de reemplazo renal, donde se ha demostrado su efectividad para detectar congestión pulmonar antes de la aparición de síntomas clínicos [32]. Un ejemplo clave es el estudio LUST, que encontró que el ultrasonido pulmonar permitía reducir la congestión en pacientes con insuficiencia renal crónica, lo cual se asoció con una reducción de eventos cardiovasculares mediante un mejor control de la presión arterial [18].

A diferencia de estudios como el LUST, enfocados en pacientes con condiciones avanzadas de insuficiencia renal o cardíaca, en los cuales aproximadamente el 63% de los pacientes presentaron congestión pulmonar detectable mediante ultrasonido pulmonar, nuestro estudio se centra en una población ambulatoria sin signos aparentes de daño en órganos diana. En otros contextos clínicos, como en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda, la prevalencia de congestión pulmonar detectada mediante ultrasonido puede alcanzar hasta el 80%, mientras que en pacientes con EPOC en estadios avanzados, se ha reportado una prevalencia de congestión subclínica cercana al 45%. En contraste, en nuestra muestra, la prevalencia de congestión pulmonar fue del 24%, lo que representa una cifra considerablemente menor. Esta diferencia sugiere que el ultrasonido pulmonar en pacientes ambulatorios asintomáticos puede tener un valor predictivo diferente respecto a poblaciones con comorbilidades avanzadas, y plantea la necesidad de investigaciones adicionales para definir su rol en esta población [28], [29]. Estos hallazgos resaltan la importancia de explorar la aplicabilidad del ultrasonido pulmonar en etapas tempranas de la enfermedad hipertensiva, donde los pacientes, de otro modo, no serían clasificados como de alto riesgo [23].

Las diferencias metodológicas presentadas subrayan la importancia de llevar a cabo más estudios en pacientes ambulatorios para definir los beneficios del ultrasonido pulmonar en el manejo de la hipertensión severa. La consistencia en la detección de líneas B y el uso de criterios estandarizados, como el protocolo de 8 segmentos pulmonares, utilizado en este estudio, pueden mejorar la reproducibilidad de los resultados y permitir comparaciones más robustas en futuras investigaciones.

### **7.3 Fortalezas y debilidades del estudio**

Este estudio presenta varias fortalezas y limitaciones que es importante reconocer.

#### **7.3.1 Fortalezas**

Entre las principales fortalezas, destaca el enfoque innovador del ultrasonido pulmonar para la detección de congestión pulmonar subclínica en pacientes con hipertensión severa asintomática en un entorno ambulatorio. La portabilidad y accesibilidad del ultrasonido pulmonar lo convierten en una herramienta viable en ambientes extrahospitalarios, ofreciendo evaluaciones rápidas y libres de procedimientos invasivos o costosos. Además, la implementación de un protocolo estandarizado como el protocolo BLUE mejora la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados, proporcionando un marco estructurado para la obtención de imágenes.

#### **7.3.2 Limitaciones**

Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra y la baja prevalencia de congestión pulmonar subclínica observada limitan la generalización de los resultados. Aunque el cálculo muestral inicial fue adecuado, el bajo porcentaje de detección de líneas B sugiere que una muestra mayor podría ser necesaria para evaluar con mayor precisión la utilidad de esta técnica en pacientes con hipertensión severa asintomática. Esta baja prevalencia también pudo haber afectado la potencia estadística del estudio, dificultando la identificación de asociaciones significativas entre la congestión pulmonar y los niveles de presión arterial en esta población.

Una de las principales limitaciones del presente estudio es la ausencia de un grupo control compuesto por pacientes hipertensos con cifras tensionales de menor severidad. Contar con este grupo habría permitido evaluar si la prevalencia de líneas B en pacientes con hipertensión severa difiere significativamente de la observada en hipertensos con niveles de presión arterial más bajos.

Además, la evaluación en un único punto temporal representa otra limitación, ya que la congestión subclínica podría ser un fenómeno transitorio, manifestándose durante episodios de incremento de presión arterial o estrés. Evaluaciones seriadas en futuros estudios podrían ofrecer una perspectiva más integral de la evolución de la congestión subclínica en estos pacientes y su relación con eventos hipertensivos agudos.

Otra limitación relevante es la aplicación del protocolo BLUE, diseñado principalmente para entornos de emergencia. Su sensibilidad para detectar congestión incipiente en una población ambulatoria estable podría ser limitada.

Finalmente, la variabilidad en la obtención e interpretación de las imágenes de ultrasonido es una limitación propia de esta técnica, lo cual pudo haber afectado la precisión de los hallazgos. La incorporación de tecnología avanzada y capacitación específica podría reducir esta variabilidad en futuros estudios. Un seguimiento longitudinal podría además evaluar el impacto preventivo de la detección temprana de congestión subclínica en la reducción del riesgo de eventos cardiovasculares.

### **7.3.3 Implicaciones Prácticas y Recomendaciones Clínicas**

Los resultados de este estudio sugieren que el ultrasonido pulmonar podría desempeñar un rol crucial en la evaluación ambulatoria de pacientes con hipertensión

severa asintomática, facilitando la detección temprana de congestión pulmonar subclínica. La implementación de esta técnica en la práctica clínica podría mejorar la identificación de pacientes con riesgo de desarrollar complicaciones hipertensivas, permitiendo intervenciones antes de la aparición de síntomas graves. En el ámbito ambulatorio, donde la accesibilidad y rapidez son esenciales, el ultrasonido pulmonar portátil se presenta como una herramienta diagnóstica práctica y no invasiva.

Adoptar el ultrasonido pulmonar en este contexto podría optimizar la estratificación de riesgo en pacientes hipertensos, favoreciendo un manejo personalizado. Al detectar congestión subclínica, los médicos podrían ajustar el tratamiento antihipertensivo o implementar estrategias preventivas para reducir el riesgo de emergencias hipertensivas. Esta es una consideración particularmente relevante para pacientes que, pese a ser asintomáticos, pueden estar en riesgo de sobrecarga cardíaca o eventos cardiovasculares debido a la congestión subclínica.

Es recomendable considerar la inclusión del ultrasonido pulmonar en los protocolos de evaluación ambulatoria de pacientes con hipertensión severa y explorar su combinación con otros biomarcadores para mejorar la precisión en la estratificación de riesgo.

#### **7.3.4 Direcciones Futuras**

Este estudio abre el camino para futuras investigaciones que evalúen la utilidad del ultrasonido pulmonar en la detección de congestión subclínica en pacientes ambulatorios con hipertensión severa. Para fortalecer la evidencia y aumentar la aplicabilidad de estos hallazgos, se recomienda realizar estudios con muestras más



amplias y un diseño longitudinal, lo cual permitiría evaluar tanto la prevalencia de congestión subclínica en diferentes subgrupos de pacientes hipertensos como el impacto de su detección temprana en la reducción de eventos cardiovasculares y emergencias hipertensivas.

Explorar la combinación del ultrasonido pulmonar con otros biomarcadores o herramientas de evaluación, como análisis de laboratorio o monitorización ambulatoria de la presión arterial, podría facilitar la creación de modelos de predicción más robustos, que identifiquen pacientes de alto riesgo en un entorno ambulatorio y permitan implementar intervenciones preventivas efectivas. Asimismo, el desarrollo de tecnología de ultrasonido más avanzada y accesible podría mejorar la precisión y reducir la variabilidad en la obtención de imágenes, aumentando su aplicabilidad en la práctica clínica.

En conclusión, los resultados de este estudio respaldan la utilidad potencial del ultrasonido pulmonar en la evaluación ambulatoria de la hipertensión severa asintomática. Sin embargo, para consolidar su rol en la práctica clínica y establecer recomendaciones específicas, se requieren investigaciones adicionales que amplíen y profundicen estos hallazgos.

## CAPÍTULO VIII

### 8. Conclusión

El ultrasonido pulmonar en el ámbito ambulatorio surge como una herramienta accesible y portátil con el potencial de transformar el enfoque hacia una monitorización preventiva y un manejo proactivo de la hipertensión severa asintomática. La identificación temprana de congestión pulmonar subclínica en estos pacientes permitiría implementar intervenciones antes de que se manifiesten síntomas de emergencia hipertensiva, reduciendo así la morbilidad asociada a complicaciones agudas en individuos inicialmente asintomáticos. Los hallazgos de este estudio respaldan el valor potencial del ultrasonido pulmonar en la evaluación ambulatoria; no obstante, se requieren investigaciones adicionales para consolidar su rol en la práctica clínica y formular recomendaciones específicas.

# CAPÍTULO IX

## 9. Anexos

Nombre del protocolo: **“Caracterización de crisis hipertensiva mediante detección de congestión pulmonar subclínica en pacientes asintomáticos ambulatorios”**

Número de protocolo: **CA23-00006**

Investigador principal: Dr. med. José Ramón Azpíri López

Tesista: Dr. Ray Erick Ramos Cázares

Paciente: \_\_\_\_\_ Folio: \_\_\_\_\_

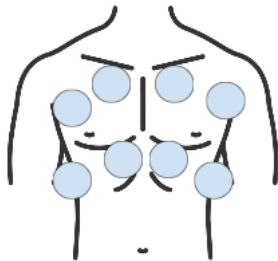
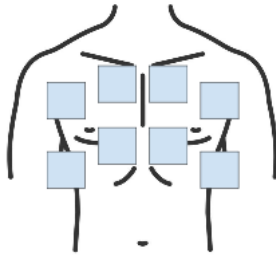
Registro: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Género: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Cifras de presión arterial: \_\_\_\_\_ mm Hg sistólica / \_\_\_\_\_ mm Hg diastólica FEVI

### Antecedentes

Enfermedad	Si/No	Enfermedad	Si/No
DM2		ERC	
HAS		Cardiopatía isquémica	
Insuficiencia cardíaca		Hipotiroidismo	
EVC		Dislipidemia	
Otro			
Medicamentos			

### Protocolo BLUE

Presencia o ausencia de líneas B (Si/No)	Número de líneas B (Escribir número de líneas B o NA si no aplica)
	

## CAPÍTULO X

### 10. Bibliografía

- [1] S. Oparil *et al.*, “Hypertension,” *Nature Reviews Disease Primers* 2018 4:1, vol. 4, no. 1, pp. 1–21, Mar. 2018, doi: 10.1038/nrdp.2018.14.
- [2] P. K. Whelton, R. M. Carey, G. Mancia, R. Kreutz, J. D. Bundy, and B. Williams, “Harmonization of the American College of Cardiology/American Heart Association and European Society of Cardiology/European Society of Hypertension Blood Pressure/Hypertension Guidelines: Comparisons, Reflections, and Recommendations,” *Circulation*, vol. 146, no. 11, pp. 868–877, Sep. 2022, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.054602.
- [3] S. Vondracek, S. Scoular, and T. Patel, “Management of severe asymptomatic hypertension in the hospitalized patient,” *Journal of the American Society of Hypertension*, vol. 10, no. 12, pp. 974–984, Dec. 2016, doi: 10.1016/J.JASH.2016.10.008.
- [4] C. Mancusi *et al.*, “Characteristics and Outcomes of Patients Presenting With Hypertensive Urgency in the Office Setting: The Campania Salute Network,” *Am J Hypertens*, vol. 33, no. 5, pp. 414–421, Apr. 2020, doi: 10.1093/AJH/HPAA003.
- [5] N. N. Khan *et al.*, “Management Strategies for Hypertensive Crisis: A Systematic Review,” *Cureus*, vol. 16, no. 8, p. e66694, Aug. 2024, doi: 10.7759/CUREUS.66694.
- [6] A. J. Peixoto, “Acute Severe Hypertension,” *New England Journal of Medicine*, vol. 381, no. 19, pp. 1843–1852, Nov. 2019, doi: 10.1056/NEJMCP1901117/SUPPL\_FILE/NEJMCP1901117\_DISCLOSURES.PDF.
- [7] M. Domingo *et al.*, “Prognostic value of lung ultrasound in chronic stable ambulatory heart failure patients,” *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, vol. 74, no. 10, pp. 862–869, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.REC.2020.07.006.

- [8] D. J. Karras *et al.*, “Utility of routine testing for patients with asymptomatic severe blood pressure elevation in the emergency department,” *Ann Emerg Med*, vol. 51, no. 3, pp. 231–239, Mar. 2008, doi: 10.1016/J.ANNEMERGEMED.2007.03.032.
- [9] C. B. Laursen, A. Hänselmann, S. Posth, S. Mikkelsen, L. Videbæk, and H. Berg, “Prehospital lung ultrasound for the diagnosis of cardiogenic pulmonary oedema: a pilot study,” *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, vol. 24, no. 1, Aug. 2016, doi: 10.1186/S13049-016-0288-2.
- [10] C. B. Laursen *et al.*, “European Respiratory Society statement on thoracic ultrasound,” *European Respiratory Journal*, vol. 57, no. 3, p. 20, Mar. 2021, doi: 10.1183/13993003.01519-2020.
- [11] F. Frassi, L. Gargani, P. Tesorio, M. Raciti, G. Mottola, and E. Picano, “Prognostic value of extravascular lung water assessed with ultrasound lung comets by chest sonography in patients with dyspnea and/or chest pain,” *J Card Fail*, vol. 13, no. 10, pp. 830–835, Dec. 2007, doi: 10.1016/J.CARDFAIL.2007.07.003.
- [12] E. Picano, F. Frassi, E. Agricola, S. Gligorova, L. Gargani, and G. Mottola, “Ultrasound lung comets: A clinically useful sign of extravascular lung water,” *Journal of the American Society of Echocardiography*, vol. 19, no. 3, pp. 356–363, Mar. 2006, doi: 10.1016/j.echo.2005.05.019.
- [13] C. Zoccali *et al.*, “A randomized multicenter trial on a lung ultrasound-guided treatment strategy in patients on chronic hemodialysis with high cardiovascular risk,” *Kidney Int*, vol. 100, no. 6, pp. 1325–1333, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.KINT.2021.07.024.
- [14] Dwyer, K. H., Merz, A. A., Lewis, E. F., Claggett, B. L., Crousillat, D. R., Lau, E. S., Silverman, M. B., Peck, J., Rivero, J., Cheng, S., & Platz, E. (2018). Pulmonary Congestion by Lung Ultrasound in Ambulatory Patients With Heart Failure With Reduced or Preserved Ejection Fraction and Hypertension. *Journal of Cardiac Failure*, 24(4), 219–226.
- [15] Volpicelli Giovanni. (n.d.). Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic alveolar consolidation - PubMed. Retrieved December 1, 2024
- [16] L. Gargani *et al.*, “Lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a clinical consensus statement of the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI),” *Eur Heart J*

- Cardiovasc Imaging*, vol. 24, no. 12, pp. 1569–1582, Nov. 2023, doi: 10.1093/EHJCI/JEAD169.
- [17] A. Panisello-Tafalla *et al.*, “Prognostic Significance of Lung Ultrasound for Heart Failure Patient Management in Primary Care: A Systematic Review,” *Journal of Clinical Medicine* 2024, Vol. 13, Page 2460, vol. 13, no. 9, p. 2460, Apr. 2024, doi: 10.3390/JCM13092460.
- [18] C. Zoccali *et al.*, “Pulmonary congestion predicts cardiac events and mortality in ESRD,” *J Am Soc Nephrol*, vol. 24, no. 4, pp. 639–646, Mar. 2013, doi: 10.1681/ASN.2012100990.
- [19] E. Agricola *et al.*, “‘Ultrasound comet-tail images’: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water,” *Chest*, vol. 127, no. 5, pp. 1690–1695, 2005, doi: 10.1378/CHEST.127.5.1690.
- [20] M. H. Miglioranza *et al.*, “Pulmonary congestion evaluated by lung ultrasound predicts decompensation in heart failure outpatients,” *Int J Cardiol*, vol. 240, pp. 271–278, Aug. 2017, doi: 10.1016/J.IJCARD.2017.02.150/ATTACHMENT/4112FCF9-C807-4865-9DC3-E747051F845F/MMC6.DOCX.
- [21] D. A. Lichtenstein, “BLUE-Protocol and FALLS-Protocol: Two applications of lung ultrasound in the critically ill,” *Chest*, vol. 147, no. 6, pp. 1659–1670, Jun. 2015, doi: 10.1378/CHEST.14-1313/ASSET/EA13C35D-DCE7-4B80-8DDB-B9C2D51D9608/MAIN.ASSETS/GR11.SML.
- [22] C. Zoccali *et al.*, “A randomized multicenter trial on a lung ultrasound-guided treatment strategy in patients on chronic hemodialysis with high cardiovascular risk,” *Kidney Int*, vol. 100, no. 6, pp. 1325–1333, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.KINT.2021.07.024.
- [23] M. Domingo *et al.*, “Prognostic value of lung ultrasound in chronic stable ambulatory heart failure patients,” *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, vol. 74, no. 10, pp. 862–869, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.REC.2020.07.006.
- [24] M. Rivas-Lasarte *et al.*, “Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: a randomized controlled clinical trial (LUS-HF study),” *Eur J Heart Fail*, vol. 21, no. 12, pp. 1605–1613, Dec. 2019, doi: 10.1002/EJHF.1604.
- [25] D. Lichtenstein, “Lung ultrasound in the critically ill,” *Curr Opin Crit Care*, vol. 20, no. 3, pp. 315–322, 2014, doi: 10.1097/MCC.0000000000000096.

- [26] E. Platz *et al.*, “Lung Ultrasound in Acute Heart Failure: Prevalence of Pulmonary Congestion and Short- and Long-Term Outcomes,” *JACC Heart Fail*, vol. 7, no. 10, pp. 849–858, Oct. 2019, doi: 10.1016/J.JCHF.2019.07.008.
- [27] L. Gargani, F. Frassi, G. Soldati, P. Tesorio, M. Gheorghiade, and E. Picano, “Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnoea: A comparison with natriuretic peptides☆,” *Eur J Heart Fail*, vol. 10, no. 1, pp. 70–77, Jan. 2008, doi: 10.1016/J.EJHEART.2007.10.009.
- [28] Z. Jambrik *et al.*, “Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water,” *American Journal of Cardiology*, vol. 93, no. 10, pp. 1265–1270, May 2004, doi: 10.1016/j.amjcard.2004.02.012.
- [29] M. Gheorghiade and P. S. Pang, “Acute heart failure syndromes,” *J Am Coll Cardiol*, vol. 53, no. 7, pp. 557–573, Feb. 2009, doi: 10.1016/J.JACC.2008.10.041.
- [30] N. Buda *et al.*, “Recommendations for Lung Ultrasound in Internal Medicine,” *Diagnostics* 2020, Vol. 10, Page 597, vol. 10, no. 8, p. 597, Aug. 2020, doi: 10.3390/DIAGNOSTICS10080597.
- [31] L. Gargani, “Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist,” *Cardiovasc Ultrasound*, vol. 9, no. 1, p. 6, 2011, doi: 10.1186/1476-7120-9-6.
- [32] G. Volpicelli *et al.*, “International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound,” *Intensive Care Med*, vol. 38, no. 4, pp. 577–591, Apr. 2012, doi: 10.1007/S00134-012-2513-4.

## CAPÍTULO XI

### 11. Resumen autobiográfico

Ray Erick Ramos Cázares, nacido el 12 de enero de 1992 en la ciudad de Monclova, Coahuila, México. Realizó sus estudios básicos y de bachillerato en su ciudad natal.

Llega a Monterrey, Nuevo León a realizar sus estudios en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde nació su amor por la cardiología y la investigación. Realiza su servicio social en el servicio de Cardio-Reuma del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” participando en distintas publicaciones científicas. Graduado en 2016 con mención honorífica.

Realizó su especialidad en Medicina Interna en el Programa Multicéntrico de Especialidades Médicas del Tec de Monterrey, donde reforzó su pasión por cardiología.

Vuelve a su Alma mater en 2022 a realizar su subespecialidad en Cardiología, actualmente como residente de tercer año, con terminación en marzo 2025.