



**Correlación ecocardiográfica entre la Integral Velocidad Tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la Fracción de Eyección en un hospital de cuarto nivel en Bogotá.**

**Autor:**

Yeisson Danilo Ávila Cortés

Trabajo presentado como requisito para optar por el  
título de Especialización de Ecocardiografía

Bogotá – Colombia

2022

Correlación ecocardiográfica entre la Integral Velocidad Tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la Fracción de Eyección en un hospital de cuarto nivel en Bogotá.

**Autor:**

Yeisson Danilo Ávila Cortés

**Tutores**

**Metodológico**

Nicolás Molano González

**Temático**

Wilmer Alexander Cely Cely

Facultad de Medicina  
Especialización en Ecocardiografía  
Universidad del Rosario

Bogotá – Colombia

2022

## Identificación del proyecto

Institución académica: Universidad del Rosario.

Dependiente: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud.

Título de la investigación: Correlación ecocardiográfica entre la Integral Velocidad Tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la Fracción de Eyección en un hospital de cuarto nivel en Bogotá.

Instituciones participantes: Fundación Clínica Shaio.

Tipo de investigación: Estudio de prueba diagnóstica.

Investigadores principal:

Yeisson Danilo Ávila Cortés

Investigadores secundarios:

Carlos Alberto Velandia Carrillo

Asesor clínicos o temáticos:

Wilmer Alexander Cely Cely

Asesor metodológico

Nicolás Molano González

## TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Justificación.....	8
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
4.1 Objetivo general.....	14
4.2 Objetivos específicos.....	14
<b>5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>15</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
6.1 Tipo y diseño de estudio .....	16
6.2 Marco muestral .....	16
6.3 Tamaño de muestra.....	17
6.4 Muestreo .....	17
6.5 Criterios de selección .....	17
6.5.1 Criterios de inclusión .....	17
6.5.2 Criterios de exclusión .....	18
6.6 Variables.....	18
5.7 Plan de análisis .....	23
5.7.1 Control de sesgos: .....	24
5.8 Proceso de recolección de la información .....	25
<b>7. ASPECTOS ÉTICOS.....</b>	<b>26</b>
<b>8. RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>9. DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>10. LIMITACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>12. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>41</b>
12.1 Cronograma .....	41
12.2 Presupuesto .....	41
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>47</b>
<b>Formato de recolección de datos.....</b>	<b>47</b>

## RESUMEN

**Introducción:** La evaluación de la función ventricular izquierda puede ser valorada mediante la cuantificación de los volúmenes ventriculares y representa un valor importante en el diagnóstico, manejo, seguimiento y pronóstico de pacientes con una variedad de entornos clínicos. Sin embargo, en algunos pacientes se presentan limitaciones técnicas para la evaluación de los volúmenes, por lo que se requieren métodos adicionales que ayuden a su estimación.

**Objetivo:** Evaluar la correlación entre la Integral Velocidad Tiempo del tracto (IVT) de salida del ventrículo izquierdo y la Fracción de Eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) de los pacientes que ingresaron a un estudio de ecocardiografía.

**Métodos:** Estudio de pruebas diagnósticas para evaluar la correlación de tipo retrospectivo entre la IVT de tracto de salida del ventrículo izquierdo y la FEVI.

**Resultados:** La correlación entre la IVT del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la FEVI mostró una correlación fuerte, estimada por un coeficiente de correlación de Pearson, con valor de 0.671 (IC 95% 0.604-0.729) y una significancia estadística  $p < 0.0001$ .

**Conclusión y discusión:** La IVT del tracto de salida del ventrículo izquierdo presenta una buena correlación con la FEVI, determinada por método de Simpson con lo que se propone como una herramienta útil para la aproximación en los servicios de ecocardiografía para estimar un aproximado de la FEVI en los casos donde se encuentren limitaciones para su estimación.

**Palabras claves:** Integral velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo, fracción de eyección del ventrículo izquierdo, correlación.

## ABSTRACT

**Introduction:** The evaluation of the left ventricular function can be assessed by quantifying the ventricular volumes and represents an important value in the diagnosis, management, follow-up, and prognosis of the patients in a variety of clinical settings. However, in some patients could have technical limitations in order to evaluate these volumes, so additional methods may be required in order to help estimate them.

**Objective:** To evaluate the correlation between the left ventricular outflow tract velocity time integral (LVOT VTI) and the left ventricular ejection fraction (LVEF) of patients admitted to an echocardiography study.

**Methods:** Study of diagnostic tests to evaluate the retrospective correlation between LVOT VTI and LVEF.

**Results:** The correlation between the LVOT VTI and LVEF showed in this Study a strong correlation, estimated by a Pearson correlation coefficient of 0.671 (95% CI 0.604-0.729) and statistical significance  $p < 0.0001$ .

**Conclusion and discussion:** LVOT IVT presents a good correlation with LVEF determined by the Simpson method, which is proposed as a useful tool for the approximation in the echocardiography services to estimate an approximate of the LVEF in cases where there may be limitations for its estimation.

**Keywords:** Velocity-time integral of the left ventricular outflow tract, left ventricular ejection fraction, correlation.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

En el mundo, la enfermedad cardiovascular se ha convertido en la causa más importante de morbilidad y mortalidad (1,2), en gran parte, por la generación de falla cardíaca, un síndrome clínico que, para su diagnóstico apropiado, requiere de un conjunto de signos y síntomas, que, asociados a recursos paraclínicos como la ecocardiografía, ayudan a clasificar la enfermedad basados en el grado de disfunción ventricular (3).

La evaluación de la función ventricular izquierda puede ser valorada mediante ecocardiografía, calculando los volúmenes ventriculares al final de la diástole y de la sístole para, de esta manera, determinar la fracción de eyección del ventrículo izquierdo con el método de Simpson. Este método está recomendado por las principales guías de cuantificación de ecocardiografía, lo que lo convierte en una variable importante en el diagnóstico, manejo, seguimiento y pronóstico de pacientes con una variedad de entornos clínicos. Sin embargo, en algunos pacientes se presentan limitaciones técnicas por ecocardiografía en la evaluación de los volúmenes ventriculares izquierdos y, por ende, limitaciones para obtener con precisión la fracción de eyección, como ocurre en algunas características clínicas que limitan la ventana acústica (p.ej. pacientes con obesidad, alteraciones anatómicas del tórax, entre otras) (4).

## 1.2 Justificación

La valoración funcional del ventrículo izquierdo estimada por ecocardiografía se convierte en un recurso técnico disponible, que se realiza al lado de la cama del paciente, con alto grado de reproducibilidad. Actualmente, se dispone de otros métodos diagnósticos adicionales para el análisis de la función ventricular izquierda cuando no es posible su evaluación por medio de un ecocardiograma, sin embargo, resultan en métodos más costosos y menos disponibles en nuestro medio. En este estudio, se plantea la evaluación de una técnica sencilla mediante el estudio Doppler pulsado a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo que nos pueda indicar el comportamiento de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

## 2. MARCO TEÓRICO

La función miocárdica comienza a nivel celular con la contracción coordinada de los miocitos cardiacos, desde la despolarización, que genera liberación de iones de calcio en el sarcoplasma muscular, conduciendo al acoplamiento de actina y miosina en el sarcómero. Esta interacción de actina y miosina resulta en el acortamiento de todos los sarcómeros y se manifiesta macroscópicamente como contracción cardiaca (5).

Estos cambios a nivel celular pueden ser evaluados macroscópicamente mediante la estimación de la función ventricular izquierda, siendo la evaluación de la función sistólica del ventrículo izquierdo la indicación más común para la realización de un ecocardiograma. Se conocen varios métodos por ecocardiografía para establecer la función ventricular izquierda, desde las medidas cualitativas, lineales, valoración bidimensional (2D) con la estimación de volúmenes, evaluaciones tridimensionales (3D) y valoraciones más complejas como la deformidad miocárdica (6). Sin embargo, la evaluación de la función del ventrículo izquierdo representa un desafío, especialmente en aquellos pacientes con limitaciones técnicas en la ventana acústica, por lo que no existe un parámetro perfecto para la estimación de la función ventricular.

En la actualidad, el ecocardiograma es el método más utilizado y aceptado para la evaluación de la función sistólica del ventrículo izquierdo mediante el cálculo de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), estimada como porcentaje (calculada como la diferencia entre el volumen sistólico y el volumen diastólico dividido sobre el volumen diastólico y su resultado multiplicado por 100) (6), con un rango de normalidad de 52-72% en hombres y 54-74% en mujeres (7).

La FEVI ha representado en cardiología un criterio de selección para la mayoría de los estudios clínicos en insuficiencia cardíaca y ha sido incorporada en todas las guías clínicas (8). Es de notar que la mayoría de las recomendaciones de intervención han sido basadas en estos estudios, los cuales incluyen como criterio de selección pacientes con FEVI disminuida con un punto de corte menor o igual a 40%, por lo que su estimación resulta de gran interés clínico (8). Sin embargo, la FEVI a pesar de tener amplias aplicaciones, también tiene importantes limitaciones; la evaluación en dos dimensiones basada en el método de discos o Simpson, tiene un sesgo de estimación de 0.1% con una desviación estándar (DE) de 13.9% y una variabilidad interobservador e intraobservador de 4.8% al 21.1% y 0.2% al 19.6%, respectivamente (9), que en ocasiones limita un adecuado seguimiento y una adecuada clasificación de los pacientes (6).

Una condición importante en la evaluación de la FEVI, es que esta medición depende de una buena calidad de imagen para el seguimiento manual o automatizado del borde endocárdico y es vulnerable al error de adquisición de imagen, por ejemplo, cuando no se adquiere adecuadamente el ápex ventricular; la ecocardiografía tridimensional mejora esta limitación mediante la adquisición de volumen completo, lo que la convierte en una técnica más reproducible, sin embargo, esta medición también depende de una buena calidad de imagen (10).

De otro lado, la FEVI depende de las condiciones de pre y poscarga del corazón, las cuales pueden sobreestimar o subestimar su valor real, por ejemplo, en pacientes con insuficiencia mitral severa, en quienes el volumen regurgitante y volumen anterógrado sumados, pueden favorecer a un cálculo elevado de FEVI, o lo contrario, puede ocurrir en la estenosis aórtica severa (6).

Numerosos ensayos multicéntricos grandes, incluyendo estudios postinfarto (11–13), han informado la estrecha relación entre la disminución de la FEVI y desenlaces de peor pronóstico, los cuales están en relación con el grado de severidad de la disfunción sistólica. El riesgo de muerte por categoría de FEVI en

los pacientes con FEVI 16-25% comparado con los que tenían FEVI del 36-45%, presentan una mortalidad mayor, con un HR de 1.44 (IC del 95%: 1.28 - 1,61) en el análisis ajustado, con una mortalidad que aumenta de una forma casi lineal cuando la FEVI cae por debajo del 45% (12).

Los pacientes con enfermedad coronaria candidatos a terapia médica con mayor grado de disfunción sistólica se asociaron a un peor pronóstico. La supervivencia a 12 años fue del 21% para pacientes con una FEVI inferior al 35% y 54% para aquellos con una FEVI de 35% a 49%. Ambas tasas de supervivencia fueron notablemente peores que la de los pacientes con FEVI normal, con una supervivencia a 12 años del 73% (13).

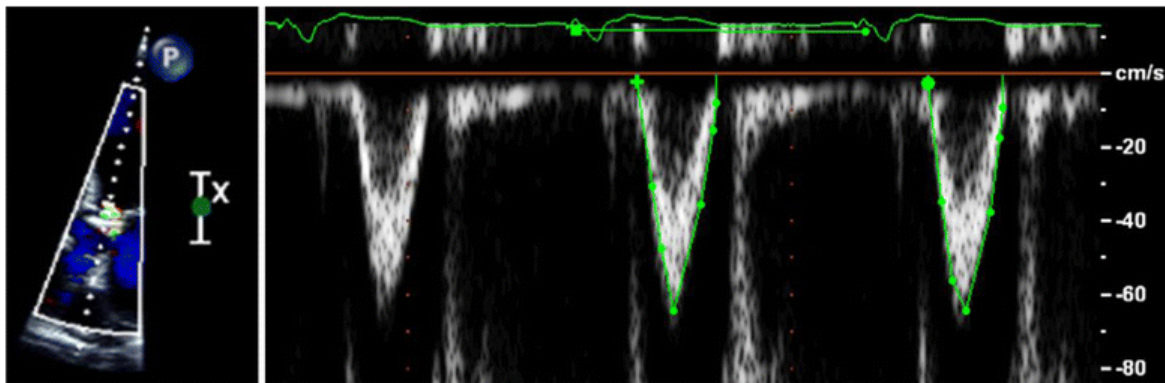
Como se indicó anteriormente, aunque la ecocardiografía bidimensional es el método comúnmente utilizado para la evaluación de la FEVI, esta técnica presenta valores de precisión y reproducibilidad que son importantes de evaluar en comparación con otras técnicas para su estimación. Los resultados sugieren que las mediciones de fracción de eyección por diversas técnicas como la ecocardiografía 2D, la ventriculografía con radiofármacos y la resonancia magnética cardiaca (RMC) no son intercambiables y presentan amplias variaciones en volúmenes y fracción de eyección al compararlas entre sí. La valoración de volúmenes de fin de diástole (VFD) y fin de sístole (VFS) por Simpson Biplano con ecocardiografía 2D, comparado con los mismos volúmenes por resonancia magnética cardiaca (RMC), revela límites concordantes muy amplios para VFD y VFS, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.83 y 0.8 respectivamente (14).

Al analizar la fracción de eyección de los pacientes categorizados en grupos con FEVI (<35%, 35–50%, >50%) por resonancia magnética, comparado con ecocardiografía 2D, se encontró un acuerdo del 68% (kappa 0.45,  $p = 0.001$ ), y con ecocardiografía 3D un acuerdo del 74% (kappa 0.39,  $p = 0.005$ ). Sin embargo, la RMC es la técnica de referencia para la estimación del volumen y la FEVI en

pacientes con insuficiencia cardiaca debido a su enfoque no simétrico, dadas las características de resolución espacial y cálculo más exacto del volumen intracardiaco (15).

Por otro lado, el estudio del Doppler a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo, estimado como una integral de la gráfica velocidad versus tiempo (IVT) a nivel del tracto de salida reportada en centímetros, que representa el área, como se muestra por el trazo verde de la figura 1(16), es una medida de práctica estándar durante el estudio de ecocardiografía transtorácica (17). Esta medición muestra asociación con la función sistólica del ventrículo izquierdo en niños y adolescentes; en adultos se ha utilizado como una medida de predicción, con un punto de corte menor a 18 cm para desenlaces como hospitalización por falla cardiaca y mortalidad (18,19).

Figura 1. Representación de la evaluación del área de la Integral Velocidad – Tiempo a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo.



Los análisis de variabilidad del IVT estimada por Doppler pulsado a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo presentan una adecuada concordancia, con una diferencia de media en -1.2 - 0.3 cm ( $r = 0.94$ ;  $p = 0.20$ ) en las evaluaciones intraobservador, así como una diferencia de media de 0.74 - 0.3 cm ( $r = 0.91$ ;  $p = 0.3$ ) en las evaluaciones interobservador (20). Sin embargo, la medición de IVT se puede ver afectada por el ángulo de incidencia entre el haz de ultrasonido y el

vector del flujo de sangre y el sitio de medición (21), por lo que requiere de personal entrenado para mejorar su estimación.

Los estudios iniciales de la técnica Doppler fueron usados para el cálculo de la fuerza de eyección estimada en Kilodinas en comparación con la FEVI medida por angiografía, mostrando asociación de valores menores de 20 Kilodinas con una FEVI menor del 50% (22), sin embargo, actualmente se considera que las estimaciones de FEVI obtenidas por evaluación angiográfica en comparación con la ecocardiografía pueden variar ampliamente, con implicaciones clínicas potencialmente importantes, por lo que esta estimación no se recomienda como una técnica de rutina (23).

Adicionalmente, por medio de la ecocardiografía se puede medir de forma no invasiva el gasto cardiaco. En modelos de ratones se observan buenas correlaciones, con un coeficiente de determinación de 0.87 y valores muy cercanos entre el método ecocardiográfico y el gasto cardiaco medido por sonda de flujo (24). En humanos, la estimación del gasto cardiaco fue descrita por Jannet F. Lewis con el uso de la evaluación Doppler a través del tracto de salida del ventrículo izquierdo en pacientes sin estenosis valvular por medio de la ecuación:  $IVT$  —expresada en cm.— multiplicada por el área del tracto de salida —expresada en  $cm^2$ —. Para el cálculo del volumen latido presenta buena correlación entre el gasto cardiaco observado por termodilución y las medidas realizadas con la técnica de Doppler, con una variabilidad en la medición de 6.8% (25). Sin embargo, esta estimación es dependiente de una adecuada medición del área del tracto de salida del ventrículo izquierdo, que desde hace poco ha prestado mayor atención dada la complejidad anatómica de este sitio, pues esta fórmula asume un área de forma circular, lo que en trabajos recientes se ha desvirtuado dado que la forma habitual es una elipse, pudiendo, inclusive, encontrar otras formas, dependiendo de la patología analizada. Esto genera un problema de subestimación de las áreas por medio de la evaluación ecocardiográfica 2D, indicando un potencial error con el uso de este

parámetro (26), por lo que el uso de mediciones aisladas del IVT que no incluya este parámetro, son necesarias.

### 3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la correlación entre el IVT del tracto de salida y la FEVI en pacientes que ingresaron a la Clínica Shaio durante el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021?

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1 Objetivo general

Evaluar la correlación entre el IVT de tracto de salida del ventrículo izquierdo y la función ventricular izquierda estimada por el método de Simpson de los pacientes que ingresaron a estudio de ecocardiografía a la Fundación Clínica Shaio durante el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021.

#### 4.2 Objetivos específicos

- Describir las características ecocardiográficas y clínicas de los pacientes que ingresaron para la realización de un ecocardiograma en el periodo establecido.
- Describir las características en la medición de la integral velocidad tiempo de los pacientes que ingresaron para la realización de ecocardiograma en el periodo establecido.
- Evaluar la correlación entre el IVT del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la función ventricular, estimada por el método de Simpson según el grado de lesión valvular mitral o aórtica.

## 5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Se consideran las siguientes hipótesis según la naturaleza del estudio:

H<sub>1</sub>: El grado de correlación entre la IVT y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo es superior o igual a un índice de correlación de Pearson de 0.5

vs.

H<sub>0</sub>: El grado de correlación entre la IVT y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo es inferior a un índice de correlación de Pearson de 0.5

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Tipo y diseño de estudio

Estudio de pruebas diagnósticas donde se realizó una correlación de tipo retrospectivo (27) entre IVT de tracto de salida del ventrículo izquierdo y la función ventricular izquierda estimada por el método de Simpson, de pacientes que ingresaron a estudio de ecocardiografía para el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021 en la Fundación Clínica Shaio en la ciudad de Bogotá, Colombia.

### 6.2 Marco muestral

Los pacientes que acudieron a un estudio ecocardiográfico ya sea ambulatorio u hospitalario por el equipo de cardiología no invasiva de la institución en el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021.

- Universo: pacientes enviados a estudio de ecocardiografía en el periodo establecido.
- Población objetivo: pacientes en Bogotá D.C. con necesidad de estudio ecocardiográfico referidos a la Clínica Shaio.
- Población elegible: pacientes con indicación de estudio de la función ventricular izquierda en la Clínica Shaio de Bogotá D.C, durante el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021.
- Población de estudio: pacientes referidos para estudio de la función ventricular que cumplan con los criterios establecidos.

### 6.3 Tamaño de muestra

Bajo un muestreo no probabilístico, la correlación que se detectó fue de 0.5. Bajo este escenario, se asumió un nivel de significancia del 1.6% (ajustando por factor de corrección de Bonferroni para 3 pruebas y una significancia global del 5%) y una potencia del 80%, usando el método de la transformación Z para el coeficiente de correlación (28). Se evaluó la correlación representando todos los rangos de FEVI por grupos así: Grupo 1: FEVI menor o igual de 40%, Grupo 2: FEVI entre 41 - 49% y Grupo 3: FEVI mayor o igual de 50%. Se estableció la obtención de una muestra de 38 pacientes para cada grupo de FEVI, con un total de mínimo 114 pacientes. Sin embargo, se estimó lograr un mayor número de muestra para lograr un mayor poder estadístico.

### 6.4 Muestreo

Se realizó un muestro a conveniencia incluyendo todos los pacientes que cumplieran los criterios de selección que se citan a continuación:

#### 6.5 Criterios de selección

##### 6.5.1 Criterios de inclusión

Pacientes mayores de 18 años que ingresaron a estudio de ecocardiografía a cargo del servicio de cardiología no invasiva de la Clínica Shaio en el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021.

### 6.5.2 Criterios de exclusión

1. Pacientes con condiciones que no permitan realizar una adecuada medición por ecocardiograma (mala ventana acústica, estudio no gatillado) con limitación para evaluar adecuadamente la interfase tejido sangre en la cavidad ventricular en las ventadas de cuatro y dos cámaras.
2. Pacientes con taquiarritmias no controladas definidas como frecuencia cardiaca superiores o igual a 150 latidos por minuto.
3. Pacientes con Valvulopatía aórtica o mitral severas.
4. Pacientes con prótesis valvulares.
5. Pacientes con miocardiopatía hipertrófica o gradientes obstructivos.
6. Pacientes con fibrilación auricular.

### 6.6 Variables

Las variables incluidas en el estudio se presentan en la siguiente tabla:

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
Sexo	Identificación del sexo según su documento de identidad	Cualitativa	Nominal	Dos posibles categorías hombre o mujer 1: hombre, 0: mujer.
Edad	Años cumplidos desde el nacimiento según el documento de identidad	Cuantitativa	Razón	Años
Peso	Cifra de peso registrada en la última visita médica al cardiólogo	Cuantitativa	Razón	Kilogramos
Talla	Cifra de talla registrada en la última visita médica al cardiólogo	Cuantitativa	Razón	Metros
Superficie corporal	Valor de superficie corporal según la fórmula de Dubois	Cuantitativa	Razón	Kg/m <sup>2</sup>

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
Indicación del estudio	Indicación para la realización del estudio según la orden médica	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 1: Chequeo 2: Falla cardíaca 3: Cardiopatía isquémica 4: Cardiopatía valvular 5: Hipertensión arterial 6: Cardiopatía mixta 7: Quimioterapia 8: Otra
Hipertensión	Antecedente de hipertensión registrado en historia clínica	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 0: No 1: Si
Diabetes mellitus (DM)	Antecedente de DM registrado en historia clínica	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 0: No 1: Si
Antecedente de enfermedad coronaria	Antecedente de enfermedad coronaria reportada por el paciente	Cualitativa	Nominal	Dos posibles categorías: 0: No 1: Si
Seropositividad de Chagas	Antecedente de Seropositividad de Chagas previo a RHC	Cualitativa	Nominal	Dos posibles categorías: 0: No 1: Si
Cirugía cardíaca previa	Antecedente de cirugía cardíaca previa registrada en historia clínica	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 0: No 1: Si
Tipo de cirugía cardíaca	Tipo de cirugía cardíaca previa registrada en historia clínica	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 1: Puentes 2: Valvular 3: Trasplante 4: Congénita 5: Valvular y puentes
Tiene algún dispositivo cardíaco implantable	Tipo de dispositivo cardíaco implantable registrado en historia clínica	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 0: Ninguno 1: Marcapaso 2: Cardiodesfibrilador 3: Cardioresincronizador
Frecuencia cardíaca	Latidos por minuto tomado por trazo EKG del ecocardiograma	Cuantitativa	Razón	Latidos por minuto

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
Diámetro diastólico	Medida de borde interno a borde interno en fin de diástole	Cuantitativa	Razón	Milímetros (mm)
Masa ventricular izquierda indexada	Medida estimada del valor de masa ventricular izquierda derivada del modo bidimensional en eje paraesternal largo en fin de diástole, dividido por la superficie corporal	Cuantitativa	Razón	Gramos/m <sup>2</sup>
Volumen de fin de diástole indexado	Promedio del volumen telediastólico realizado por Simpson en la ventana de cuatro y dos cámaras, dividido sobre la superficie corporal	Cuantitativa	Razón	Mililitros/m <sup>2</sup>
Volumen de fin de sístole indexado	Promedio del volumen telesistólico realizado por Simpson en la ventana de cuatro y dos cámaras, dividido sobre la superficie corporal	Cuantitativa	Razón	Mililitros/m <sup>2</sup>
Función ventricular izquierdo	Porcentaje que se calcula de la proporción entre el volumen de fin de diástole menos el volumen de fin de sístole dividido sobre el volumen de fin de diástole	Cuantitativa	Razón	Porcentaje
Función diastólica	Evaluación según las guías de función diastólica ASE así como la severidad	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 0: Normal 1: Tipo I 2: Tipo II 3: Tipo III 4: Indeterminada 5: No valorable
Volumen de la aurícula izquierda indexado	Medida del promedio del volumen de telediastólico auricular en cuatro y dos cámaras	Cuantitativa	Razón	Mililitros/m <sup>2</sup>
Integral velocidad tiempo en el tracto de salida del ventrículo	Evaluación realizada del promedio de dos evaluaciones del tracto de salida del ventrículo izquierdo con Doppler,	Cuantitativa	Razón	cm

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
izquierdo (IVT TSVI)	pulsado en la ventana de cinco cámaras durante la sístole ventricular			
Diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo	Evaluación del tracto de salida en mesosístole en eje paraesternal izquierdo	Cuantitativa	Razón	mm
Severidad de insuficiencia mitral	Evaluación de la severidad de la insuficiencia mitral según las guías ASE	Cualitativa	Ordinal	Posibles categorías: 0: Normal 1: Tipo Leve 2: Tipo Moderada 3: Tipo Severa
Tipo de insuficiencia mitral	Evaluación del mecanismo de la insuficiencia mitral según las guías ASE	Cualitativa	Nominal	Posibles etiologías 1: Funcional 2: Orgánica 3: Mixta
Severidad de insuficiencia aórtica	Evaluación de la severidad de la insuficiencia aórtica según las guías ASE	Cualitativa	Ordinal	Posibles categorías: 0: Normal 1: Tipo Leve 2: Tipo Moderada 3: Tipo Severa
Tipo de insuficiencia aórtica	Evaluación del mecanismo de la insuficiencia aórtica según las guías ASE	Cualitativa	Nominal	Posibles etiologías 1: Funcional 2: Orgánica 3: Mixta
Severidad de estenosis mitral	Evaluación de la severidad de la estenosis mitral según las guías ASE	Cualitativa	Ordinal	Posibles categorías: 0: Normal 1: Tipo Leve 2: Tipo Moderada 3: Tipo Severa
Tipo de estenosis mitral	Evaluación del mecanismo de la estenosis mitral según las guías ASE	Cualitativa	Nominal	Posibles etiologías 1: Funcional 2: Orgánica 3: Mixta
Severidad de Estenosis aórtica	Evaluación de la severidad de la estenosis aórtica según las guías ASE	Cualitativa	Ordinal	Posibles categorías: 0: Normal 1: Tipo Leve 2: Tipo Moderada 3: Tipo Severa
Velocidad máxima de la válvula aórtica	Velocidad máxima estimada por Doppler continuo en la ventana cinco cámaras	Cuantitativa	Razón	m/s

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
Integral velocidad tiempo a nivel de la válvula aórtica	Integral velocidad tiempo a nivel de la válvula aórtica estimada por Doppler continuo en la ventada de cinco cámaras	Cuantitativa	Razón	cm
Función del ventrículo derecho	Fracción de acortamiento estimada de la planimetría de fin de diástole menos la planimetría de fin de sístole del ventrículo derecho en la ventana apical de foco del ventrículo derecho	Cuantitativa	Razón	Porcentaje
Conclusión del reporte	Según los hallazgos se consideró ecocardiograma normal o anormal	Cualitativa	Nominal	Posibles categorías: 0: Normal 1: Anormal

## 5.7 Plan de análisis

Los datos recolectados en el instrumento fueron digitados en una base de datos en formato Microsoft Office Excel 2017, posteriormente se realizó un análisis estadístico en el software R versión 3.6.3. (29). El análisis descriptivo se realizó según las medidas de tendencia central (promedio y mediana) y dispersión (cuartiles 1 y 3 así como desviación estándar) para las variables continuas y frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas.

Para la evaluación de relaciones entre pares de variables cualitativas se utilizó la prueba de chi cuadrado o exacta de Fisher para las variables cualitativas, la prueba de Kruskal-Wallis se realizó para evaluar la relación entre variables cuantitativas y cualitativas y, finalmente, se calculó la correlación de Pearson para evaluar la asociación lineal entre pares de variables cuantitativas. El nivel de significancia se fijó en 0.05.

Para evaluar y cuantificar el grado de concordancia entre el IVT de tracto de salida del ventrículo izquierdo y la función ventricular izquierda estimada por el método de Simpson, se realizó el cálculo de la correlación de Pearson con su correspondiente intervalo de confianza al 95% (30).

### 5.7.1 Control de sesgos:

#### 5.7.1.1 Sesgo de selección:

Los pacientes candidatos al estudio de ecocardiografía en el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021 fueron evaluados de manera retrospectiva y cumplieron con los criterios de selección establecidos, lo que permite una clasificación adecuada dado el alto nivel de entrenamiento clínico.

#### 5.7.1.2 Sesgos de memoria:

La revisión de los datos de los participantes que fueron incluidos se encuentra almacenada en los sistemas de información de la institución. Estos datos se almacenaron en un formato de recolección digital y llevados a la base de datos diseñada para el estudio. Las imágenes de ecocardiografía se encuentran realizadas según los protocolos de calidad establecidos por las sociedades científicas que garantiza un estudio completo y estandarizado de las variables del estudio.

#### 5.7.1.3 Sesgo de información o de medición:

Se realizó una correcta medición en el espectro Doppler pulsado del IVT del tracto de salida en el software Agility System® por personal entrenado en imágenes cardiacas. Los formatos de información fueron establecidos de acuerdo con los datos necesarios para el presente estudio y según los lineamientos de medición por las guías de la American Society of Echocardiography del 2019 (31). Así mismo, la recolección de los datos se realizó por profesionales del área de la salud entrenados en la evaluación por ecocardiografía.

Adicionalmente, para evitar el sesgo en la medición por parte del instrumento de medida, todos los equipos de ecocardiografía y de almacenamiento de imágenes de la Clínica Shaio reciben un mantenimiento y evaluación rutinaria según los lineamientos de ingeniería biomédica para poder continuar con su funcionamiento.

#### 5.7.1.4 Errores de digitación:

Se ajustó la base de datos con límites para evitar errores. Asimismo, en caso de valores extremos se corroboraron nuevamente con el documento fuente que en este caso son las imágenes de ecocardiografía.

### 5.8 Proceso de recolección de la información

Los datos fueron adquiridos de las imágenes de los estudios de Ecocardiografía por los equipos GE Healthcare Vivid E95, GE Healthcare Vivid I, Toshiba Aplio 300, Philips matriz IE33 Xmatrix, Philips EPIQ y Philips Affinity. Se verificó el cumplimiento de criterios de inclusión y la ausencia de criterios de exclusión. Dado que no se utilizaron datos sensibles correspondientes a estado sociodemográfico, ni datos personales y sin la necesidad de realizar ninguna evaluación adicional al protocolo de toma de imágenes establecida por la American Society of Echocardiography, no se consideró la realización de consentimiento informado.

Se utilizó un formato de recolección de datos digital. Se omitió el nombre, asignando un número de participante buscando mayor confidencialidad de la información. Este formato se diligenció por los investigadores del estudio. La información obtenida se digitalizó en una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2017, mediante doble digitación para posteriormente realizar el análisis.

## 7. ASPECTOS ÉTICOS

Este proyecto se acoge a la ley de Habeas Data que aplica para el tratamiento de datos personales. La información recolectada es estrictamente confidencial y sólo estará disponible para los investigadores. Los resultados del estudio se publicarán, pero en ningún caso se revelará la identificación de algún sujeto del estudio. Entendiendo que los investigadores, el Comité de Ética y las autoridades regulatorias serán las únicas personas que pueden observar los registros de salud.

No se retrasará el inicio ni se interrumpirá el tratamiento de los participantes. Así mismo, se considera un estudio sin riesgo de acuerdo con la resolución 8430 de 1993. Se acogió a las buenas prácticas clínicas y recomendaciones de la declaración de Helsinki para investigación biomédica en seres humanos.

Este proyecto fue presentado y aprobado por el comité de ética de la Fundación Clínica Shaio, según el acta 320 del 11 de agosto de 2021.

## 8. RESULTADOS

Durante el periodo comprendido entre octubre 2020 y marzo de 2021 se incluyeron 300 participantes elegibles; se realizó una evaluación de las características de base de toda la población y según la clasificación de la FEVI dada la naturaleza del cálculo de muestra, se presentan las características de base y de los grupos en la Tabla 1. Fueron evaluados un total de 111 mujeres (37%) y 189 hombres (63%) con diferencias significativas entre los grupos y una mayor prevalencia de hombres en los grupos de función ventricular izquierda leve o severamente disminuida ( $p < 0.0001$ ).

La mediana de edad de los pacientes fue de 64.5 años con un rango de edad entre 54-75 años, con un rango intercuartil (RIQ) de 25-75; la sospecha de cardiopatía isquémica se reportó como la causa más frecuente de solicitud de ecocardiograma, en el 34% de los pacientes, seguido por otra indicación en el 29% (p.ej. estudio de disnea, palpitaciones, alteraciones en electrocardiograma), seguimiento de hipertensión en el 18%, falla cardíaca 17% y chequeo médico en el 3%. En cuanto a la presencia de comorbilidades, la hipertensión arterial se presentó en el 58%, diabetes mellitus tipo 2 en el 15%, y antecedente de enfermedad coronaria en el 36% de los participantes.

Al evaluar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, se observa que la variable sexo femenino presentó una mayor representación en el grupo de FEVI  $\geq 50\%$ , al igual que una menor presencia de enfermedad coronaria en este grupo.

Los pacientes con dispositivo cardíaco se encontraron principalmente en el grupo de FEVI  $\leq 40\%$  ante el mayor compromiso del sistema de conducción y la mayor necesidad de prevención de muerte súbita, en este grupo de pacientes.

En cuanto a la indicación del estudio por analizar los grupos, en el grupo de pacientes con FEVI  $\geq$  50% se presentó menos estudios para cardiopatía isquémica y falla cardiaca.

Variable	Características de Base				Valor-p
	Todos los Pacientes (n = 300)	FEVI ≤ 40% (n=64)	FEVI 41-49% (n=56)	FEVI ≥ 50% (n=180)	
Sexo Femenino	111 (37)	16 (25)	9 (16)	86 (48)	< 0.0001
Edad (años)	64.5 (54-75)	67 (58-79)	66 (55-73)	64 (52-73)	0.22
Peso (kg)	70 (61-80)	69 (64-77)	70 (67-79)	70 (60-80)	0.42
Talla (m)	1.66 (1.59-1.72)	1.67 (1.61-1.74)	1.68 (1.62-1.74)	1.65 (1.56-1.72)	0.2
Superficie corporal (m2)	1.77 (1.62-1.92)	1.76 (1.63-1.91)	1.82 (1.72-1.91)	1.76 (1.61-1.92)	0.23
Frecuencia Cardíaca (lpm)	67 (60-75)	69 (60-78)	66 (60-76)	67 (60-74)	0.12
Hipertensión arterial	173 (58)	39 (60)	31 (55)	103 (57))	0.81
Diabetes Mellitus	46 (15)	7 (11)	11 (20)	28 (16)	0.41
Enfermedad coronaria	109 (36)	36 (56)	35 (63)	38 (21)	< 0.0001
Enfermedad de Chagas	8 (3)	3 (5)	1 (2)	4 (2)	0.51
Cirugía de revascularización	17 (6)	4 (5)	9 (16)	4 (2)	0.0004
Dispositivo cardíaco					< 0.0001
Ninguno	275 (92)	49 (76)	50 (89)	176 (97)	
Cadiodesfibrilador	13 (4)	9 (14)	4 (7)	0 (0)	
Marcapaso	10 (3)	6 (10)	0 (0)	4 (2)	
Cardioresincronizador	2 (1)	0 (0)	2 (4)	0 (0)	
Indicación principal del estudio					< 0.0001
Estudio de cardiopatía isquémica	101 (34)	26 (40)	38 (68)	37 (20)	
Hipertensión arterial	53 (18)	3 (5)	3 (5)	47 (26)	
Falla cardíaca	51 (17)	34 (53)	9 (16)	8 (4)	
Chequeo	8 (3)	0 (0)	1 (2)	7 (4)	
Otra	87 (29)	1 (2)	5 (9)	81 (46)	

Los datos son expresados como medianas (rango intercuartil), o número (porcentaje). kg, kilogramos; m, metros; m2, metros cuadrados; lpm, latidos por minuto.

Al analizar las características ecocardiográficas de los estudios descritas en la tabla 2, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en la población total fue de 55% (RIQ de 40-61%), se observaron diferencias significativas en casi todas las características evaluadas en los tres grupos, excepto en las velocidades presentadas en la válvula aórtica, dada la ausencia de estenosis significativa entre los grupos. Dentro de las características del tracto de salida del ventrículo izquierdo para la población total, se encontró un valor de 20 mm (RIQ 15.1-21 mm), con alguna diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, sin embargo, la diferencia de medias es menor de 1 mm lo cual no es clínicamente significativo y puede estar dado por el rango de variabilidad entre las mediciones.

El análisis de la función diastólica se presentó con un valor normal en el 48% de los pacientes, siendo más frecuente en el grupo de pacientes con FEVI  $\geq$  50%, y la presencia de disfunción tipo 1 fue más frecuente en los pacientes con FEVI  $\leq$  40%.

La alteración valvular de tipo insuficiencia mitral representó el 57% de la población, pero en su mayoría esta fue de origen funcional, y el grado de severidad fue descrita como trazas o leve, al igual que la alteración valvular aórtica, la cual estuvo presente en el 24% de la población; sólo un participante presentó estenosis aórtica leve, sin presencia de pacientes con estenosis mitral.

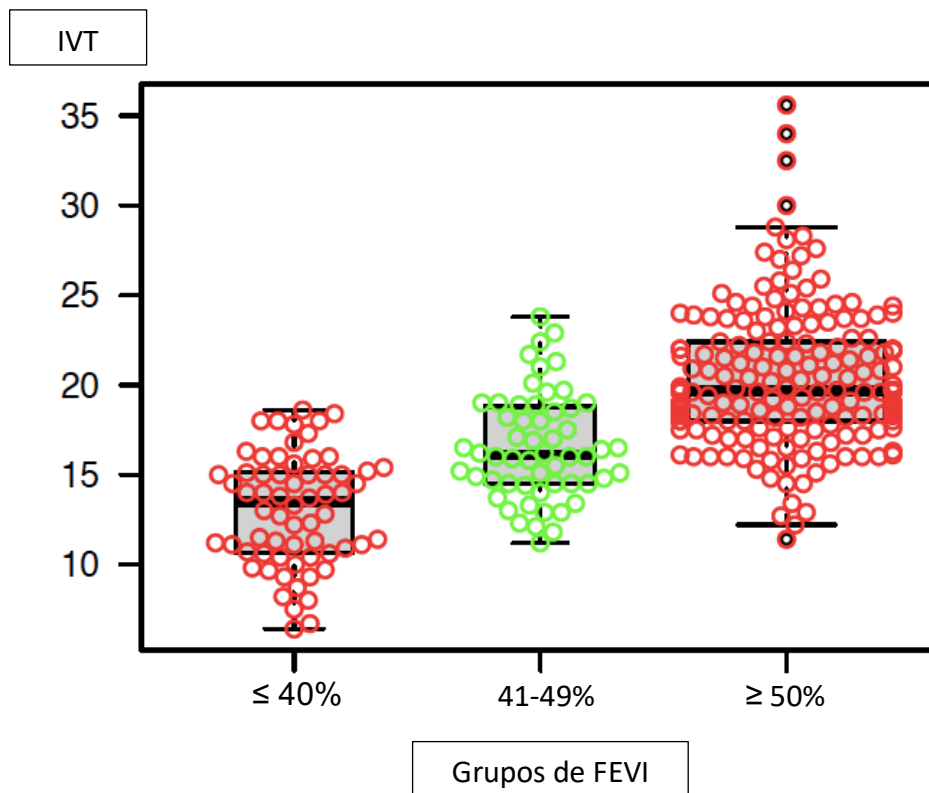
<b>Tabla 2</b>					
<b>Características Ecocardiográficas</b>					
<b>Variable</b>	<b>Todos los Pacientes (n = 300)</b>	<b>FEVI ≤ 40% (n=64)</b>	<b>FEVI 41-49% (n=56)</b>	<b>FEVI ≥ 50% (n=180)</b>	<b>Valor-p</b>
Diametro diastólico del VI mm	48 (44-53)	57 (52-62)	50 (48-52)	46 (43-50)	<0.0001
IMV g/m2	76 (60-95)	98 (84-115)	78 (69-96)	68 (56-86)	<0.0001
VFDi mL/m2	60 (48-76)	92 (74-115)	65 (54-80)	53 (44-63)	<0.0001
VFSi mL/m2	27 (19-42)	66 (48-86)	38 (29-45)	20 (17-27)	<0.0001
FEVI (%)	55 (40-61)	30 (21-34)	45 (41-46)	60 (57-63)	<0.0001
Volumen Aurícula Izquierda mL/m2	30 (24-39)	43 (33-52)	31 (23-38)	28 (22-33)	<0.0001
VTI TS cm	18.2 (15.1-21)	13.5 (10.7-15.1)	16.1 (14.5-18.8)	19.7 (18-22.4)	<0.0001
DTS mm	20 (18.6-21.2)	20 (19-21.9)	20.2 (19.2-21.5)	19.8 (18.3-21)	0.02
Velocidad Máxima V.Ao m/s	1 (0.88-1.2)	0.97 (0.83-1.1)	0.97 (0.8-1.1)	1.05 (0.93-1.2)	0.27
CAF (%)	44 (20-28)	36 (32-45)	46 (40-50)	46 (41-50)	<0.0001
Función diastólica					<0.0001
Normal	143 (48)	0 (0)	0 (0)	123 (68)	
Disfunción tipo I	57 (19)	17 (27)	14 (25)	26 (14)	
Disfunción tipo II	22 (7)	11 (17)	4 (7)	7 (4)	
Disfunción tipo III	9 (3)	8 (13)	0 (0)	1 (1)	
Disfunción tipo indeterminada	37 (12)	13 (20)	33 (59)	11 (6)	
Función diastólica no valorable	32 (11)	15 (23)	5 (9)	12 (7)	
Insuficiencia de la válvula mitral					<0.0001
Trazas	76 (25)	6 (9)	13 (23)	57 (32)	
Leve	79 (26)	35 (55)	16 (29)	28 (16)	
Moderada	17 (6)	11 (17)	2 (4)	4 (2)	
Insuficiencia de la válvula aórtica					0.019
Trazas	21 (7)	3 (5)	3 (5)	15 (8)	
Leve	48 (16)	18 (28)	3 (5)	27 (15)	
Moderada	3 (1)	0 (0)	0 (0)	3 (2)	
Estenosis aórtica					0.7
Leve	1 (0.3)	0 (0)	0 (0)	1 (0.6)	

VI, Ventrículo izquierdo; cm, centímetros; g/m2 gramos/metro cuadrado; mL/m2, mililitro/metro cuadrado; m/s, metro/segundo; IMV, índice de masa ventricular izquierda; VFDi, volúmen de fin de diastóle indexado; FEVI, Fracción de eyección del ventrículo izquierdo; VFSi, volúmen de fin de sístole indexado; VTI TS, Integral de velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo; DTS, diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo; V.Ao, válvula aórtica; CAF, cambio de área fraccional del ventrículo derecho.

Los datos son expresados como medianas (rango intercuartil), o número (porcentage).

Los principales hallazgos encontrados se presentaron al evaluar las diferencias en la IVT del tracto de salida, con valores clínica y estadísticamente significativos en los diferentes grupos como lo muestra la figura 2, con un IVT del TS de 13.5 cm (10.7-15.1 cm) para el grupo de FEVI  $\leq 40\%$ , de 16.1 cm (14.5-18.8 cm) para el grupo de FEVI 41-49% y de 19.7 cm (18-22.4 cm) para el grupo de FEVI  $\geq 50\%$ , con una diferencia significativa entre los grupos ( $p < 0.0001$ ).

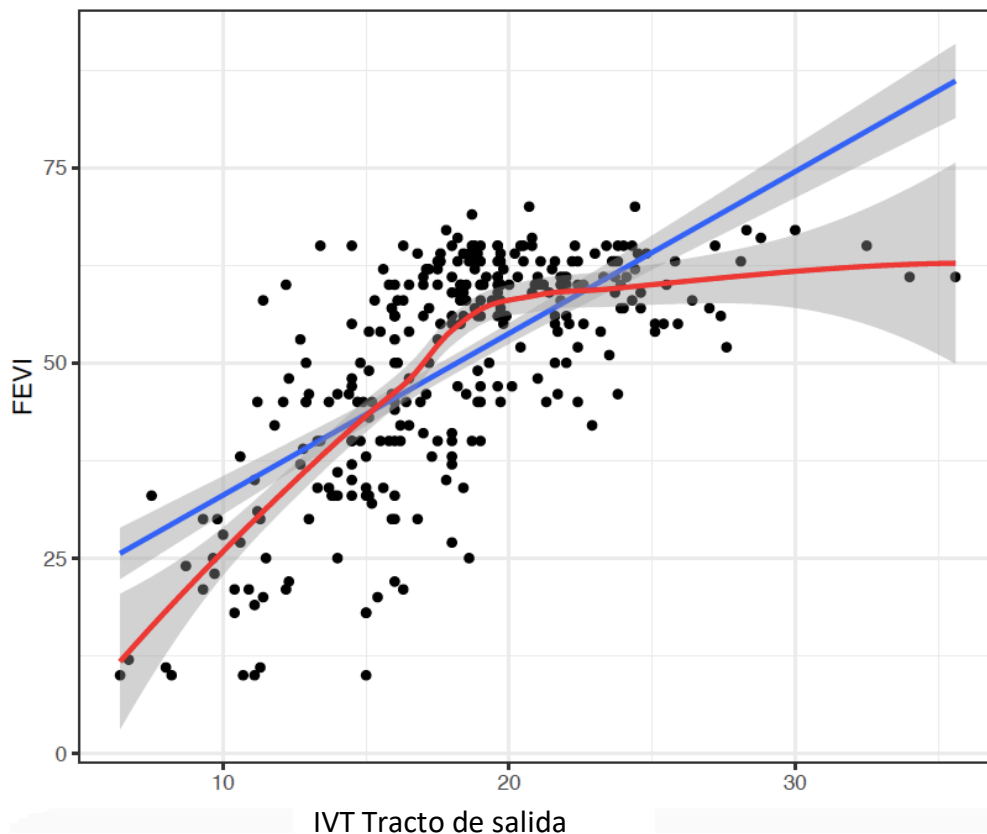
Figura 2. Diagrama de caja y bigotes que compara la distribución de los datos con respecto a la IVT del tracto de salida y los grupos de FEVI.



Para el presente estudio se definió como objetivo primario establecer la correlación entre la integral del tracto de salida del ventrículo izquierdo y FEVI (figura 3), para esto se realizó un análisis de asociación, encontrando una correlación fuerte

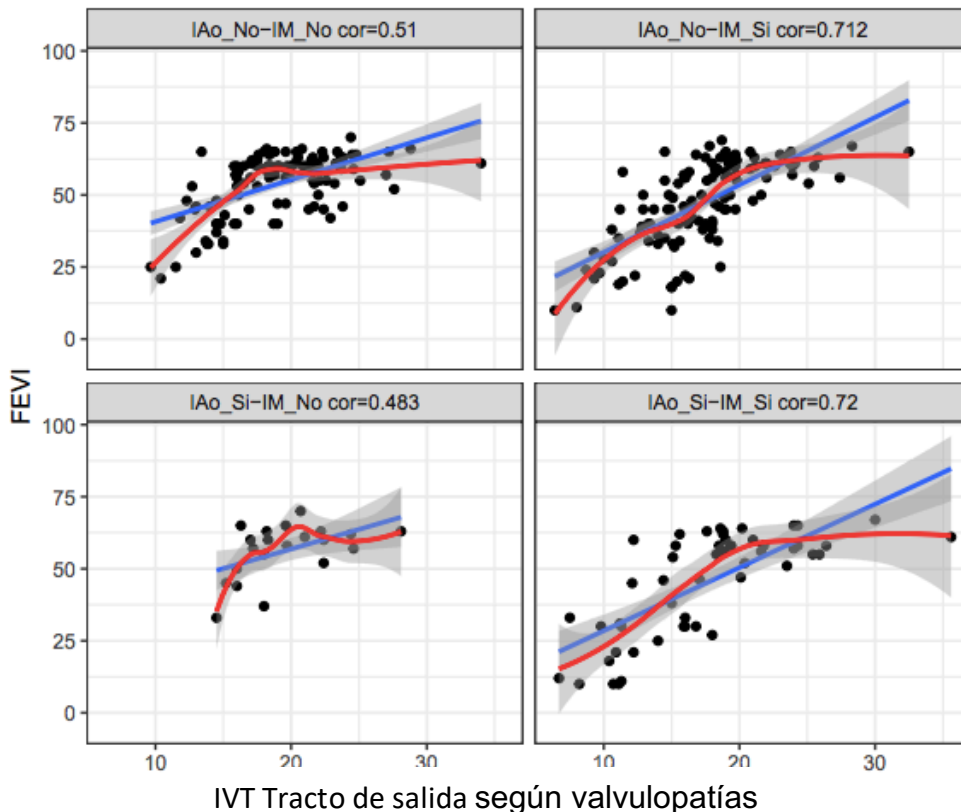
medida por el coeficiente de Pearson 0.671 (IC 95% 0.604-0.729) y una significancia estadística  $p < 0.0001$ , al igual que el análisis con el coeficiente de correlación de Spearman 0.657 (IC 95%: 0.587-0.726)  $p < 0.0001$ , con lo cual se rechaza la hipótesis nula del estudio, la correlación se representa de la ecuación de regresión lineal  $y = 12.35 + 2.07x$ , estimando un coeficiente de determinación de 0.45, lo que indica que la variable IVT del tracto de salida puede explicar el 45% de la función ventricular izquierda. En la figura se presentan dos líneas, una azul que representa la ecuación lineal, sin embargo, la distribución de los datos de esta correlación presenta un cambio con una distribución cuya tendencia es no lineal después de alcanzar un valor aproximado de FEVI 55% que se representa con una línea roja.

Figura 3 Correlación de IVT del Tracto de salida en relación la fracción de eyección (FEVI).



Finalmente se realizó un análisis de correlación con respecto a la presencia o no de valvulopatía no severa de la válvula mitral o aórtica en sus posibles cuatro combinaciones que son analizadas en la figura 4. Se observa que la presencia de insuficiencia aórtica, que está principalmente representada por insuficiencia tipo trazas o insuficiencia leve, graficada con las siglas IAo\_No (ausencia de insuficiencia aórtica) IAo\_Si (presencia de insuficiencia aórtica), disminuye la fuerza de la correlación con un coeficiente de Spearman de 0.48 (IC 95%: 0.04-0.918), con significancia estadística  $p = 0.026$ . La presencia de insuficiencia mitral graficadas con las siglas IM\_No (ausencia de insuficiencia mitral) e IM\_Si (presencia de insuficiencia mitral), presentó una correlación con un coeficiente de Spearman de 0.712 (IC 95%: 0.624-0.799). En el análisis de ambas insuficiencias, esta correlación se mantiene con un coeficiente de Spearman de 0.72 (IC 95%: 0.573-0.866).

Figura 4 Correlación de IVT del Tracto de salida en relación con la fracción de eyección (FEVI) en presencia de las diferentes insuficiencias valvulares.



## 9. DISCUSIÓN

El ventrículo izquierdo funcionalmente tiene una capacidad hemodinámica de bomba, capaz de recibir y eyectar el volumen ingresado a su cámara con cada ciclo cardiaco y de esta manera perfundir adecuadamente cada uno de los órganos (32). La evaluación de esta función es primordial en el estudio del paciente con enfermedad cardiaca debido a que, actualmente, muchas estrategias de tratamiento dependen de su cuantificación, incluido el uso de dispositivos de estimulación eléctrica, dispositivos de soporte avanzado y/o trasplante cardiaco (33).

La mejor estrategia para medir la función de bomba del ventrículo izquierdo, reproducible y de bajo costo es por medio de la ecocardiografía, ya que es el método más costo-efectivo para realizar esta medición y adicional ampliamente disponible por lo que su uso es difundido a nivel mundial. La fracción de eyección a través del método de Simpson representa la medida más usada y aceptada mediante la estimación del volumen de fin de diástole y sístole, que permite clasificar los diferentes fenotipos de falla cardiaca según la fracción de eyección en: preservada, levemente reducida y severamente reducida (34).

Se deben tener unos requisitos básicos para lograr obtener una adecuada valoración cuantitativa como planos no oblicuos, inclusión del ápex ventricular, definición adecuada endocárdica e identificación precisa de los bordes para poder tener una medida confiable (31). Estos dependen, a su vez, de la ventana acústica adecuada, la cual está determinada por las características fenotípicas de cada paciente que no son modificables, condiciones clínicas como pacientes en unidad de cuidados intensivos con monitorización o dispositivos que no permiten realizar las proyecciones adecuadas, razón por la que, en algunos casos, no se cumplen estos requisitos y no es posible determinar la fracción de eyección como método de seguimiento de los pacientes. Aunque hay algunas otras medidas de función sistólica de manera indirecta como el DP/DT (35), el índice de Tei (36), son más

dispendiosos y afectados por las mismas variables que no permiten una adecuada medición de la fracción de eyección por método volumétrico. Con esto se propone el uso de la IVT como un método que en muchas ocasiones no presenta estas limitaciones técnicas.

El uso de la integral velocidad tiempo, el cual se realiza en el tracto de salida del ventrículo izquierdo a nivel del anillo aórtico con el Doppler pulsado, es una variable de la función sistólica y que se realiza de manera habitual en los laboratorios de ecocardiografía para el cálculo de volumen sistólico, gasto cardiaco e índice cardiaco. Los resultados demuestran, en una aproximación derivada de estudios en niños y adolescentes (19), un valor de normalidad por encima de 18 cm., y, ahora, con datos más recientes publicados por el estudio de la alianza mundial de sociedades de ecocardiografía, de valores normales de gasto cardiaco e índice de volumen sistólico para edad, sexo y etnia con valor promedio para la integral velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo de 19 cm. en hombre y de 20 cm. en mujeres, con un promedio de 20.2 cm (37). Al compararlo con el valor de la mediana de la integral velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo de nuestra población con una FEVI  $\geq$  50% se obtuvo 18 cm, valor que se encuentra en el rango de normalidad reportado en la literatura mundial.

A la fecha no hay registros ni estudios donde se correlacione el valor de la integral velocidad tiempo con la fracción de eyección del ventrículo izquierdo que es el objetivo de este estudio. Se encontraron, inicialmente, diferencias estadísticamente significativas con valores de integral velocidad tiempo para fracción de eyección del ventrículo izquierdo  $\geq$  50 % con IVT por encima de 19,7 cm (18-22,4 cm), para fracción de eyección 41-49% con IVT 16 cm (14,5 y 18.8 cm) y fracción de eyección  $\leq$  40% IVT 13,5 cm (10,7 cm – 15,1 cm). Estos son datos muy importantes dado que representan una herramienta muy útil para la aproximación en los servicios de ecocardiografía para mejorar la clasificación de los pacientes, según el grupo de función ventricular, en los casos donde se encuentren dudas de la fracción de eyección ventricular izquierda o donde técnicamente no sea posible su estimación,

siempre y cuando se representen en los criterios de selección del presente estudio y esté basado en el principio de conservación de masa, el cual depende del área sobre la cual se realiza el análisis de la IVT, puesto que presenta cambios significativos a medida que el área varía (36), por lo que, para una adecuada interpretación y validez externa a nuestro análisis, se requiere de la presencia de un diámetro del tracto de salida similar al de los pacientes analizados que debe ser lo más cercano a 20 mm.

Adicionalmente, como es el objetivo del presente estudio, se logra establecer el valor de correlación entre la integral del tracto de salida del ventrículo izquierdo y FEVI con una correlación fuerte medida por el coeficiente de correlación de Pearson, con un valor de 0.671 (IC 95% 0.604-0.729) y una significancia estadística  $p < 0.0001$ . A su vez, estimando un coeficiente de determinación de 0.45 se evidencia que la IVT del tracto de salida explica el 45% de la FEVI según este modelo. Este valor se debe a que existen otras variables que afectan su explicación, así como la alteración en la linealidad de la correlación que se modifica de forma importante después de lograr un valor aproximado de fracción de eyección superior al 55%, el cual, con pequeños cambios de función ventricular genera una forma no lineal. Esto puede ser debido a cambios hemodinámicos que ocurren en presencia de un flujo mayor cuando la función ventricular logra un valor normal o hiperdinámico, los cuales deben ser explorados en siguientes estudios y modelos no lineales. Sin embargo, es bien conocido que la IVT tiene un valor independiente a la FEVI y es necesario incluir en los reportes de ecocardiografía, ante su capacidad de predicción de desenlaces especialmente en pacientes con falla cardíaca (39).

De otro lado, es muy importante reconocer la presencia de valvulopatías al realizar el análisis de la IVT, principalmente la presencia de insuficiencia aórtica, dado que esta medición se ve afectada en relación con un estado de hiperflujo, el cual aumenta con la severidad de esta valvulopatía y pierde correlación con la FEVI, en comparación con la insuficiencia mitral en donde al presentar disminución del

volumen anterógrado mejora el valor de correlación, dada las alteraciones hemodinámicas en presencia de valvulopatías significativas. Este grupo de pacientes han sido excluidos en diferentes estudios de correlación y gasto cardiaco (36).

Con lo anterior se propone en un esquema de aproximación a la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en los casos de difícil evaluación a través de la medida de la integral velocidad tiempo, dado que cumple con los requisitos de ser una medida reproducible, bajo costo, bajo consumo de tiempo y disponibilidad en todos los laboratorios de ecocardiografía. De igual forma, es aplicable a los protocolos de unidades de cuidados intensivos (POCUS) (41), puede permitir a los profesionales tener una visión más objetiva de la función sistólica para lograr una toma decisiones más acertada basada en las imágenes ecocardiográficas.

## 10.LIMITACIONES

Este estudio fue realizado en un solo centro de ecocardiografía, por lo que se propone ampliar la evaluación a través de un estudio multicéntrico que permita mejorar la validez externa. Adicionalmente, se propone realizar un estudio que permita evaluar posibles variabilidades intra e interobservador.

La naturaleza retrospectiva de este estudio puede introducir el sesgo de selección y la mala clasificación, así como algunas limitaciones de medición, sin embargo, todas las imágenes y mediciones fueron realizadas según los lineamientos y protocolos internacionales ya establecidos.

Se requiere la correlación de la integral velocidad tiempo con el método de mayor precisión para la cuantificación de la fracción de eyección medido por resonancia magnética cardíaca, sin embargo, dada la limitación de costos, tiempo del estudio y disponibilidad en nuestro medio, no fue posible para este estudio.

## 11. CONCLUSIONES

- La integral velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo (IVT) presenta una buena correlación con la fracción de eyección del ventrículo izquierdo determinada por el método de Simpson, por lo que resulta útil tratar de estimar la fracción de eyección por medio de la IVT en la práctica clínica, ya sea comparando los valores de las medias con los grupos de FEVI o mediante el uso de la regresión lineal hasta valores menores de FEVI de 55%, siempre y cuando se realice por medio de una técnica adecuada en presencia de un diámetro del tracto de salida dentro de los rangos analizados en este estudio.
- La presencia de insuficiencia aórtica genera una disminución de la correlación entre la integral velocidad tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo (IVT) y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo determinada por el método de Simpson que limita su utilidad en este escenario.

## 12. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

### 12.1 Cronograma

CRONOGRAMA DEL ESTUDIO	1er mes (junio 2021)	2do-3er Mes (Julio-agosto)	4to Mes (Sep)	5to-8vo Mes (Oct-Dic)
Presentación al comité de investigación				
Recolección de pacientes				
Digitalización de datos en la base de Excel				
Análisis de datos y reporte final				

### 12.2 Presupuesto

Rubro	Descripción	Justificación	Total entidad financiadora	Contrapartida
Licencia R	3.6.3	Análisis de datos		\$ 0
Licencia office	Versión 2020	Tabulación de datos		\$ 250,000
Equipos	Computador MacBook Air 1.5GHz Core i5	Equipo para el procesamiento de los datos, usado por el investigador	\$ 3,699,000	
<b>TOTAL EQUIPOS Y SOFTWARE</b>			<b>\$ 3,699,000</b>	<b>\$ 250,000</b>
Personal Científico	Wilmer Alexander Cely	Tutor temático		\$ 5,800,000

<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>	<b>Total entidad financiadora</b>	<b>Contrapartida</b>
	Nicolás Molano González	Tutor metodológico. 6 horas semana		\$ 5,800,000
	Carlos Alberto Velandia	Investigador principal. 6 horas semana	\$ 5,800,000	
	Yeisson Danilo Ávila Cortés	Investigador principal. 6 horas semana	\$ 5,800,000	
<b>TOTAL PERSONAL</b>			<b>\$ 11,600,000</b>	<b>\$ 11,600,000</b>
Materiales e insumos	Hoja de recolección	Recolección de datos	\$ 100,000	
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>\$ 100,000</b>	
Publicaciones	Gastos de traducción	Necesario para publicación de documentos en inglés		\$ 1,000,000
<b>TOTAL PUBLICACIONES</b>				<b>\$ 1,000,000</b>
<b>TOTAL PROYECTO FINANCIACIÓN</b>			<b>\$ 15.399,000</b>	<b>\$ 12,850,000</b>

## REFERENCIAS

1. Roth GA, Forouzanfar MH, Moran AE, Barber R, Nguyen G, Feigin VL, et al. *Demographic and epidemiologic drivers of global cardiovascular mortality*. New England Journal of Medicine. 2015;372(14):1333–41.
2. Yusuf S, Rangarajan S, Teo K, Islam S, Li W, Liu L, et al. *Cardiovascular risk and events in 17 low-, middle-, and high-income countries*. New England Journal of Medicine. 2014;371(9):818–27.
3. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. *2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure*. European Heart Journal. 2016;37(27):2129–2200m.
4. Colonna P, Cadeddu C, Chen L, Iliceto S. *Clinical applications of contrast echocardiography*. American Heart Journal. 2001;141(2 SUPPL.).
5. Cannan C, Friedrich MG. *Cardiac magnetic resonance imaging: current status and future directions*. Expert review of cardiovascular therapy. 2010 Aug;8(8):1175–89.
6. Klæboe LG, Edvardsen T. *Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function*. Journal of Echocardiography. 2019;17(1):10–6.
7. Lang RM, Badano LP, Victor MA, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. *Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging*. Journal of the American Society of Echocardiography. 2015;28(1):1-39.e14.
8. Ponikowski P, Voors A. *2016 Esc guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European society of cardiology (ESC): Developed with the special contribution*. Vol. 141, Eur Heart J. Silicea-Poligraf; 2016. p. 7–81.
9. Dorosz JL, Lezotte DC, Weitzenkamp DA, Allen LA, Salcedo EE. *Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: A systematic review and meta-analysis*. Journal of the American College of Cardiology. 2012;59(20):1799–808.
10. Thavendiranathan P, Grant AD, Negishi T, Plana JC, Popović ZB, Marwick TH. *Reproducibility of echocardiographic techniques for sequential assessment of left ventricular ejection fraction and volumes: application to patients undergoing cancer chemotherapy*. Journal of the American College of Cardiology. 2013 Jan;61(1):77–84.
11. Multicenter Postinfarction Research Group. *Risk Stratification and Survival after Myocardial Infarction*. New England Journal of Medicine. 1983 Aug;309(6):331–6.

12. Curtis JP, Sokol SI, Wang Y, Rathore SS, Ko DT, Jadbabaie F, et al. *The association of left ventricular ejection fraction, mortality, and cause of death in stable outpatients with heart failure*. Journal of the American College of Cardiology. 2003 Aug;42(4):736–42.
13. Emond M, Mock MB, Davis KB, Fisher LD, Holmes DR, Chaitman BR, et al. *Long-term survival of medically treated patients in the Coronary Artery Surgery Study (CASS) Registry*. Circulation. 1994 Dec;90(6):2645–57.
14. Bellenger NG, Burgess MI, Ray SG, Lahiri A, Coats AJS, Cleland JGF, et al. *Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance. Are they interchangeable?* European Heart Journal. 2000;21(16):1387–96.
15. Jenkins C, Moir S, Chan J, Rakhit D, Haluska B, Marwick TH. *Left ventricular volume measurement with echocardiography: a comparison of left ventricular opacification, three-dimensional echocardiography, or both with magnetic resonance imaging*. European heart journal [Internet]. 2009 Jan [cited 2022 Jan 25];30(1):98–106. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18997179/>
16. Tan C, Rubenson D, Srivastava A, Mohan R, Smith MR, Billick K, et al. *Left ventricular outflow tract velocity time integral outperforms ejection fraction and Doppler-derived cardiac output for predicting outcomes in a select advanced heart failure cohort*. Cardiovascular Ultrasound 2017 15:1 [Internet]. 2017 Jul 3 [cited 2022 Jan 26];15(1):1–8. Available from: <https://cardiovascularultrasound.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12947-017-0109-4>
17. Haites NE, McLennan FM, Mowat DHR, Rawles JM. *Assessment of cardiac output by the Doppler ultrasound technique alone*. British Heart Journal. 1985;53(2):123–9.
18. Ristow B, Na B, Ali S, Whooley MA, Schiller NB. *Left ventricular outflow tract and pulmonary artery stroke distances independently predict heart failure hospitalization and mortality: The heart and soul study*. Journal of the American Society of Echocardiography. 2011;24(5):565–72.
19. Díaz A, Zócalo Y, Cabrera-Fischer E, Bia D. *Reference intervals and percentile curve for left ventricular outflow tract (LVOT), velocity time integral (VTI), and LVOT-VTI-derived hemodynamic parameters in healthy children and adolescents: Analysis of echocardiographic methods association and agreem*. Echocardiography. 2018;35(12):2014–34.
20. Zusman O, Pressman GS, Banai S, Finkelstein A, Topilsky Y. *Intervention Versus Observation in Symptomatic Patients With Normal Flow Low Gradient Severe Aortic Stenosis*. JACC: Cardiovascular Imaging. 2018;11(9):1225–32.
21. Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA. *Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of*


- the American Society of Echocardiography. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: A report from the Doppler quantification task force of the nomenclature and standards committee of the American Society of Echocardiography.* Journal of the American Society of Echocardiography. 2002 Feb;15(2):167–84.
22. Isaaq K, Ethevenot G, Admant P, Brembilla B, Pernot C. *A new Doppler method of assessing left ventricular ejection force in chronic congestive heart failure.* The American Journal of Cardiology. 1989;64(1):81–7.
  23. Joffe SW, Ferrara J, Chalian A, Tighe DA, Aurigemma GP, Goldberg RJ, et al. *Are ejection fraction measurements by echocardiography and left ventriculography equivalent?*, 2015;158(3):496–502.
  24. Tournoux F, Petersen B, Thibault H, Zou L, Chao W, Picard MH, et al. *NIH Public Access.* 2012;24(4):465–70.
  25. Lewis JF, Kuo LC, Nelson JG, Limacher MC, Quinones MA. *Pulsed Doppler echocardiographic determination of stroke volume and cardiac output: Clinical validation of two new methods using the apical window.* Circulation. 1984;70(3 1):425–31.
  26. Clavel MA, Malouf J, Messika-Zeitoun D, Araoz PA, Michelena HI, Enriquez-Sarano M. *Aortic valve area calculation in aortic stenosis by CT and doppler echocardiography.* JACC: Cardiovascular Imaging. 2015;8(3):248–57.
  27. A R, C G. *Epidemiología Clínica: Investigación clínica aplicada.* 2015.
  28. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* Second Edition. 1988.
  29. R Development Core Team (2012). R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0, URL: <https://www.r-project.org/>.
  30. Kwiecien R, Kopp-Schneider A, Blettner M. *Concordance analysis: part 16 of a series on evaluation of scientific publications.* Deutsches Arzteblatt international [Internet]. 2011 Jul 29 [cited 2022 Jan 25];108(30):515–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21904584/>
  31. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, Canaday B, Finstuen JA, Foster MC, et al. *Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography.* Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2022 Jan 26];32(1):1–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30282592/>
  32. Cikes M, Solomon SD. *Beyond ejection fraction: an integrative approach for assessment of cardiac structure and function in heart failure.* European heart journal [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2022 Jan 25];37(21):1642–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26417058/>

33. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, Michowitz Y, Auricchio A, Barbash IM, et al. *2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy*. *European heart journal* [Internet]. 2021 Sep 14 [cited 2022 Jan 25];42(35):3427–520. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34455430/>
34. Potter E, Marwick TH. *Assessment of Left Ventricular Function by Echocardiography: The Case for Routinely Adding Global Longitudinal Strain to Ejection Fraction*. *JACC Cardiovascular imaging* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2022 Jan 25];11(2 Pt 1):260–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29413646/>
35. Chung N, Nishimura RA, Holmes DR, Tajik AJ. *Measurement of Left Ventricular dp/dt by Simultaneous Doppler Echocardiography and Cardiac Catheterization*. *Journal of the American Society of Echocardiography* [Internet]. 1992 Mar 1 [cited 2022 Jan 26];5(2):147–52. Available from: <http://www.onlinejase.com/article/S0894731714805440/fulltext>
36. Harjai KJ, Scott L, Vivekananthan K, Nunez E, Edupuganti R. *The Tei index: A new prognostic index for patients with symptomatic heart failure*. *Journal of the American Society of Echocardiography* [Internet]. 2002 Sep 1 [cited 2022 Jan 26];15(9):864–8. Available from: <http://www.onlinejase.com/article/S0894731702000573/fulltext>
37. Patel HN, Miyoshi T, Addetia K, Henry MP, Citro R, Daimon M, et al. *Normal Values of Cardiac Output and Stroke Volume According to Measurement Technique, Age, Sex, and Ethnicity: Results of the World Alliance of Societies of Echocardiography Study*. *Journal of the American Society of Echocardiography* : official publication of the American Society of Echocardiography [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2022 Jan 25];34(10):1077-1085.e1. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34044105/>
38. Blanco P. *Rationale for using the velocity-time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings*. *The ultrasound journal* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2022 Jan 26];12(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32318842/>
39. Hu K, Liu D, Niemann M, Herrmann S, Gaudron PD, Ertl G, et al. *Methods for assessment of left ventricular systolic function in technically difficult patients with poor imaging quality*. *Journal of the American Society of Echocardiography* : official publication of the American Society of Echocardiography [Internet]. 2013 Feb [cited 2022 Jan 25];26(2):105–13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23257213/>
40. Mele D, Andrade A, Bettencourt P, Moura B, Pestelli G, Ferrari R. *From left ventricular ejection fraction to cardiac hemodynamics: role of echocardiography in evaluating patients with heart failure*. *Heart failure reviews* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2022 Jan 25];25(2):217–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31327115/>


41. Pontet J, Yic C, Díaz-Gómez JL, Rodriguez P, Sviridenko I, Méndez D, et al. *Impact of an ultrasound-driven diagnostic protocol at early intensive-care stay: a randomized-controlled trial*. The ultrasound journal [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2022 Jan 25];11(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31595353/>

## ANEXO

Formato de recolección de datos

	<b>FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ESTUDIOS INSTITUCIONALES</b>	Código: RE-5.2-35
		Versión: 01
		Página: 1 de 2
<b>Fundación Abood Shaio</b> Diagonal 115° # 70 C 75 Bogotá –Colombia	<b>Título del estudio:</b> Correlación entre Integral Velocidad Tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la Fracción de Eyección del ventrículo izquierdo en pacientes de una institución de cuartornivel en Bogotá	<b>Fecha :</b> 03/ 06/ 2021
	<b>Nombre de los investigadores:</b> Carlos Alberto Velandia Carrillo Yeisson Danilo Ávila Cortes Wilmer Alexander Cely Cely	

Para la recolección de la información extraerá información del formato autorizado para el reporte de Ecocardiograma transtorácico institucional:

	<b>DEPARTAMENTO DE CARDIOLOGÍA NO INVASIVA</b> <b>REPORTE ECOCARDIOGRAMA TRANSTORACICO</b>	Código: RE-4.5.2-03
		Versión: 02
		Página: 1 de 1

Paciente:  
 Documento:  
 Ingreso:  
 Entidad:  
 Via de Ingreso:

Género:  
 Edad:  
 Habitación:  
 Historia:  
 Fecha de orden

Peso: \_\_\_ Kgs Talla \_\_\_ Mts S. Corp: \_\_\_ Mts Cama N° \_\_\_\_\_ Hora de atención \_\_\_\_\_

Sala ECO No: \_\_\_\_\_ Equipo : \_\_\_\_\_ Transductor \_\_\_\_\_

Fecha Realización: \_\_\_\_\_ Cobrado \_\_\_\_\_ Dictado \_\_\_\_\_ Imágenes enviadas \_\_\_\_\_

Enfermería: Pte correcto: Si \_\_\_ No \_\_\_ Estudios Previos en la institución: Si \_\_\_ No: \_\_\_ Derechos y deberes Si \_\_\_ No \_\_\_

Banda de seguridad: Si \_\_\_ No \_\_\_ Medico y/o sonografista: Pte correcto: Si \_\_\_ No \_\_\_

<b>Solicitado</b> <b>DR.(A):</b>	<b>Diagnostico</b> <b>Clínico</b>
-------------------------------------	--------------------------------------

