

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE MEDICINA**



**PREVALENCIA DE CONGESTIÓN AL ESFUERZO EN EL  
PACIENTE CON INSUFICIENCIA CARDIACA  
DESCOMPENSADA**

**Por**

**DR. VÍCTOR MANUEL FRAGA ENRÍQUEZ**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN  
CARDIOLOGÍA**

**DICIEMBRE, 2025**

PREVALENCIA DE CONGESTIÓN AL ESFUERZO EN EL PACIENTE CON INSUFICIENCIA  
CARDIACA DESCOMPENSADA

**Aprobación de tesis:**



**Dr. Alejandro Ordaz Farías**

**Director de tesis**

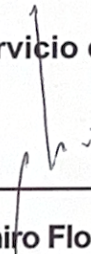
**Jefe de enseñanza del Servicio de Cardiología**



**Dr. Edgar Francisco Carrizales Sepúlveda**

**Codirector de tesis**

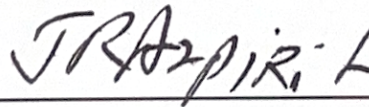
**Profesor del servicio de cardiología**



**Dr. med. Ramiro Flores Ramírez**

**Codirector de tesis**

**Jefe del Servicio de Cardiología**



**Dr. med. José Ramón Azpiri López**

**Coordinador de Investigación del Servicio de Cardiología**



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

**Subdirector de Estudios de Posgrado**

## **DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, por ser mi ejemplo más firme de disciplina, amor y perseverancia. Gracias por enseñarme que los sueños se trabajan y se honran todos los días. Todo lo que soy y lo que estoy por lograr nace de los valores que ustedes sembraron en mí.

A mi familia, por acompañarme en cada paso de este camino, incluso en los momentos en los que la distancia o el cansancio parecían más grandes que yo. Su apoyo incondicional ha sido un refugio y una fuerza constante.

A Sofía, mi compañera en esta vida, por su paciencia, comprensión y amor. Gracias por estar a mi lado en las madrugadas de estudio, en los días difíciles y en las pequeñas victorias que hicieron más ligero el camino. Este logro también es tuyo.

A mis amigos, quienes con su compañía, sus palabras y su presencia hicieron que este trayecto fuera más llevadero. Gracias por recordarme que incluso en medio de la exigencia académica siempre hay espacio para reír, compartir y seguir adelante.

A todos ustedes, con cariño y gratitud.

## **ÍNDICE**

• LISTA DE ABREVIATURAS	5
• I. RESUMEN	6
• II. INTRODUCCIÓN	7
• III. HIPÓTESIS	9
• IV. OBJETIVOS	10
• V. MATERIAL Y MÉTODOS	10
• VI. RESULTADOS	14
• VII. DISCUSIÓN	23
• VIII. LIMITACIONES	24
• IX. CONCLUSIONES	25
• X. BIBLIOGRAFÍA	25
• XI. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	28

## Lista de Abreviaturas

- **NYHA:** New York Heart Association
- **CPI:** Cardiopatía isquémica
- **DM:** Diabetes mellitus
- **HAS:** Hipertensión arterial sistémica
- **TAS:** Tensión arterial sistólica
- **TAD:** Tensión arterial diastólica
- **FC:** Frecuencia cardíaca
- **IMC:** Índice de masa corporal
- **PVY:** Presión venosa yugular
- **BNP:** Péptido natriurético cerebral (brain natriuretic peptide)
- **IECA:** Inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina
- **ARA2:** Antagonistas del receptor de angiotensina II
- **ARM:** Antagonistas de receptor de aldosterona
- **ARNI:** Inhibidores del receptor de angiotensina/neprilisina
- **iSGLT2:** Inhibidores del cotransportador sodio-glucosa 2
- **VTDVI:** Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo
- **FEVI:** Fracción de eyección del ventrículo izquierdo
- **LAVI:** Índice de volumen auricular izquierdo
- **TAPSE:** Tricuspid annular plane systolic excursion
- **VExUS:** Venous Excess UltraSound score
- **VCI:** Vena cava inferior

## I. RESUMEN

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome clínico caracterizado por una disfunción estructural o funcional del corazón que conduce a un gasto cardíaco inadecuado o a una elevación de las presiones intracardiacas. La congestión, más que la reducción del gasto, es el principal determinante de hospitalización y reingreso en pacientes con IC. No obstante, un porcentaje significativo de los pacientes dados de alta sin signos clínicos de congestión presenta congestión subclínica que no es detectada mediante la exploración física ni mediante biomarcadores convencionales.

El ultrasonido pulmonar (USP) permite la identificación de líneas B, artefactos reverberantes verticales que representan agua extravascular pulmonar. Su cuantificación, incluso en reposo, se correlaciona con la presión capilar pulmonar y la congestión hemodinámica. A diferencia del examen clínico, el USP permite detectar congestión subclínica y proporciona información pronóstica adicional. La realización del USP durante una prueba de esfuerzo puede revelar congestión dinámica al desenmascarar un incremento rápido en las presiones de llenado del ventrículo izquierdo.

El presente trabajo constituye la continuación y ampliación de una cohorte previamente publicada en nuestro centro. Se incluyeron 34 pacientes consecutivos hospitalizados por IC descompensada y dados de alta clínicamente compensados. Se registraron variables demográficas, comorbilidades, parámetros ecocardiográficos y funcionales, niveles de biomarcadores y evaluación ecográfica venosa (VExUS). Todos los pacientes realizaron una prueba de esfuerzo en cicloergómetro; se cuantificaron las líneas B mediante USP antes y después del ejercicio. Se definió congestión inducida por esfuerzo como la presencia de  $\geq 3$  líneas B pos-esfuerzo o un incremento de  $\geq 3$  con respecto al reposo.

Los resultados muestran que la edad promedio fue de 50 años (RIC 41 – 57,8) y que 76,5 % eran hombres. La hipertensión arterial y la diabetes mellitus fueron las comorbilidades más frecuentes. La mediana de líneas B en reposo fue de 2 (RIC 1 – 3) y aumentó a 5 (RIC 3 – 8,7) durante el esfuerzo; el 76,5 % de los pacientes cumplieron criterios de congestión inducida por ejercicio. La mediana del cambio dinámico en las líneas B ( $\Delta$  líneas B) fue de +3 (RIC +1 – +6).

A pesar de que casi todos los pacientes tenían VExUS 0 en reposo, desarrollaron congestión intersticial al esfuerzo. La capacidad funcional fue baja a moderada: mediana de 5,45 METS y distancia de caminata de 6 minutos de 253,5 m.

Los hallazgos confirman que, incluso en ausencia de datos clínicos y con VExUS normal, la mayoría de los pacientes con IC descompensada presentan congestión dinámica al esfuerzo. El USP con estrés podría ser una herramienta complementaria para la estratificación de riesgo y el ajuste de la terapia al egreso hospitalario.

## **II. INTRODUCCIÓN**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Insuficiencia cardiaca y congestión**

La insuficiencia cardiaca crónica se define como un síndrome clínico ocasionado por alteraciones estructurales o funcionales del miocardio que producen un aumento de presiones intracardiacas y un gasto cardiaco inadecuado. Las guías internacionales de la American College of Cardiology y la European Society of Cardiology describen que, en etapas tempranas, pueden existir cambios estructurales sin síntomas; sin embargo, la evolución natural cursa con episodios de descompensación que elevan la morbilidad y mortalidad. La cardiopatía isquémica y la hipertensión arterial son las causas más comunes de IC, aunque otras etiologías como miocardiopatías dilatadas, valvulopatías o enfermedades infiltrativas son relevantes.

Epidemiológicamente, la IC se proyecta como una enfermedad de alta prevalencia. En Europa afecta a cerca del 1–2 % de la población adulta y en Estados Unidos se hospitaliza a más de un millón de pacientes al año. A pesar de mejoras en el tratamiento, la mortalidad a cinco años ronda el 50 % y la enfermedad se asocia a deterioro de la calidad de vida y altos costos sanitarios.

El diagnóstico de la IC se basa en la presencia de síntomas y signos (disnea, edema periférico, fatiga), la medición de péptidos natriuréticos y las imágenes (ecocardiografía, resonancia magnética). Un aspecto clave en el manejo es la evaluación de la congestión, que comprende



el exceso de volumen intravascular e intersticial y que es el principal factor de hospitalización y reingreso. La congestión puede clasificarse como hemodinámica (elevación de presiones de llenado) o volumétrica (retención hidrosalina). Es posible que la congestión hemodinámica exista aun sin manifestaciones clínicas, denominada congestión subclínica.

## **2.2 Descompensación y alta hospitalaria**

Los episodios de insuficiencia cardiaca descompensada representan un punto crítico de la enfermedad. Se definen por la aparición o empeoramiento de síntomas que requieren tratamiento diurético o ingreso hospitalario. Cada episodio de descompensación se asocia a mayor mortalidad y acelera el deterioro del ventrículo izquierdo. La sobrecarga hídrica es la causa principal de estas hospitalizaciones y no un bajo gasto cardiaco. Según registros observacionales, alrededor del 50 % de los pacientes hospitalizados por IC son dados de alta con congestión residual, lo que incrementa el riesgo de rehospitalización a corto plazo.

El abordaje inicial en la descompensación incluye ecocardiografía, medición de BNP, radiografía y ultrasonido pulmonar. La ecografía pulmonar ha emergido como una herramienta sensible y rápida para evaluar la congestión, ofreciendo la posibilidad de detectar líneas B y estimar la carga hídrica pulmonar. A diferencia de la exploración física, el USP puede detectar acumulación intersticial de líquido antes de que aparezcan estertores o edema clínico.

## **2.3 Ultrasonido pulmonar y líneas B**

El USP utiliza transductores de alta frecuencia en modo B para examinar el parénquima pulmonar. En condiciones normales se observa un patrón de deslizamiento pleural con líneas horizontales (líneas A). La aparición de líneas B, también denominadas comet tails, representa reverberaciones verticales hiperecoicas que nacen en la pleura y se extienden hasta el fondo de la pantalla, borrando las líneas horizontales y oscilando con la respiración. Estas líneas se correlacionan con la presencia de agua extravascular pulmonar y con el aumento de la presión de llenado del ventrículo izquierdo. Se consideran significativas cuando son múltiples y dispersas en diferentes regiones del tórax.

Se han desarrollado protocolos de exploración con 8 zonas (4 por hemitórax) y protocolos abreviados de 4 zonas para pruebas de esfuerzo. Estudios de cohortes y metaanálisis han demostrado que la presencia de ocho o más líneas B se asocia con mayor mortalidad y



hospitalización. El USP es inocuo y reproducible, lo que permite un seguimiento frecuente en pacientes con IC.

## **2.4 Congestión inducida por esfuerzo y VExUS**

Aunque el USP en reposo identifica congestión subclínica, la congestión no es un fenómeno estático; durante el esfuerzo se incrementa el retorno venoso y las presiones de llenado, lo que puede revelar congestión dinámica. La cuantificación de líneas B durante el ejercicio es una herramienta novedosa para desenmascarar reserva hemodinámica reducida. Paralelamente, el puntaje VExUS evalúa la congestión venosa sistémica mediante la vena cava inferior y los flujos venosos hepático, portal y renal. Este puntaje se correlaciona con la presión venosa central y permite distinguir congestión sistémica significativa. Sin embargo, VExUS mide congestión derecha y puede ser normal en pacientes con congestión pulmonar predominantemente izquierda.

El presente estudio se centra en determinar la prevalencia de congestión inducida por esfuerzo en una cohorte ampliada de pacientes con IC descompensada y en describir sus características clínicas y ecocardiográficas.

## **III. HIPÓTESIS**

**Hipótesis principal:** Un porcentaje significativo de pacientes con insuficiencia cardiaca descompensada clínicamente resuelta al egreso presenta congestión inducida por el esfuerzo, detectable mediante ultrasonido pulmonar. Aquellos pacientes que desarrollan congestión al esfuerzo muestran peor capacidad funcional y menor calidad de vida, en comparación con los pacientes que no presentan congestión inducible.

### **Hipótesis secundarias:**

1. Los pacientes que desarrollan congestión al esfuerzo presentan peor capacidad funcional y menor calidad de vida (medida por KCCQ) que aquellos sin congestión.

2. La presencia de congestión al esfuerzo se asocia con parámetros ecocardiográficos de mayor presión de llenado (E/e') y mayor número de líneas B en reposo.
3. Variables como la edad, sexo, clase NYHA, clasificación de FEVI y niveles de NT-proBNP predicen la aparición de congestión al esfuerzo.

## **IV. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar la prevalencia de congestión inducida por el esfuerzo, evaluada mediante ultrasonido pulmonar, en pacientes con insuficiencia cardiaca previamente descompensada y clínicamente resuelta al momento del egreso hospitalario, así como analizar su relación con la capacidad funcional y la calidad de vida.

### **Objetivos específicos**

1. Estimar la prevalencia de congestión inducida por el esfuerzo en pacientes con insuficiencia cardiaca tras un episodio de descompensación aguda clínicamente resuelta.
2. Comparar las características clínicas y funcionales de los pacientes que presentan congestión inducida por el esfuerzo frente a aquellos que no la desarrollan.
3. Evaluar la asociación entre congestión inducida por el esfuerzo y la calidad de vida, mediante la aplicación del cuestionario Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire (KCCQ).
4. Identificar variables clínicas o ecocardiográficas que puedan actuar como predictores de congestión inducida por el esfuerzo en esta población.

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

## **Población y selección de participantes**

### **Criterios de inclusión**

- Pacientes  $\geq 18$  años con diagnóstico de insuficiencia cardiaca descompensada clínicamente resuelta previo al egreso.
- Pacientes con cualquier fenotipo de fracción de eyección (preservada, ligeramente reducida o reducida).
- Pacientes con estabilidad clínica suficiente para realizar prueba de esfuerzo en cicloergómetro.
- Ausencia de datos clínicos de congestión al momento del estudio.
- Aceptación verbal para participar en la evaluación, con presencia de testigo, conforme a normativa institucional.

### **Criterios de exclusión**

- Enfermedad renal crónica estadio III o mayor.
- Hepatopatía descompensada.
- Neumopatía intersticial o aguda concomitante.
- Hospitalización por síndrome coronario agudo durante el ingreso actual.
- Arritmias ventriculares que contraindiquen ejercicio.
- Incapacidad física o cognitiva para realizar la prueba de esfuerzo.
- Embarazo.

### **Criterios de eliminación**

- Decisión del paciente de retirarse del estudio.
- Ecocardiograma basal técnicamente no valorable.

- Diagnóstico posterior de enfermedad neoplásica o patología que interfiera con la interpretación de la congestión.

### **Tamaño de muestra**

Se calculó un tamaño de muestra de 113 participantes basados en una prevalencia esperada de 60% de congestión inducida por esfuerzo reportada en literatura internacional, con un poder estadístico de 95%,  $\alpha = 0.05$  y un ajuste del 10% por pérdidas. Este tamaño permite estimar la proporción de congestión al esfuerzo con precisión adecuada para fines descriptivos y comparativos.

### **Procedimientos del estudio**

#### **1. Evaluación clínica y ecocardiográfica basal**

Previo al egreso, todos los pacientes serán sometidos a:

- Historia clínica dirigida.
- Exploración física enfocada en signos de congestión.
- Ecocardiograma transtorácico estándar realizado por personal certificado.

Se registrarán variables demográficas, comorbilidades, tratamiento actual y datos ecocardiográficos relevantes (función sistólica, parámetros diastólicos, cavidades derechas, presión arterial pulmonar estimada).

#### **2. Prueba de esfuerzo en cicloergómetro**

La prueba se realizará siguiendo protocolo incremental:

- Inicio a 25 W con incrementos de 25 W cada 2 minutos.
- Suspensión al alcanzar 85% de la frecuencia cardíaca máxima predicha, aparición de síntomas limitantes o criterios clínicos/eléctricos de interrupción.
- Monitoreo continuo de frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y síntomas.

Se registrará la capacidad funcional según carga máxima alcanzada, síntomas y tiempo total de ejercicio.

### **3. Ultrasonido pulmonar pre y post esfuerzo**

El ultrasonido pulmonar será realizado por el investigador responsable utilizando un protocolo de 8 cuadrantes (4 por hemitórax), con transductor sectorial o convexo.

Definición de congestión inducida por esfuerzo: Presencia de  $\geq 3$  líneas B por cuadrante en al menos dos cuadrantes de un mismo hemitórax durante o inmediatamente después del ejercicio, aun cuando no estuvieran presentes en reposo.

Las imágenes serán revisadas posteriormente por un segundo evaluador para garantizar concordancia.

### **4. Evaluación de calidad de vida**

En consulta ambulatoria posterior se aplicará el Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire (KCCQ), instrumento validado que evalúa síntomas, limitación física y calidad de vida.

#### **Variables del estudio**

##### **Variable principal**

- Congestión inducida por esfuerzo (dicotómica): presente / ausente según criterios del ultrasonido pulmonar.

##### **Variables secundarias**

- Capacidad funcional: carga máxima alcanzada (W).
- Calidad de vida: puntaje total y dominios del KCCQ.
- Variables clínicas: comorbilidades, frecuencia cardiaca, presión arterial.
- Variables ecocardiográficas: fracción de eyección, parámetros diastólicos, cavidades, presión pulmonar estimada.

## **Análisis estadístico**

- Se utilizará estadística descriptiva: medias y desviaciones estándar para variables numéricas; frecuencias y porcentajes para variables categóricas.
- Comparación entre pacientes con y sin congestión inducida:
  - t de Student o U de Mann–Whitney para variables continuas según distribución.
  - Chi-cuadrado o Fisher para variables categóricas.
- Correlación entre severidad de congestión inducida y puntaje KCCQ:
  - Pearson o Spearman según distribución.
- Valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo.
- El análisis se realizará con SPSS v20 (IBM, Armonk, NY).

## **Consideraciones éticas**

El estudio cumple con la Declaración de Helsinki, la NOM-012-SSA3-2012 y el reglamento institucional. Se solicitará consentimiento verbal con presencia de testigo, garantizando confidencialidad y anonimización de datos. No se realizará intervención adicional fuera de la práctica clínica estándar.

## **VI. RESULTADOS**

Se analizaron 34 pacientes con una mediana de edad de 49 años (IQ 41–58); 76,5 % fueron hombres. La mayoría tenía FEVI reducida ( $< 40\%$ ) y clase funcional NYHA II. El **47 %** de los pacientes (16 de 34) desarrolló congestión al esfuerzo.

### Características basales

Las características basales de la cohorte se muestran en la **Tabla 1**. La creatinina, TFG y hemoglobina fueron similares entre los pacientes con y sin congestión. La distribución de comorbilidades y tratamiento al egreso no difirió significativamente entre los grupos.

Variable	Mediana (IQ 25–75)
Edad (años)	49.00 (41.00-57.75)

Variable	Categorías (n, %)
Sexo	Masculino: 26 (76.5 %); Femenino: 8 (23.5 %)
Hipertensión	21 (61.8 %)
Diabetes	16 (47.1 %)
Cardiopatía isquémica	10 (29.4 %)
NYHA	I: 6 (17.6 %); II: 22 (64.7 %); III: 5 (14.7 %); IV: 1 (2.9 %)
FEVI clasificada	<40%: 28 (82.4 %); 40%-49.9%: 4 (11.8 %); >50%: 2 (5.9 %)
NT-proBNP categoría	<1,500: 5 (14.7 %); 1,500-3,000: 6 (17.6 %); >3,000: 10 (29.4 %)
Puntaje Kansas (0:0–24,1:25–49,2:50–74,3:75–100)	0-24: 1 (3.0 %); 25-49: 5 (15.2 %); 50-74: 26 (78.8 %);



Variable	Categorías (n, %)
	75-100: 1 (3.0 %)

Tabla 1.

### Comparación de variables continuas

En la **Tabla 2** se resume la comparación de variables continuas entre los pacientes con congestión y sin congestión al esfuerzo. No se observaron diferencias significativas en edad, IMC, categoría de NT-proBNP ni parámetros de función renal o hemoglobina.

Variable	Mediana (IQR) Congestión	Mediana (IQR) Sin congestión	p
Edad (años)	49.00 (40.25–54.75)	50.50 (41.25–59.00)	0.44

Tabla 2.

### Parámetros de ultrasonido y esfuerzo

La **Tabla 3** presenta los parámetros de ultrasonido y de la prueba de esfuerzo. El número de líneas B al esfuerzo fue significativamente mayor en el grupo con congestión (mediana 9,5 vs 4 líneas;  $p < 0,001$ ). La diferencia en líneas B en reposo mostró una tendencia no significativa ( $p = 0,07$ ). No se observaron diferencias en E/E' al reposo ni al esfuerzo, ni en la frecuencia cardiaca máxima o METS alcanzados.

Variable	Mediana congestión (IQR)	con	Mediana congestión (IQR)	sin	p
Total líneas B al reposo	3.0 (2.0–3.8)		2.0 (1.0–3.0)		0.07
<b>Total líneas B al esfuerzo</b>	<b>9.5 (7.0–12.0)</b>		<b>4.0 (3.0–5.0)</b>		<b>&lt;0.001</b>
E/E' $\geq 14$ al reposo (% pacientes)	31%		25%		0.99
E/E' $\geq 14$ al esfuerzo (% pacientes)	31%		12%		0.64
FC Máxima (lpm)	103 (88.8–117)		104 (99.5–106)		0.88
METS	5.5 (4.6–6.2)		5.8 (4.7–6.8)		0.72

Tabla 3.

### Calidad de vida y caminata de 6 minutos

La **Tabla 4** compara el puntaje Kansas y la distancia en la caminata de 6 minutos. La calidad de vida fue similar entre los grupos, y aunque la distancia recorrida fue menor en el grupo con congestión, la diferencia no alcanzó significación.

Variable	Mediana (IQR) Congestión	Mediana (IQR) Sin congestión	p
Puntaje Kansas	50-74	50-74	0.76
Caminata 6 minutos (m)	250.6 (168.5–317.0)	265.0 (205.0–338.5)	0.13

Tabla 4.

### Predictores de congestión al esfuerzo

El modelo de regresión logística (ver **Tabla 5**) no identificó predictores clínicos significativos de congestión al esfuerzo. Ni la edad, ni el sexo, ni la clase NYHA, ni la clasificación de FEVI, ni la categoría de NT-proBNP se asociaron de manera independiente con la congestión al esfuerzo.

Variable	Razón de momios (OR)	IC 95 %
Edad	0.97	0.91-1.03
NT-proBNP	1.13	0.62-2.06
Sexo	1.80	0.30-10.65
NYHA	0.95	0.30-3.06
FEVI	1.87	0.48-7.22

Tabla 5.

### Figuras

En las siguientes figuras se presenta la prevalencia de congestión al esfuerzo (Figura 1) y la comparación de puntaje Kansas, líneas B en reposo y líneas B al esfuerzo según la presencia o ausencia de congestión (Figuras 2–4).

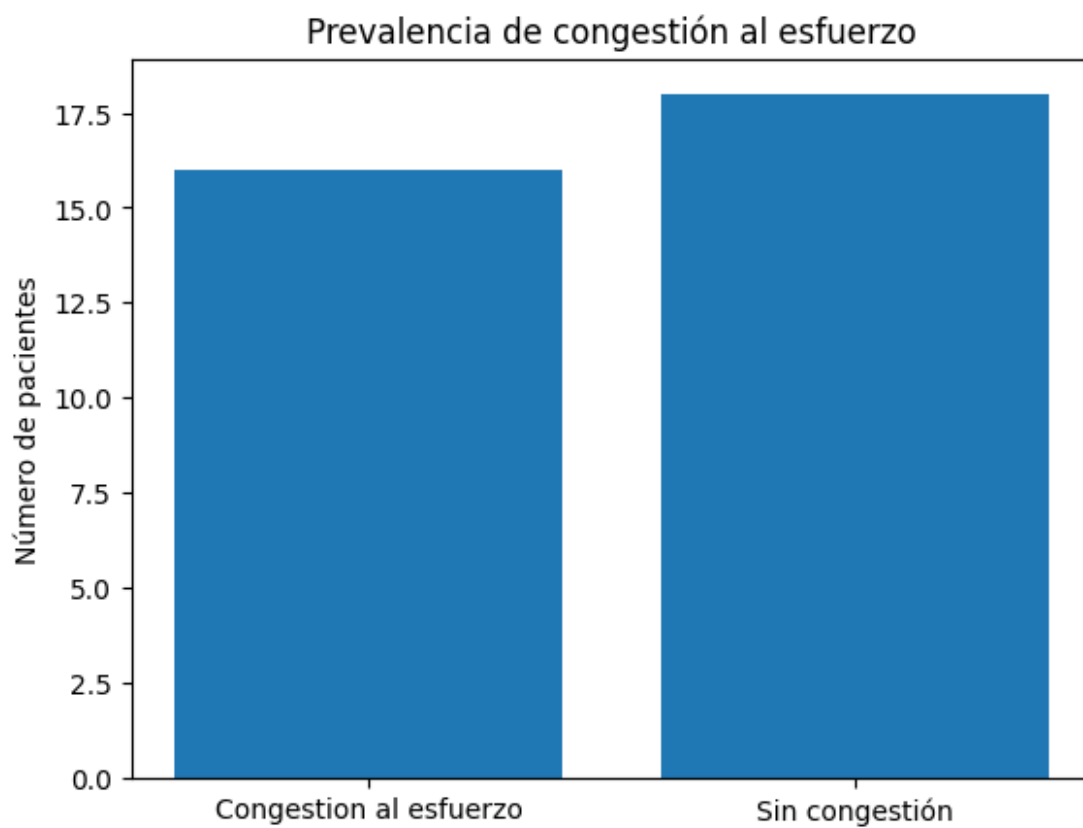


Figura 1. Prevalencia de congestión al esfuerzo

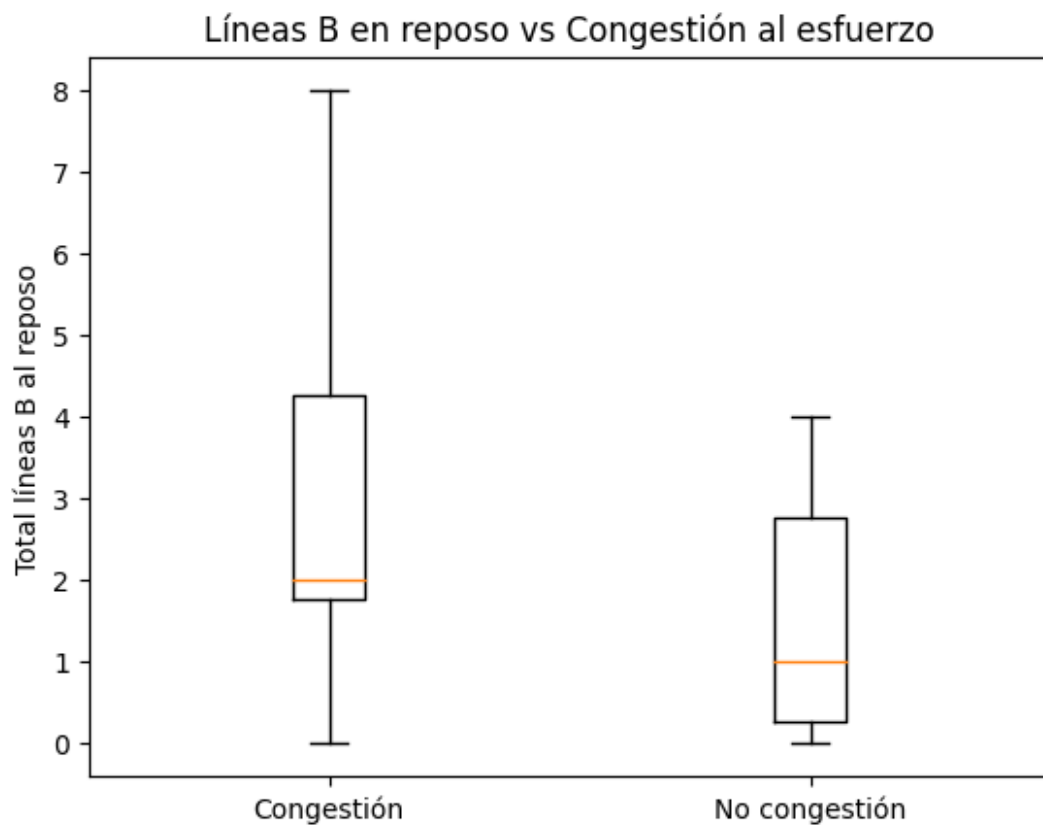


Figura 3. Líneas B en reposo según congestión al esfuerzo

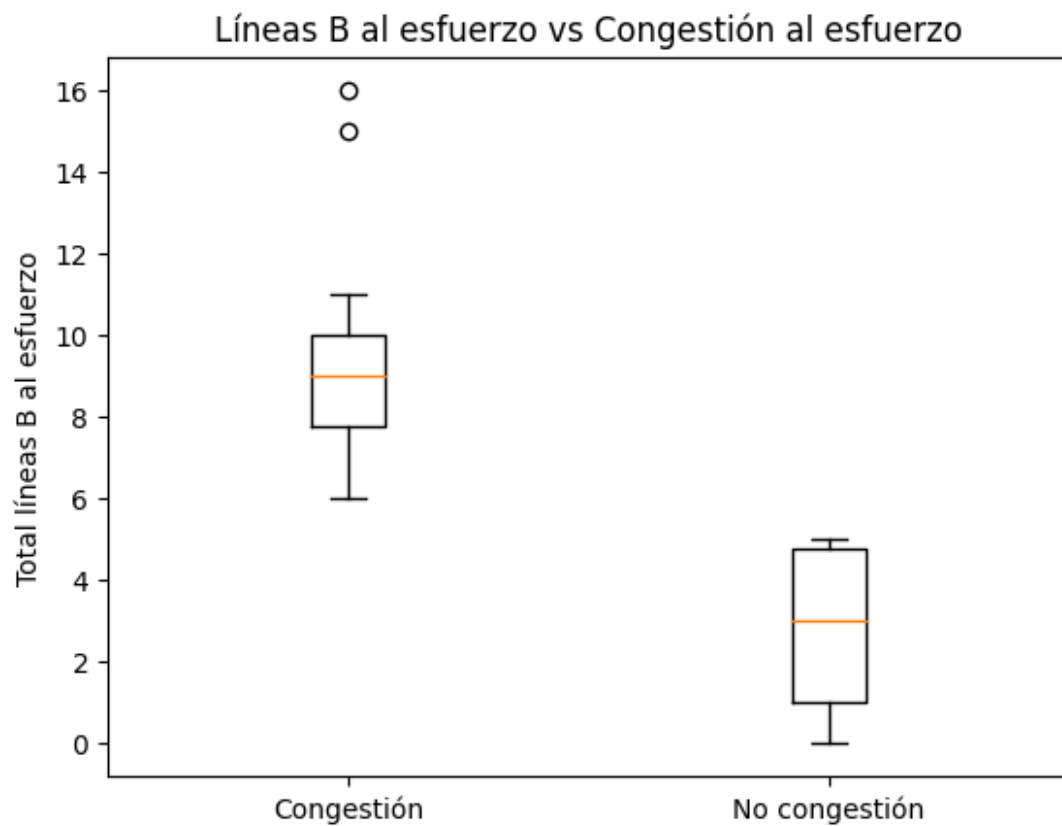


Figura 4. Líneas B al esfuerzo según congestión al esfuerzo

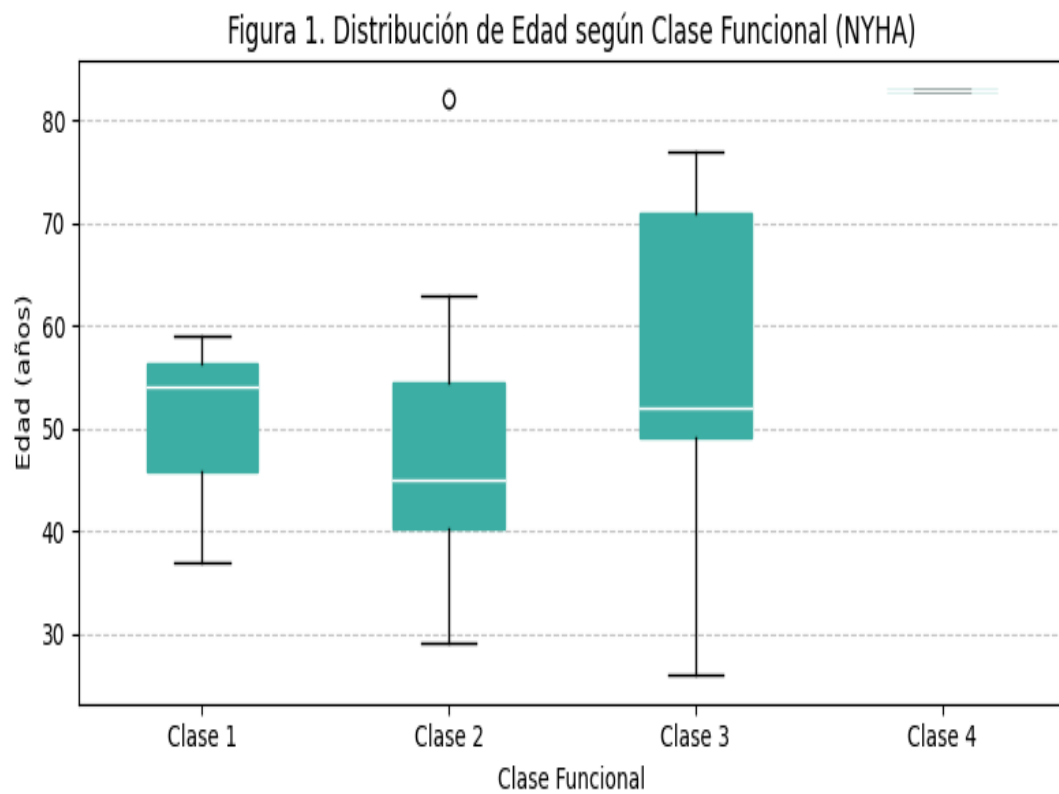


Figura 5. Distribución de edad según clase funcional (NYHA)

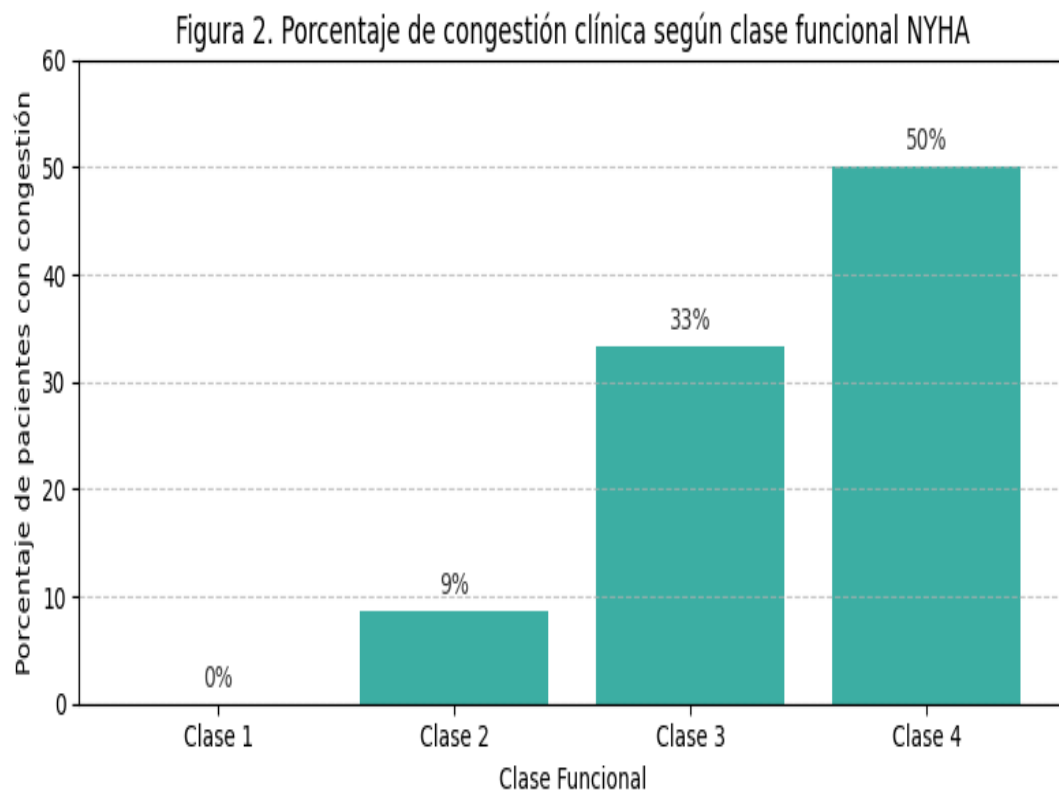


Figura 6. Porcentaje de congestión clínica según clase funcional NYHA



Figura 3. Distribución de pacientes con congestión por ultrasonido según parámetros especí

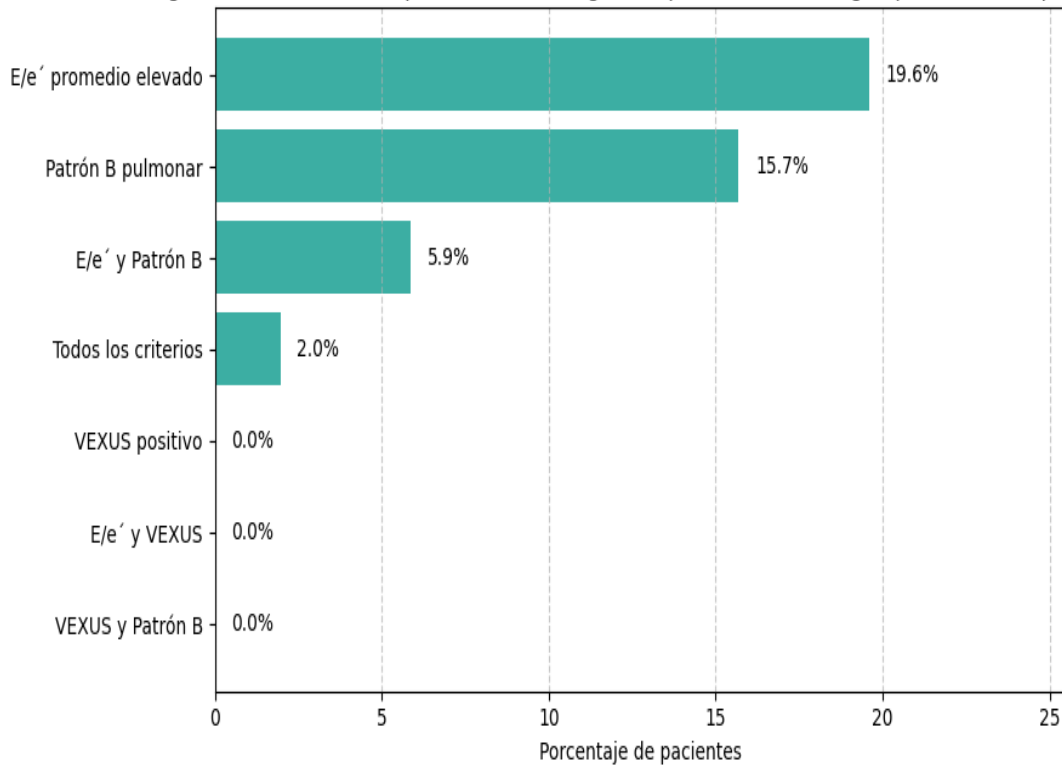


Figura 7. Distribución de pacientes con congestión por ultrasonido según parámetros específicos

## VII. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que la congestión pulmonar inducida por esfuerzo se presenta en casi la mitad de los pacientes con IC que, al egreso hospitalario, no presentaban congestión clínica. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han demostrado una proporción elevada de congestión subclínica en pacientes ambulatorios. Sin embargo, la prevalencia observada (47 %) es mayor a la reportada en población ambulatoria (36,9 %), lo que podría atribuirse a que nuestros pacientes fueron estudiados poco después de un episodio de descompensación y, por tanto, podrían tener una reserva cardiopulmonar reducida.

A diferencia de investigaciones previas, en este estudio se evaluó la congestión durante una prueba de esfuerzo, lo que permitió desenmascarar congestión que no era detectable en reposo. La ausencia de diferencias en edad, sexo, clase funcional y comorbilidades sugiere que la congestión al esfuerzo no depende de las características clínicas basales, sino de la reserva cardiopulmonar individual.

El número de líneas B al esfuerzo fue el parámetro que mejor discriminó a los pacientes con congestión; sin embargo, no se observó asociación con E/E' ni con la categoría de NT-proBNP. Esto podría deberse a que el NT-proBNP se midió en diferentes momentos del proceso de hospitalización y a que los niveles están influenciados por factores como la función renal y la medicación.

La regresión logística no identificó predictores independientes de congestión al esfuerzo, probablemente debido al limitado tamaño muestral y a la distribución homogénea de las variables. Estudios con mayor número de pacientes podrían identificar factores clínicos o ecocardiográficos relevantes. Además, el uso de variables continuas para NT-proBNP y E/E', en lugar de categorías, podría mejorar el poder discriminativo.

Estos resultados subrayan la necesidad de incorporar la evaluación por ultrasonido pulmonar en el seguimiento de pacientes con IC, especialmente durante el esfuerzo. La detección de congestión subclínica permite intervenir de forma temprana con ajustes en el tratamiento diurético, monitorización más estrecha y educación del paciente.

## VIII. LIMITACIONES

1. **Tamaño muestral reducido:** Con 34 pacientes, la potencia estadística para detectar asociaciones es limitada.
2. **Medición categórica del NT-proBNP:** La categorización de NT-proBNP impide analizar la relación lineal entre este biomarcador y la congestión al esfuerzo.

3. **Seguimiento a corto plazo:** La evaluación de calidad de vida y capacidad funcional se realizó al egreso; faltan datos de seguimiento a largo plazo para determinar el impacto clínico de la congestión al esfuerzo.
4. **Generalización:** Los resultados corresponden a un único centro y podrían no ser generalizables a otras poblaciones.

## IX. CONCLUSION

La congestión pulmonar inducida por esfuerzo es frecuente en pacientes con IC compensada tras un evento de descompensación. La evaluación mediante ultrasonido pulmonar durante la prueba de esfuerzo permite detectar esta congestión subclínica que no se evidencia en reposo. En esta cohorte de 34 pacientes, el 47 % presentó congestión al esfuerzo. No se identificaron diferencias basales significativas ni predictores clínicos, por lo que la evaluación individualizada con ultrasonido es esencial. El número de líneas B al esfuerzo fue el principal discriminador entre los grupos. Se requieren estudios con mayor tamaño de muestra y seguimiento longitudinal para determinar el impacto pronóstico de la congestión al esfuerzo y para explorar intervenciones dirigidas a su corrección.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Theresa A McDonagh, Marco Metra, Marianna Adamo, Roy S Gardner, Andreas Baumbach, Michael Böhm, Haran Burri, Javed Butler, Jelena Čelutkienė, Ovidiu Chioncel, John G F Cleland, Andrew J S Coats, Maria G Crespo-Leiro, Dimitrios Farmakis, Martine Gilard, Stephane Heymans, Arno W Hoes, Tiny Jaarsma, Ewa A Jankowska, Mitja Lainscak, Carolyn S P Lam, Alexander R Lyon, John J V McMurray, Alexandre Mebazaa, Richard Mindham, Claudio Muneretto, Massimo Francesco Piepoli, Susanna Price, Giuseppe M C Rosano, Frank Ruschitzka, Anne Kathrine Skibelund, ESC Scientific Document Group , 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of

acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC, *European Heart Journal*, Volume 42, Issue 36, 21 September 2021, Pages 3599–3726, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>

2. Heidenreich P, Bozkurt B, Aguilar D, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure. *J Am Coll Cardiol*. 2022 May, 79 (17) e263–e421. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.12.012>
3. Ceriani E, Casazza G, Peta J, Torzillo D, Furlotti S, Cogliati C. Residual congestion and long-term prognosis in acutely decompensated heart failure patients. *Intern Emerg Med*. 2020 Jun;15(4):719-724. doi: 10.1007/s11739-020-02326-y. Epub 2020 Apr 7. PMID: 32266688.
4. Lobo Márquez, Lilia Luz. (2020). Congestión y su diagnóstico en la insuficiencia cardíaca crónica descompensada. *Insuficiencia cardíaca*, 15(4), 106-118. Recuperado en 16 de octubre de 2023, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-38622020000400003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-38622020000400003&lng=es&tlng=es).
5. Mullens W, Damman K, Harjola VP, Mebazaa A, Brunner-La Rocca HP, Martens P, Testani JM, Tang WHW, Orso F, Rossignol P, Metra M, Filippatos G, Seferovic PM, Ruschitzka F, Coats AJ. The use of diuretics in heart failure with congestion - a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail*. 2019 Feb;21(2):137-155. doi: 10.1002/ejhf.1369. Epub 2019 Jan 1. PMID: 30600580.
6. Felker GM, Lee KL, Bull DA, Redfield MM, Stevenson LW, Goldsmith SR, LeWinter MM, Deswal A, Rouleau JL, Ofili EO, Anstrom KJ, Hernandez AF, McNulty SE, Velazquez EJ, Kfoury AG, Chen HH, Givertz MM, Semigran MJ, Bart BA, Mascette AM, Braunwald E, O'Connor CM; NHLBI Heart Failure Clinical Research Network. Diuretic strategies in patients with acute decompensated heart failure. *N Engl J Med*. 2011 Mar 3;364(9):797-805. doi: 10.1056/NEJMoa1005419. PMID: 21366472; PMCID: PMC3412356.
7. Felker GM, Ellison DH, Mullens W, Cox ZL, Testani JM. Diuretic Therapy for Patients With Heart Failure: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2020 Mar 17;75(10):1178-1195. doi: 10.1016/j.jacc.2019.12.059. PMID: 32164892.

8. Hollenberg SM, Warner Stevenson L, Ahmad T, et al. 2019 ACC expert consensus decision pathway on risk assessment, management, and clinical trajectory of patients hospitalized with heart failure: a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74:1966–2011.
9. Platz E, Merz AA, Jhund PS, Vazir A, Campbell R, McMurray JJ. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *Eur J Heart Fail*. 2017 Sep;19(9):1154-1163. doi: 10.1002/ejhf.839. Epub 2017 May 30. PMID: 28557302; PMCID: PMC5731779.
10. Platz E, Jhund PS, Girerd N, Pivetta E, McMurray JJV, Peacock WF, Masip J, Martin-Sanchez FJ, Miró Ò, Price S, Cullen L, Maisel AS, Vrints C, Cowie MR, DiSomma S, Bueno H, Mebazaa A, Gualandro DM, Tavares M, Metra M, Coats AJS, Ruschitzka F, Seferovic PM, Mueller C; Study Group on Acute Heart Failure of the Acute Cardiovascular Care Association and the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. Expert consensus document: Reporting checklist for quantification of pulmonary congestion by lung ultrasound in heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2019 Jul;21(7):844-851. doi: 10.1002/ejhf.1499. Epub 2019 Jun 19. PMID: 31218825; PMCID: PMC6708584.
11. Merli E, Ciampi Q, Scali MC, Zagatina A, Merlo PM, Arbucci R, Daros CB, de Castro E Silva Pretto JL, Amor M, Salamè MF, Mosto H, Morrone D, D'Andrea A, Reisenhofer B, Rodriguez-Zanella H, Wierzbowska-Drabik K, Kasprzak JD, Agoston G, Varga A, Lowenstein J, Dodi C, Cortigiani L, Simova I, Samardjieva M, Citro R, Celutkienė J, Re F, Monte I, Gligorova S, Antonini-Canterin F, Pepi M, Carpeggiani C, Pellikka PA, Picano E; Stress Echo 2020 and 2030 study group of the Italian Society of Echocardiography and Cardiovascular Imaging (SIECVI). Pulmonary Congestion During Exercise Stress Echocardiography in Ischemic and Heart Failure Patients. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2022 May;15(5):e013558. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.121.013558. Epub 2022 May 17. PMID: 35580160.
12. Lancellotti P, Pellikka PA, Budts W, Chaudhry FA, Donal E, Dulgheru R, Edvardsen T, Garbi M, Ha JW, Kane GC, Kreeger J, Mertens L, Pibarot P, Picano E, Ryan T, Tsutsui JM, Varga A. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the

American Society of Echocardiography. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2016 Nov;17(11):1191-1229. doi: 10.1093/ehjci/jew190. Erratum in: Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017 May 1;18(8):832. PMID: 27880640.

## **XI. RESUMEN AUTOBIOGRAFICO**

Nacido en Ciudad Valles, San Luis Potosí, el 4 de noviembre de 1992. Realicé mis estudios de medicina en la Universidad Autónoma de Nuevo León y posteriormente me especialicé en Cardiología en el Hospital Universitario “Dr. José E. González”. Este trabajo de tesis culmina un ciclo de formación dedicado a la atención de pacientes con insuficiencia cardíaca, con el objetivo de aportar conocimiento sobre la detección temprana de la congestión subclínica.

A lo largo de mi formación, he participado en proyectos de investigación orientados a la ecografía pulmonar y cardíaca, y he adquirido experiencia en el manejo integral del paciente con insuficiencia cardíaca. Agradezco a mis mentores, colegas y seres queridos por su apoyo incondicional durante esta etapa académica.