



**BUAP**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Medicina

Hospital General de Zona Norte de Puebla

“Bicentenario de la Independencia”

**“Ultrasonografía como predictor dinámico a respuesta a volumen en paciente quirúrgicos, durante el procedimiento anestésico.”**

Tesis para obtener el Diploma de Especialidad en:

Anestesiología



Presenta:

Dr. López Rossini Manuel Alejandro

Asesor experto:

Dr. Gordillo Paniagua Jorge Alberto

Asesor metodológico:

Dra. María Elena Luna Ruiz

Septiembre de 2023

Registro comité: CI/R03/2022

## Dedicatorias

Dedico esta tesis y toda mi formación a mi familia a mi Padre Francisco López que me apoyo en cada paso que daba yo en este camino y jamás me dejo solo, que gracias a él me encuentro en este hermoso momento de mi vida, a mi Madre Josefina Rossini que siempre me cuida desde el cielo, que con su amor desde niño me apoyo, escucho y alento en cada paso que daba. También, especialmente, la dedico a mi esposa Jaritzzy Itzel Gómez Irineo que me acompañó en cada desvelo y cada día difícil y a quien no tengo forma de agradecer sus cuidados, compañía, entrega y dedicación en todo este viaje. Agradezco profundamente a la Dr. Jorge Alberto Gordillo Paniagua, mi asesor quien nunca permitió darme por vencido en esta travesía, a la Dra. María Elena Luna Ruiz, Dr. Felipe Alejandro Díaz Cortes y al Dr. Eduardo Chanona Toalá que me inculcaron disciplina, constancia y respeto a esta especialidad, y a todos los anesthesiólogos adscritos al servicio de anestesiología y cada uno de los doctores del Hospital General de Zona Norte con los cuales no tengo palabras suficientes para agradecer cada enseñanza, por la formación según su experiencia y sus habilidades, al enseñarme este noble arte. Agradezco a la Dra. Mariana Lee Miguel Sardaneta, que supo guiarme y siempre mostro interés por el aprendizaje y crecimiento. A mis compañeros, con los que viví experiencias inolvidables y que me ayudaron a crecer como persona. Al equipo de enfermería que siempre ha estado ahí apoyándonos en cada momento difícil. Sin dejar pasar a nuestros pacientes quienes me ayudaron a aprender, conocer y con los que adquirí confianza, por los cuales seguiré trabajando inalcanzablemente para aliviar su dolor en los momentos más difíciles.

Índice	
Dedicatorias.....	2
<b>Resumen</b> .....	5
Título: .....	5
Autores .....	5
Introducción.....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>Marco Teórico</b> .....	11
Antecedentes generales.....	11
Control de líquidos.....	11
Fases de la reanimación .....	13
Indicaciones del uso de fluidoterapia .....	15
<b>ANTECEDENTES ESPECÍFICOS</b> .....	22
<b>Justificación</b> .....	26
<b>Planteamiento del problema:</b> .....	27
<b>Pregunta de investigación:</b> .....	28
<b>Hipótesis</b> .....	29
Hipótesis nula: .....	29
Hipótesis alterna: .....	29
<b>Objetivos</b> .....	30
Objetivo general:.....	30
Objetivos específicos:.....	30
<b>Material y métodos</b> .....	31
Variables: .....	33
Descripción general de estudio:.....	40

Análisis estadístico: .....	41
<b>Aspectos éticos y de bioseguridad .....</b>	<b>42</b>
<b>Relevancia y expectativas .....</b>	<b>43</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>68</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>75</b>
<b>Referencias: .....</b>	<b>77</b>

## Resumen

**Título:** Ultrasonografía como predictor dinámico a respuesta a volumen en paciente quirúrgicos, durante el procedimiento anestésico.

**Autores:** López-Rossini Manuel Alejandro; Gordillo-Paniagua Jorge Alberto

**Introducción:** Un principal objetivo de la resucitación hídrica es incrementar el gasto cardiaco y mejorar la perfusión de órganos, esto a través del transporte de sustratos (oxígeno, electrolitos, entre otros). La precarga es uno de los determinantes principales del gasto cardiaco, a través de distintos parámetros medibles se puede determinar la respuesta a volumen, es de ahí que surge la necesidad de encontrar una adecuada monitorización de estos para el control del paciente.

**Objetivo:** Evaluar el ultrasonido como predictor dinámico de respuesta a volumen en el procedimiento anestésico en pacientes quirúrgicos del Hospital de Traumatología y Ortopedia del Sector Salud del estado de Puebla de 01 de Julio al 31 de Noviembre 2022.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio observacional, no experimental, prospectivo, transversal, prolectivo, unicéntrico y homodémico el cual se realizó en el Hospital de Traumatología y Ortopedia del Sector Salud del estado de Puebla de Julio 2022 a Noviembre 2022, incluyéndose pacientes que fueron sometidos a tiempo quirúrgico los cuales contaron con una clasificación de ASA 3 o 4, excluyéndose pacientes con menor clasificación de ASA, así como pacientes obstétricas, o aquellos que no aceptaron protocolo quirúrgico. Se genero medición de ITV cardiaco a los pacientes sometidos al estudio en donde se utiliza transductor de tipo convexo de 5 mHz, se realizó medición en el eje de PES largo, con realización de zoom en la válvula aortica, midiéndose el mismo en momento de

apertura de la sístole, es decir al momento de las aperturas de las valvas. Una vez obtenido este parámetro se estima al multiplicar por radio cardiaco y por latido minuto para determinar su gasto cardiaco.

**Resultados:** 68 pacientes fueron incluidos con una media de edad de  $33.63 \pm 10.49$  años, de sexo masculino 83.38%, predominó la comorbilidad de hipertensión arterial (54.4%), diferenciados a 47% de pacientes catalogados como ASA 3 y 23% como ASA 4, en cuanto a la reanimación hídrica con uso de soluciones cristaloides en un 24%, hemoderivados entre los cuales se incluían concentrados eritrocitarios y plasma fresco congelado 27% y una reanimación combinada con 17%. El 30.9% presentaron respuesta al volumen; al comparar edad, sexo, ASA, diagnóstico se halló que no hubo diferencias entre pacientes que respondieron y quienes no respondieron a volumen ( $p > 0.05$ ), los pacientes respondedores tuvieron mayormente manejo con cristaloides (57.1% vs 25.5%,  $p = 0.012$ ), menor ITV preoperatorio ( $15.10 \pm 2.49$  vs  $16.53 \pm 2.35$ ,  $p = 0.025$ ), menor ITV postoperatorios ( $18.67 \pm 1.59$  vs  $20.77 \pm 2.66$ ,  $p = 0.001$ ), y mayor distensibilidad preoperatoria ( $2.60 \pm 0.56$  vs  $2.28 \pm 0.48$ ,  $p = 0.016$ ). La respuesta a volumen tuvo correlaciones significativas con: ITV preoperatorio ( $r = -0.271$ ,  $p = 0.025$ ) y distensibilidad preoperatoria ( $r = 0.291$ ,  $p = 0.016$ ). La distensibilidad tuvo un AUC 0.65 (IC 95% 0.51-0.79,  $p = 0.046$ ) y el ITV tuvo un AUC de 0.64 (IC 95% 0.50-0.79,  $p = 0.050$ ) que lo posiciona como un predictor adecuado de la respuesta a volumen.

**Conclusiones:** El uso de ITV y la distensibilidad venosa yugular se muestran como predictores adecuados de respuesta a volumen en pacientes postoperados. En el análisis predictivo, la distensibilidad preoperatoria mostró una capacidad predictiva mayor a la del ITV preoperatorio.

**Palabras clave:** Gasto cardiaco, Integral tiempo volumen (ITV), Ley de Fick, Distensibilidad y colapsabilidad de la vena yugular, Llenado capilar

## **ABSTRACT**

**Title:** Ultrasonography as a dynamic predictor of volume response in surgical patients during the anesthetic procedure.

**Authors:** López-Rossini Manuel Alejandro; Gordillo-Paniagua Jorge Alberto

**Introduction:** A main objective of fluid resuscitation is to increase cardiac output and improve organ perfusion, this through the transport of substrates (oxygen, electrolytes, among others). Preload is one of the main determinants of cardiac output, through different measurable parameters the response to volume can be determined, which is why the need arises to find an adequate monitoring of these for patient control.

**Objective:** To evaluate ultrasound as a dynamic predictor of volume response in the anesthetic procedure in surgical patients of the Hospital de Traumatología y Ortopedia of the Health Sector of the state of Puebla from July 1 to November 31, 2022.

**Material and methods:** An observational, non-experimental, prospective, cross-sectional, prospective, unicentric and homodemic study was carried out at the traumatology and orthopedics hospital of the health sector of the state of Puebla from July 2022 to November 2022, including patients who underwent timely surgery, which had an ASA 3 or 4 classification, excluding patients with a lower ASA classification, as well as obstetric patients, or those who did not accept the surgical protocol.

### **Results:**

The mean age of  $33.63 \pm 10.49$  years, 83.38% male, the comorbidity of arterial hypertension (54.4%) predominated, differentiated into 47% of patients classified as ASA 3 and 23% as ASA 4, in terms of resuscitation. water with the use of crystalloid solutions in 24%, blood products including erythrocyte concentrates and fresh frozen

plasma 27% and combined resuscitation with 17%. 30.9% presented a response to the volume; when comparing age, sex, ASA, diagnosis, it was found that there were no differences between patients who responded and those who did not respond to volume ( $p>0.05$ ), responding patients were mostly managed with crystalloids (57.1% vs 25.5%,  $p=0.012$ ), lower preoperative ITV ( $15.10\pm 2.49$  vs  $16.53\pm 2.35$ ,  $p=0.025$ ), lower postoperative ITV ( $18.67\pm 1.59$  vs  $20.77\pm 2.66$ ,  $p=0.001$ ), and greater preoperative compliance ( $2.60\pm 0.56$  vs  $2.28\pm 0.48$ ,  $p=0.016$ ). The response to volume had significant correlations with: preoperative ITV ( $r= -0.271$ ,  $p=0.025$ ) and preoperative compliance ( $r=0.291$ ,  $p=0.016$ ). Compliance had an AUC of 0.65 (95% CI 0.51-0.79,  $p=0.046$ ) and ITV had an AUC of 0.64 (95% CI 0.50-0.79,  $p=0.050$ ) which positions it as an adequate predictor of response to volume.

**Conclusions:** The use of ITV and jugular venous distensibility are shown to be adequate predictors of response to volume in postoperative patients. In the predictive analysis, preoperative compliance showed a higher predictive capacity than preoperative ITV.

**Keywords:** Cardiac output, Integral time volume (ITV), Fick's law, Compliance and collapsibility of the jugular vein, Capillary refill

## Introducción

La monitorización hemodinámica es fundamental en el cuidado de pacientes críticos en el periodo anestésico, entendiéndose que el mismo incluye la valoración propia del paciente y se finaliza con su recuperación en unidad de cuidados post anestésico. La evaluación precisa de parámetros como el gasto cardíaco, el estado de volumen intravascular y la función del ventrículo izquierdo puede ayudar en la toma de decisiones clínicas y en la optimización del manejo del paciente. Entre las técnicas utilizadas para este propósito se encuentran la ley de Fick, el llenado capilar y el tiempo de eyección ventricular (VTI cardíaco).

La ley de Fick es un principio básico de la fisiología que establece que el gasto cardíaco es igual al producto del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y el gradiente arterial-venoso de oxígeno. Esta técnica se basa en la medición directa y precisa del consumo de oxígeno del paciente, generalmente a través de la medición del consumo de oxígeno en el aire espirado. Sin embargo, esta técnica puede requerir equipo especializado y no es tan comúnmente utilizada en la práctica clínica diaria. El llenado capilar es otra técnica utilizada para evaluar el estado de volumen intravascular. Se basa en la observación de la microcirculación a través de la visualización de los capilares en la piel y la evaluación de su llenado y relleno capilar. Un llenado rápido y completo de los capilares generalmente se correlaciona con un estado de volumen óptimo, mientras que un llenado lento o incompleto se asocia con hipovolemia. Esta técnica se realiza mediante la aplicación de presión con un dedo sobre la piel y la posterior liberación para observar el tiempo de relleno capilar. Aunque es una técnica simple y de bajo costo, su interpretación puede ser subjetiva y dependiente del operador.

El tiempo de eyección ventricular (VTI) es otro parámetro utilizado para evaluar la función cardíaca, especialmente la función sistólica del ventrículo izquierdo. Se obtiene mediante ecocardiografía y se refiere al tiempo requerido para que la sangre sea eyectada por el ventrículo izquierdo durante la sístole. Un VTI más largo generalmente indica una función sistólica más efectiva y un mejor rendimiento

cardíaco. Esta técnica es no invasiva, ampliamente disponible y relativamente fácil de realizar, lo que la hace más utilizada en la práctica clínica.

En resumen, la monitorización hemodinámica es esencial para el adecuado manejo de pacientes críticos. Diferentes técnicas como la ley de Fick, el llenado capilar y el VTI cardíaco proporcionan información valiosa sobre el estado de volumen y la función cardiovascular. Si bien cada técnica tiene sus ventajas y limitaciones, en combinación pueden brindar una evaluación más completa y precisa de los parámetros hemodinámicos, permitiendo una toma de decisiones más informada y un enfoque más individualizado en el manejo de estos pacientes.

## **Marco Teórico**

### **Antecedentes generales**

Como médico anestesiólogo el control de fluidos transoperatorios es fundamental para garantizar la seguridad del paciente y obtener resultados óptimos. En este documento, profundizaremos qué es el control de fluidos transoperatorios, por qué es importante, los riesgos de un manejo inadecuado, cómo medir y monitorear el equilibrio de fluidos durante la cirugía, los desafíos comunes en su implementación, y con ayuda de los nuevos avances tecnológicos tener un adecuado manejo de este (1).

Ante todo, esto, conocemos que, si el paciente recibe demasiado líquido, el exceso puede acumularse en los pulmones, el corazón y otros órganos, lo que puede provocar complicaciones graves como insuficiencia cardíaca, edema pulmonar y otros problemas respiratorios. Por otro lado, si el paciente recibe muy poco líquido, puede llevar a una disminución del flujo sanguíneo y una oxigenación insuficiente de los órganos, lo que puede provocar daño en los tejidos y falla orgánica.

Se ha descrito que los fluidos administrados por vía intravenosa son utilizados mayormente en terapia de reemplazo de líquidos corporales, además de utilizarse como excipiente para la administración de ciertos medicamentos intravenosos; sin embargo, también tienen otras indicaciones que son menos frecuentes como su uso en la diálisis peritoneal y su uso aún menos frecuente en cirugía cardiovascular.

Estos fluidos tienen diferentes componentes y tonicidad, por lo tanto, es importante conocer su contenido con el objetivo de entender el efecto que tendrán en el organismo.

Hablando del área de medicina crítica, las indicaciones precisas para administrar fluidos se basaban únicamente en parámetros clínicos, sin embargo, se ha observado que estos parámetros, aunque son sensibles tienen baja especificidad y precisión. (2).

### **Control de líquidos**

En el ámbito de la práctica médica, es fundamental buscar constantemente mejorar la atención al paciente y priorizar su seguridad, minimizando las posibilidades de complicaciones. En el período perioperatorio, una terapia de líquidos adecuada es esencial para favorecer la recuperación, reducir complicaciones y disminuir el tiempo de estancia en el hospital. Sin embargo, existen controversias en cuanto a las recomendaciones para la administración de fluidos, ya que el manejo inadecuado puede generar diversas complicaciones como edema pulmonar agudo, alteraciones en la función renal, coagulopatía y falla cardiorrespiratoria. A pesar de la larga experiencia en la administración de líquidos endovenosos, la elección de la solución y la cantidad óptima sigue siendo un tema de debate. Se ha observado que un porcentaje significativo de pacientes alrededor de 14% recibe una terapia de líquidos inapropiada (3). A nivel global, el número de pacientes quirúrgicos es considerable y existe un pequeño subgrupo de alto riesgo que requiere un manejo cuidadoso. Los protocolos dirigidos por objetivos y metas se han implementado para mejorar el manejo de los pacientes y se sugiere que son una mejor opción en comparación con las terapias restrictivas o liberales. La falta de racionalidad en la elección de líquidos puede generar iatrogenia, por lo que es importante tener en cuenta la evidencia científica disponible al momento de elegir la solución adecuada. En este sentido, las soluciones cristaloides balanceadas son una opción recomendable (4).

En 2009, Chappell y su equipo informaron que los pacientes experimentaron un aumento de peso de aproximadamente 10 kg debido a la terapia de reposición de líquidos, lo que se relacionó directamente con complicaciones graves. En un estudio separado, Lamke y sus colegas demostraron que las pérdidas insensibles eran mucho menores de lo que se creía, y que el impacto del ayuno en el volumen intravascular parecía ser limitado (5). A diferencia de la creencia tradicional, se ha descubierto que el tercer espacio no existe. Parece ser que las pérdidas del volumen intravascular perioperatorio, fuera de una hemorragia aguda, no son más que un cambio dentro del compartimento extracelular hacia el espacio intersticial. Se sabe que el agua corporal total en un adulto de 70 kg de peso es de aproximadamente 42-45 litros, dividido en líquido intracelular y extracelular. Los dos compartimentos

del espacio extracelular se separan anatómicamente por la barrera vascular, que permite un fácil intercambio de pequeñas moléculas como los electrolitos (6).

Se ha considerado durante mucho tiempo que, en los vasos sanguíneos, las presiones hidrostática y coloidosmótica son elevadas. La teoría de Starling postulaba que el espacio intersticial tenía una baja concentración de proteínas y una baja presión hidrostática, lo que daba lugar a dos fuerzas opuestas que resultaban en una filtración neta en los segmentos de alta presión. Sin embargo, se compensaba en gran medida por la reabsorción venular y la eliminación del exceso de líquido a través del sistema linfático. No obstante, estudios experimentales han demostrado que esta teoría podría ser imprecisa. Hace más de una década, Adamson y sus colegas describieron en un modelo microvascular mesentérico en ratas que la barrera también trabaja y que un glicocálix intacto es el determinante primario del equilibrio en el intercambio de líquidos (7).

### **Fases de la reanimación**

La terapia de rehidratación se utiliza en pacientes que experimentan una pérdida significativa de volumen o presentan síntomas de hipoperfusión, como taquicardia, hipotensión arterial, alteraciones del estado de conciencia o Incluso estado de choque que condicionan gravemente la supervivencia del paciente. La fase inicial de la terapia, conocida como la fase de rescate, tiene como objetivo mantener la presión arterial media en un rango de perfusión sistémica adecuado (al menos 65 mmHg) para mejorar la perfusión tisular. Dependiendo del tipo de monitoreo utilizado (invasivo o no invasivo), se recomienda evaluar el estado de volemia actual y la capacidad del paciente para responder a la fluidoterapia o el uso de vasopresores. Para esto, se sugieren pruebas clínicas como el levantamiento de extremidades o el uso de monitoreo de variabilidad del pulso. La meta es alcanzar una variabilidad de presión menor al 10-12%, un aumento en el volumen latido menor al 10% y corregir el tiempo de flujo de 0.35-4.0 s, en conjunto con un incremento en el volumen sistólico menor al 10%. En resumen, la meta es mantener la presión arterial y prevenir la hipoperfusión de los tejidos (8).

La siguiente fase es la de optimización, que se presenta cuando el paciente ya no se encuentra en una situación de riesgo vital, pero aún necesita terapia con soluciones para mejorar la función cardíaca y la oxigenación. Es crucial monitorear y estabilizar la saturación venosa de oxígeno, así como reducir los niveles de ácido láctico en sangre. Además, se debe determinar si se requiere el uso de drogas vasoactivas, evaluar la respuesta a la terapia de líquidos y tomar la decisión de continuar, iniciar o detener su administración (9).

La tercera fase del tratamiento se llama fase de estabilización y tiene como objetivos principales proporcionar apoyo, evitar un empeoramiento de la falla orgánica y prevenir complicaciones iatrogénicas. Durante esta fase, el uso de líquidos está enfocado en mantener el volumen intravascular, la homeostasis y reemplazar las pérdidas de líquidos, y es importante monitorizar y evaluar constantemente el volumen y balance de fluidos del paciente. Sin embargo, en esta etapa los pacientes son propensos a sufrir una acumulación excesiva e innecesaria de líquidos, y la decisión de eliminar o no el exceso de líquidos es objeto de controversia (3).

La última etapa es la fase de recuperación del paciente, durante la cual se procede a disminuir gradualmente el soporte ventilatorio, la administración de drogas vasoactivas y se inicia el proceso de movilización y eliminación de los líquidos acumulados. En esta etapa, es fundamental lograr balances hídricos negativos para prevenir la toxicidad asociada a la terapia con líquidos (3).

Dentro de los determinantes del gasto cardíaco el más importante se sabe que es la precarga cardíaca. Clásicamente se define como el grado de estiramiento máximo o tensión de las fibras miocárdicas antes del inicio de la contracción ventricular y viene determinada por la longitud media de los sarcómeros al final de la diástole.

De acuerdo a lo que indica la ley de Frank-Starling, entre la precarga cardíaca y el volumen sistólico existe una relación positiva, que se puede explicar en otras palabras como el hecho que cuando se incrementa la precarga cardíaca en el ventrículo (lo que condiciona un mayor estiramiento de las fibras miocárdicas ventriculares) se genera un incremento en el volumen sistólico. Al analizar la curva de función ventricular es posible diferenciar 2 zonas de comportamiento: la primera es una pendiente, en esta parte de la curva se refleja que cambios en la precarga,

aunque sean mínimos, condicionan un incremento significativo en el volumen sistólico, a esta zona se le conoce como precarga-dependencia; y la segunda parte de la curva tiene forma plana, lo que indica que con aumentos en la precarga no existen prácticamente incrementos en el volumen de eyección que sean significativos; a esta zona de la curva se le conoce como zona de precarga-independencia (9).

Poscarga: es determinado como la resistencia del vaciado del corazón es decir equivaldrá a la tensión de la pared ventricular en sístole, es decir es la presión que necesita para lograr vencer una resistencia específica (10).

Con este concepto de poscarga se puede comprender mejor el hecho que la presión arterial media es dependiente tanto del gasto cardíaco, cómo del incremento de las resistencias periféricas vasculares.

Contractilidad cardíaca: es la capacidad que tiene el miocárdica en el bobeo en condiciones de precarga y poscarga constante, esta contractilidad puede ser modulada por factores nerviosos y humorales (4).

### **Indicaciones del uso de fluidoterapia:**

#### Trauma

La lesión traumática es un problema universal que causa consecuencias inesperadas y una gran carga de costos médicos y sociales durante años. El trauma con eventos hemorrágicos representó del 30% al 40% de las muertes dentro de las primeras 24 h. La administración de líquidos intravenosos en pacientes con hemorragia evidente o presión arterial sistólica inferior a 90 mmHg puede mejorar los resultados. La reanimación hídrica es útil para reemplazar el volumen corporal insuficiente para mantener la perfusión mínima de los órganos vitales antes de que se logre una terapia definitiva, y ha sido un componente de la atención de traumatismos en el entorno prehospitalario por parte de los servicios médicos de emergencia (EMS) desde la década de 1970.

#### Sepsis

La sepsis es definida como una respuesta desregulada del huésped a la infección, que hace alusión a la respuesta primaria no homeostática del huésped, potencialmente letal que supera considerablemente a la infección directa (Singer, 2016). Para pacientes con hipoperfusión inducida por sepsis o shock séptico, se sugiere que administren al menos 30 mL/kg de líquido cristalino intravenoso dentro de las primeras 3 hr de reanimación. Como orientación de la reanimación en adultos que padecen sepsis, se ha reportado como conveniente el uso de las mediciones de lactato sérico; mientras que para adultos que desarrollan choque séptico se ha sugerido el uso del tiempo de llenado capilar como parámetro para valorar la reanimación en complemento con otras medidas de evaluación de la perfusión. (4)

#### Paciente gran quemado

Los pacientes quemados en la fase de reanimación inicial suelen requerir grandes volúmenes para restablecer la presión de perfusión adecuada y prevenir la insuficiencia orgánica.

Con el fin de poder estimar realmente los requisitos de líquidos, los autores Baker y Shires desarrollaron en el año de 1968 la fórmula de Parkland y con ello generaron una mejora en la atención de los pacientes quemados. Su fórmula propone originalmente un volumen de reanimación entre 3.5 ml y 4 ml/kg de peso corporal/% STQ/24 h con la mitad del volumen de líquido administrado de forma temprana, siendo óptimo el periodo de las primeras 8 horas posteriores al evento de quemadura. Para determinar este periodo, los autores Baxter y Shires realizaron diversos estudios en animales, cuyo objetivo fue determinar la pérdida de líquido y la depleción del líquido extracelular en la superficie afectada; luego determinaron cuál era la cantidad adecuada de líquido, así como la temporalidad en que debía realizarse la fluidoterapia en los animales de estudio (5).

#### Respuesta a volumen:

La respuesta a volumen es la primera línea de tratamiento en la falla circulatoria aguda, por una parte, la severidad de la enfermedad incita a iniciarse rápida y masivamente (6).

Un principal objetivo de la resucitación hídrica es incrementar el gasto cardiaco y mejorar la perfusión de órganos, esto a través del transporte de sustratos (oxígeno, electrolitos, entre otros). Solo la mitad de los pacientes inestables presentan mejoría ante la administración de líquidos. Por otra parte, no se ha demostrado claramente las consecuencias demeritorias (8).

Existen variables hemodinámicas en pacientes graves para evaluar la respuesta en la macrocirculación como la presión arterial media y la presión venosa central. De acuerdo a lo establecido en las guías de reanimación hemodinámica, primero debe existir una normalización en los parámetros básicos, a saber: la presión de perfusión del tejido, así como de la hemoglobina; para que como punto final, se produzca una normalización de los parámetros metabólicos dañados por la hipoperfusión (7).

Los estudios preclínicos demostraron que el uso de solución salina puede causar acidosis metabólica hiperclorémica, inflamación, hipotensión, LRA y muerte. Si bien no hubo evidencia significativa de que los cristaloides balanceados puedan reducir los riesgos de muerte y LRA en estudios clínicos controlados aleatorios (ECA), un metanálisis reveló que los cristaloides balanceados reducen la duración de la estadía hospitalaria, la mortalidad y la incidencia de LRA en pacientes críticamente enfermos (8).

La búsqueda de un marcador fidedigno de la cantidad de oxígeno que permanece en la circulación sistémica posterior al paso en los tejidos, dio origen al descubrimiento de la oxigenación venosa mezclada o mixta (SvO<sub>2</sub>) el cual se considera como el indicador más preciso de oxígeno en sangre venosa. Su uso se puede resumir como un estado de la reserva de oxígeno o incluso cómo el balance entre el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) y el transporte (DO<sub>2</sub>) de oxígeno. Desde hace más de una década se vio un incremento en el uso de este marcador dada la disponibilidad de catéteres adecuados a base de fibra óptica que pudieron colocarse en la arteria pulmonar, con lo cual fue posible la monitorización de manera continua de este marcador clínico; en tiempos contemporáneos, los indicadores de una mejor supervivencia en pacientes con sepsis que fueron monitoreados de este modo trajeron consigo un mayor interés en la monitorización en tiempo real de la saturación venosa de oxígeno (9).

Desde el año de 1887, Fick fue el primer autor en reportar un método adecuado con el que se pudo calcular el gasto cardíaco; este indicador lo realizó basándose en los parámetros de contenido arterial de oxígeno (CaO<sub>2</sub>), contenido de oxígeno en la sangre venosa mixta (CvO<sub>2</sub>) y finalmente el uso del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), uniendo esos parámetros en la siguiente fórmula (11):

$$GC=VO_2/(CaO_2-CvO_2)$$

La ley de Fick se puede aplicar al control de líquidos transoperatorios. La ley de Fick establece que el flujo de líquido a través de una membrana es proporcional a la diferencia de presión hidrostática en ambos lados de la membrana, así como a la permeabilidad de la membrana.

En el contexto del control de líquidos transoperatorios, la ley de Fick se utiliza para calcular la velocidad a la que los líquidos se mueven a través de una membrana.

El uso de la ley de Fick en el control de líquidos transoperatorios tiene varias ventajas. En primer lugar, la ley de Fick proporciona una herramienta precisa y confiable para el cálculo del flujo de líquido a través de las membranas. Además, la ley de Fick se puede utilizar para calcular el flujo de líquido a través de varios tejidos, lo que permite un control más preciso de los líquidos durante la cirugía (5).

En segundo lugar, el uso de la ley de Fick puede ayudar a reducir el riesgo de complicaciones relacionadas con el exceso o la falta de líquidos durante la cirugía.

Al monitorear cerca de los líquidos transoperatorios, los médicos pueden ajustar la cantidad de líquidos que se administran al paciente para mantener un equilibrio adecuado, la ley de Fick no tiene en cuenta otros factores que pueden afectar el flujo de líquido, como la presión oncótica y la presión hidrostática en los tejidos. Por lo tanto, es importante utilizar la ley de Fick junto con otras herramientas y técnicas para el control de líquidos transoperatorios.

Este método a pesar de tratarse como un método preciso el hecho de lo invasivo que provoca ha sido sustituido por otros métodos como los son la ultrasonografía.

El ultrasonido se ha convertido cada vez más útil y significado una herramienta eficaz, complementaria y que nos permite profundizar en el examen físico del paciente.

Desde el punto de vista histórico algunos científicos iniciaron con observaciones del seguimiento de pacientes sometidos a uso de evaluación de volumen mediante ITV cardiaco (7).

Alrededor de los años 1850 los estudios médicos inician a conceptualizar la manera de visualización de algunos mamíferos por medio de ondas como lo son los murciélagos, alrededor de 1950 se inicia el estudio de los pacientes por medio de USG siendo principalmente utilizado en obstetricia, vasos sanguíneos. Posteriormente se inicia el estudio más generalizado en área de urgencias generando conceptualizaciones de protocolos de estudio como lo son el protocolo FOCUS, FAST, FATE

La ecografía permite el cálculo del ITV mediante el Doppler de pulso, que calcula la velocidad de la sangre en un punto específico del sistema circulatorio. Este método se aplica a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo con él, obtenemos una imagen triangular que representa el espectro de velocidad de la sangre que pasan por este punto durante la sístole. ITV debe entenderse como la longitud de la columna de sangre que pasa de una sola vez por el punto negativo. Dado que el TSVI es una estructura única que no cambia significativamente su conformación durante el ciclo cardíaco, la integral se puede calcular multiplicando el ITV por el área de la sección transversal del TSVI. El principal problema de esta medición es que ITV es la dependencia de un buen manejo del ultrasonido. Esta medición no se puede realizar en el caso de los cambios anatómicos, la aceleración de flujo en TSVI. Así como el movimiento de la válvula mitral sistólica. O cuando ITV no refleja realmente GC debido al reflujo diastólico (6).

En la ley Frank Starling se establece que se va establecer una relación volumen presión en donde si se incrementa la presión se aumenta el volumen diastólico esta relación no es lineal esta tiene un límite que sería la precarga máxima, los incrementos de presión aumentan el volumen sistólico.

El retorno venoso como entorno intrínseco se relación con el concepto de volumen estresada (funcionalidad y modificable) y el no estresado correspondiendo al flujo permite tener un flujo (6).

Se logra medir el gasto cardiaco con indicaciones de perioperatorio pre e inter y post operatorio principalmente en aquellos que se encuentran en UCI, se cuenta con variable estáticas como los son aquella variables que son medidas por medios invasivos como el catéter swan gans como en PICO y el Volme view, siendo trabajado por el catéter arterial y el catéter venoso central siendo estos invasivos y no adecuado una respuesta adecuado al someter al paciente en stress a pesar de que son medidos por el algoritmo de Stuart Hamilton que permiten corroborar indica gasto y trabajo cardiaco, desde el punto de vista dinámico se puede observar del VIGILIE, LiDCO, most care , NiCO, Clear Sight así como los últimos sistemas siendo el sistema BedSide, los cuales en su mayoría se producen por el sistema de capnógrafo así como de pulsioximetria generalmente estos sistemas evalúan dos sistemas como los son las ondas de pulso y de capnógrafo con mini a inacción sin embargo se ha demostrado en diferentes protocolos los cuales no permiten la visualización directa del mismo. El mayor sistema generado previo a todos los artículos que se usaban son el USCOM siendo manejado por enfermería sin gran entrenamiento para su visualización y valoración sin embargo ante los costos por paciente no resulto, se especificó a pesar de que la mismo generaba medición de VTI (8).

Desde el punto de vista USG se realiza con evaluación de perfusión y congestión en donde la perfusión nos ayuda a valorar

- Precarga, función sistólica y post carga
- Congestión siendo evaluado con
- Función diastólica, congestión pulmonar y congestión sistémica

Esto nos permite la evaluación hemodinámica para la evaluación del paciente y permitirnos ubicar el patrón hemodinámico en el cual se encuentra nuestro paciente siendo usado esto con el DOPLER siendo usado por primera vez con el docto Cristian Doppler en donde evalúa las características de la luz y sonido evaluando como características logrando cambiar la frecuencia respecto al emisor y el receptor, siempre y cuando estos se centren en movimiento o uno solo estático

siendo definido que al acercarse más el emisor al receptor se aumenta la frecuencia de determinada onda alajarse se genera más pequeña la frecuencia de onda (7).

## ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

A continuación, se presentan estudios que han demostrado previamente la utilidad del índice tiempo velocidad como predictor de respuesta a fluidos en diferentes condiciones clínicas.

Ma et al. por medio de un estudio observacional prospectivo de un solo centro, realizado en el quirófano, inscribió a 65 pacientes sometidos a bypass coronario electiva. Se encontró que 28 (43.1%) pacientes respondieron a la administración de líquidos. Los cambios de VTI durante la maniobra de posicionamiento en Trendelenburg predijeron la respuesta a los fluidos con un área bajo la curva característica operativa (AUC) del receptor de 0.90 (IC 95 %, 0.79–0.6), con una sensibilidad del 100 % y una especificidad del 70 % en un umbral de 10% (zona gris, 8-15%). El aumento de VTI durante el posicionamiento en Trendelenburg se correlacionó con los cambios de VTI inducidos por la prueba de fluidos ( $r=0.61$ ,  $P<0.0001$ ). Los cambios en la velocidad máxima y la presión del pulso durante el posicionamiento en Trendelenburg fueron poco predictivos de la respuesta a los líquidos, con un AUC de 0.72 (IC 95 %: 0.60–0.82) y 0.66 (IC 95 %: 0.53–0.77), respectivamente. Por lo que se concluyó que un aumento en el VTI inducido por el posicionamiento en Trendelenburg podría predecir la respuesta a los líquidos en pacientes con bypass coronario en el quirófano (12).

Favia et al. realizó un estudio observacional retrospectivo de 16 pacientes pediátricos con ventilación mecánica que pesaban menos de 20 kg que recibieron una expansión de volumen (VE) de 10 ml/kg después del cierre del esternón. Un aumento del índice cardíaco (IC) del 10% dividió a los pacientes en 7 respondedores (R) y 9 no respondedores (NR). El incremento porcentual del índice cardíaco fue 18.6 (12%) en R y 2.9 (5.7%) en NR ( $p = 0.037$ ). Antes de la expansión de volumen, la delta de la variación de la velocidad del flujo sanguíneo aórtico pico, delta de la variación integral velocidad-tiempo del ventrículo izquierdo, variación de la presión de pulso y variación de la presión sistólica diferían entre respondedores y no respondedores ( $p = 0.045$ , 0.043, 0.048, 0.037 y 0.044, respectivamente). Las

presiones sistólica ( $p = 0.004$ ), diastólica ( $p = 0.002$ ), presión arterial media ( $p = 0.003$ ), delta de la variación de la velocidad del flujo sanguíneo aórtico pico ( $p = 0.03$ ), delta de la variación integral velocidad-tiempo del ventrículo izquierdo ( $p = 0.04$ ), IC ( $p = 0.01$ ), variación de la presión de pulso ( $p = 0,04$ ), variación de la presión sistólica ( $p = 0,04$ ) y  $dP/dt$  max (relación presión-tiempo máxima) ( $p = 0.02$ ) cambiaron la siguiente expansión de volumen en pacientes respondedores. La delta de la variación de la velocidad del flujo sanguíneo aórtico pico disminuyó después de la expansión de volumen en pacientes no respondedores ( $p = 0.004$ ). La delta de la variación integral velocidad-tiempo del ventrículo izquierdo y la variación de la presión de pulso mostraron los valores predictivos más altos, con área bajo las curvas ROC de 0.76 ( $p = 0.049$ ) y 0.76 ( $p = 0.045$ ), respectivamente. Se reveló que la delta de la variación integral velocidad-tiempo del ventrículo izquierdo y la variación de la presión de pulso son predictores potenciales de respuesta de fluido en niños ventilados después de una cirugía cardíaca (13).

Pérez et al. realizaron un estudio transversal de 50 pacientes adultos consecutivos sometidos a cirugía cardíaca. Se encontró que la variación de la presión de pulso obtenida al ingreso fue  $\geq 12\%$  en el 68%, disminuyendo al 40% a las 6 h, presentando el 50% y el 22% un índice de variabilidad de la integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo (VTI-TSVI)  $\geq 12\%$  al ingreso y a las 6 h, respectivamente. Los valores medios de presión venosa central al ingreso y a las 6 h fueron de 8 mmHg y 10 mmHg, respectivamente. Se observaron fuertes correlaciones positivas entre la variación de la presión de pulso y el valor absoluto del índice de variabilidad VTI-LVOT tanto al ingreso ( $r = 0.65$ ) como a las 6 h ( $r = 0.67$ ). Cuando se evaluó la precisión diagnóstica de la capacidad de respuesta a los líquidos del índice de variabilidad VTI-LVOT en comparación con la variación de la presión de pulso en función de sus puntos de corte ( $\geq 12\%$  para ambos), la sensibilidad y especificidad fueron del 70% y el 93% al ingreso y del 44% y 92% a las 6 h, respectivamente. Se observaron valores predictivos positivos del 96% y 80% y valores predictivos negativos del 60% y 71% al ingreso y a las 6 h, respectivamente. Se observaron índices de probabilidad positivos de 11.3 y 6 al

ingreso y a las 6 h, respectivamente. Se concluyó que el índice de variabilidad VTI-LVOT es una herramienta valiosa para determinar la capacidad de respuesta a los líquidos durante las primeras 6 horas postoperatorias en pacientes sometidos a cirugía cardíaca (14).

Los resultados del estudio de Wang et al. mostraron que se realizaron 44 test de expansión de volumen en 44 pacientes con shock séptico con capacidad de respuesta en 24 pacientes y falta de respuesta en 20. El índice cardíaco aumentó  $\geq 15\%$  en los pacientes que respondieron, pero  $<15\%$  en los pacientes que no respondieron después del test de expansión de volumen. Hubo diferencias significativas en la variación del índice de choque y la variación de la presión de pulso después del test de expansión de volumen entre los grupos que respondieron y los que no respondieron. El área bajo la curva de la integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo en la predicción de la capacidad de respuesta a los líquidos fue de 0.956, y la sensibilidad y especificidad fueron del 87.5% y el 95%, respectivamente, cuando el valor de corte fue del 15.9%. En conclusión, la integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo es eficaz para predecir la capacidad de respuesta a los líquidos después del test de expansión de volumen en pacientes con ventilación mecánica y shock séptico (15).

En el estudio de Huang et al. se inscribieron un total de 43 pacientes con insuficiencia circulatoria aguda sometidos a terapia de reemplazo renal. El estudio empleó  $\Delta$  gasto cardíaco  $\geq 10\%$  durante la prueba de elevación de piernas pasiva como el "estándar de oro" para predecir la capacidad de respuesta a los fluidos. Hubo 25 pacientes (58.1%) identificados por  $\Delta$  gasto cardíaco y 18 pacientes (41.9%) por  $\Delta$  integral tiempo velocidad como respondedores de líquidos durante la prueba de elevación de piernas pasiva. En el análisis ROC, el valor de corte óptimo de  $\Delta$  gasto cardíaco fue del 10.4% durante el test de infusión sanguínea con una sensibilidad del 93.3% y una especificidad del 100%. El área bajo la curva fue 0.96 (IC 95%: 0.88-1.00). Mientras tanto, el valor de corte óptimo de  $\Delta$  integral tiempo velocidad fue del 8.7% durante el test de infusión sanguínea con una sensibilidad

del 92.0% y una especificidad del 88.9%. El área bajo la curva fue 0.94 (IC 95%: 0.87–1.00) (16).

## **Justificación**

Las enfermedades que requieren atención quirúrgica para su manejo representan cerca de 30% de la carga mundial de enfermedad. Anualmente se hacen a nivel mundial 234 millones de procedimientos quirúrgicos. Según el Banco Mundial, el 11% de la carga de enfermedad es tratable con cirugía, lo que equivale a 164 millones de años de vida por discapacidad. Entre este grupo de pacientes, la hipotensión es uno de los trastornos hemodinámicos más frecuentes en el entorno perioperatorio.

Además del hecho que la atención quirúrgica de por sí ya es costosa, se vuelve aún más costosa cuando se intervienen a pacientes que no responden de manera adecuada a fluidos, por lo que generan una alta morbimortalidad que genera mayor discapacidad en los pacientes afectados y una alta carga económica tanto para el núcleo familiar como para las instituciones que atienden a estos pacientes

La optimización de la volemia y la fluidoterapia es una de las competencias más importantes en las guías de optimización perioperatoria, pues constituye la primera línea de tratamiento de un paciente quirúrgico con hipotensión o signos de hipoperfusión tisular. Para ello, se han buscado métodos y herramientas para valorar la respuesta a volumen, como la presión venosa central, la saturación venosa periférica, etc., sin embargo, generan un costo elevado para la atención del paciente.

En este escenario clínico surge la integral tiempo velocidad como un indicador fácilmente obtenible reproducible y que sea descrito como muy adecuado para predecir la respuesta a fluidos en pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos; sin embargo se hace imperativo validar esta herramienta en nuestro medio clínico con el fin de complementar los protocolos de manejo del paciente quirúrgico y poder contar con una herramienta altamente eficaz para predecir la respuesta a fluidos en el paciente quirúrgico.

## **Planteamiento del problema:**

Los líquidos administrados a pacientes con shock e hipotensión en el quirófano o en la unidad de cuidados intensivos son medicamentos. Por un lado, su efecto es inconstante, debido a la variabilidad interindividual en la relación entre el gasto cardíaco y la precarga. Cuando no se evalúa la capacidad de respuesta a los líquidos, un bolo de líquido aumenta el gasto cardíaco sólo en la mitad de los casos. Esto significa que muchos pacientes recibirán líquidos mientras no hay respuesta del gasto cardíaco. Por otra parte, los efectos nocivos de la administración de líquidos están ahora claramente demostrados. El aumento del equilibrio de líquidos es un factor asociado independientemente con la mortalidad y con una mayor tasa de complicaciones después de la cirugía.

Por tanto, es lógico condicionar la infusión de bolos de líquidos a la predicción de su eficacia. El objetivo principal de esta predicción es evitar la administración de líquidos ineficaces, que sólo tendrían efectos deletéreos sin generar ningún beneficio. Para ello se han desarrollado varias pruebas e índices, sin embargo se trata de pruebas complejas de realizar y que requieren de recursos excesivos para llevarse a cabo].

Existe evidencia convincente de la efectividad de la integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo, ya que el área de este tracto permanece relativamente constante durante el ciclo respiratorio. Es importante destacar que se ve menos afectado por la distensibilidad vascular y la presión intraabdominal en comparación con otros métodos.

Por ello es que se puede resumir el planteamiento del problema en la siguiente pregunta:

**Pregunta de investigación:**

¿El ultrasonido funciona como predictor dinámico de respuesta a volumen en el procedimiento anestésico en pacientes quirúrgicos del Hospital de Traumatología y Ortopedia del Sector Salud del estado de Puebla de 01 de Julio al 31 de Noviembre 2022?

## **Hipótesis**

### **Hipótesis de estudio:**

El ultrasonido funciona como predictor dinámico de respuesta a volumen en el procedimiento anestésico en pacientes quirúrgicos del Hospital de Traumatología y Ortopedia

### **Hipótesis nula:**

El ultrasonido **no** funciona como predictor dinámico de respuesta a volumen en el procedimiento anestésico en pacientes quirúrgicos del Hospital de Traumatología y Ortopedia

## **Objetivos**

### **Objetivo general:**

Evaluar el ultrasonido como predictor dinámico de respuesta a volumen en el procedimiento anestésico en pacientes quirúrgicos del Hospital de Traumatología y Ortopedia del Sector Salud del estado de Puebla de 01 de Julio al 31 de Noviembre 2022.

### **Objetivos específicos:**

Identificar a los pacientes por edad y sexo

Describir las comorbilidades de los pacientes

Identificar el manejo hídrico de los pacientes

Determinar la etiología del choque

Identificar la respuesta al volumen administrado

Comparar el ITV preoperatorio vs postoperatorio según la respuesta al volumen

Comparar el llenado capilar preoperatorio vs postoperatorio según la respuesta al volumen

Comparar el gasto cardiaco preoperatorio vs postoperatorio según la respuesta al volumen

Comparar la distensibilidad de la vena yugular preoperatorio vs postoperatorio según la respuesta al volumen

Establecer el punto de corte óptimo de ITV que predice respuesta a volumen

## **Material y métodos**

Tipo de estudio

Por su objetivo: Observacional

Por su maniobra: Descriptivo

Por la temporalidad: Prospectivo

Por la direccionalidad: Longitudinal

Por la obtención de la información: Prolectivo

Por la ubicación del estudio: Unicéntrico

Por el tipo de población: Homodémico

Universo de población:

El universo de población se conformó por pacientes diagnóstico previo de choque, que requieran de tratamiento quirúrgico para su atención, en estado clínico posquirúrgico, que ingresen a la recuperación.

Muestreo y tamaño de muestra:

El muestreo fue no probabilístico a conveniencia.

Criterios de selección

Criterios de inclusión:

- Mayores de 18 años de edad
- Menores de 70 años
- Cirugía de urgencia
- Pacientes con reanimación hídrica previo al evento quirúrgico

Criterios de exclusión:

- Pacientes en embarazo, parto o puerperio
- Pacientes con cirugía cardiaca
- Pacientes con cirugía de grandes vasos
- Pacientes con expediente clínico incompleto

-Pacientes que no acepten consentimiento informado

Criterios de eliminación:

-Pacientes que deseen retirarse del estudio

-Pacientes que fallecieron en el transoperatorio

**Variables:**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Tipo de variable	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
Sexo	Condición orgánica que distingue a los machos de las hembras.	Sexo plasmado en expediente clínico	Dicotómica	Cualitativa	1. Hombre 2. Mujer	Sexo	Hoja de recolección de datos
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Edad plasmada en el expediente clínico	Continua	Cuantitativa	18 a 99	Años	Hoja de recolección de datos

Comorbilidades	también conocida como "morbilidad asociada", es un término utilizado para describir dos o más trastornos o enfermedades que ocurren en un mismo paciente	Comorbilidades encontradas en los antecedentes del expediente clínico	Politémica	Cualitativa	<p>1. HAS</p> <p>2. DM</p> <p>3. Obesidad</p> <p>4. Artritis reumatoide</p> <p>5. Hipotiroidismo</p> <p>6, Enfermedad Renal Crónica</p> <p>1. HAS</p> <p>2. DM</p> <p>3. Obesidad</p> <p>4. Artritis reumatoide</p> <p>5. Hipotiroidismo</p> <p>6, Enfermedad Renal Crónica</p>	Numérica	Hoja de recolección de datos
----------------	--	---	------------	-------------	---	----------	------------------------------

Reanimación previa al evento quirúrgico	Terapia esencial en el manejo de los pacientes hospitalizados, en especial en aquellos con enfermedad aguda o crítica a través del uso de líquidos endovenosos	Uso de fluidoterapia previo al evento quirúrgico	Dicotómica cerrada	Cualitativa	1= si 2= no	Numérica	Hoja de recolección de datos
---	--	--	--------------------	-------------	----------------	----------	------------------------------

Uso de hemocomponentes	Derivado sanguíneo extraído de sangre total para su administración en situación de riesgo	Uso de concentrado eritrocitario, plasma fresco congelado u otro hemocomponente durante la reanimación del paciente	Politémica	Cualitativa	1= Concentrado eritrocitario 2= Plasma fresco congelado 3= Crioprecipitado 4= aféresis plaquetaria 5= concentrado plaquetario 6= sangre total 7= otro	Numérico	Hoja de recolección de datos
Presión Arterial	Se llama presión arterial media a la presión promedio en las	Presión arterial media de ingreso a la unidad quirúrgica	Numérica	cuantitativa	Lo obtenido de la fórmula $PAM = (PAS - PAD/3) + PAD$	mmHg	Hoja de recolección de datos

Presión Arterial Media posquirúrgica	grandes arterias durante el ciclo cardiaco. Este valor siempre se va a aproximar más a la presión arterial diastólica.	Presión arterial media al egreso al área de recuperación					Hoja de recolección de datos
ITV	Integral Tiempo Velocidad. Longitud de la columna de sangre que pasa por el punto insonado en un latido.	ITV medido de con transductor sectorial	Numérica	Cuantitativa	1 a 5	Cm	Ultrasonido con transductor sectorial

Saturación venosa central	La saturación venosa central de oxígeno es un indicador indirecto del gasto cardíaco.	Saturación venosa obtenida de la primera gasometría de catéter venoso central	Numérica	Cuantitativa	Numérico	Porcentaje	Hoja de recolección de datos
---------------------------	---	---	----------	--------------	----------	------------	------------------------------

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Patrón hemodinámico (Fick)</p>	<p>utilizando dos muestras gasométricas arteriales y una venosa de origen central, éstas representan los estados de oxigenación y desoxigenación respectivamente de la aurícula derecha, lo que representa un panorama indirecto del gasto cardiaco</p>	<p>Resultado del taller hemodinámico realizado en el posquirúrgico</p>	<p>Politémico</p>	<p>Cualitativo</p>	<p>1= Hiperdinámico 2= Hipodinámico 3= Hipovolémico</p>	<p>Numérico</p>	<p>Hoja de recolección de datos</p>
---	---	--	-------------------	--------------------	---	-----------------	-------------------------------------





### **Aspectos éticos y de bioseguridad**

El presente protocolo de ajusta a los lineamientos de la ley general de salud de México promulgada en 1986 y al código de Helsinki de 1975 y modificado en 1989, respecto a la confidencialidad de los participantes en el estudio, por lo que se solicitará el permiso por escrito al comité de Bioética e investigación del Hospital General de Zona Norte del estado de Puebla.

Para el presente protocolo de investigación se cumple lo establecido en los artículos 2 y 96 de la Ley General de Salud para contribuir a la investigación que genere beneficios a la sociedad.

Al ser de carácter observacional se solicitará de la aprobación por los comités para la realización del protocolo de investigación, así como la revisión de los expedientes clínicos, y en el caso de la toma del ITV cardiaco se solicitará el consentimiento informado previo a la realización del rastreo cardiaco.

### **Relevancia y expectativas**

El presente estudio es de relevancia ya que en la actualidad se pretende de contar con más métodos no invasivos para la atención del paciente, en este caso, la incorporación del ultrasonido al pie de cama del paciente se considera como la herramienta de mejor alcance y utilidad. Se pretende este estudio sea el parteaguas en la atención en el área de recuperación del paciente.

### **Recursos disponibles**

- Recursos propios del investigador:
- Lápiz
- Papel
- Computadora con Excel y SPSS versión 21.0

### **Recursos necesarios**

- Expediente clínico
- Ultrasonido
- Laboratoriales (gasometría arteria y venosa central)

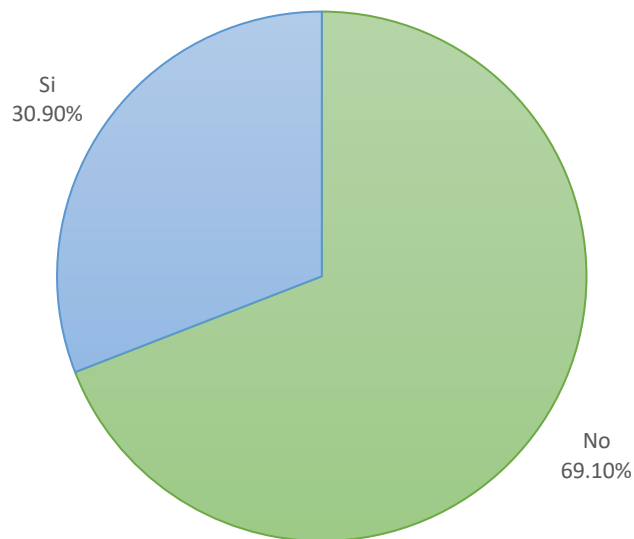
## RESULTADOS

Se realizó un estudio de tipo longitudinal, en donde se estudiaron 68 pacientes de los cuales se cumplieron con criterios de inclusión, A continuación, se presentan los resultados del estudio de una población de 68 pacientes.

Cuadro 1: Distribución por respuesta al volumen

	Frecuencia	Porcentaje
No	47	69.1%
Si	21	30.9%
Total	68	100.0%

Gráfica 1: Distribución por respuesta al volumen



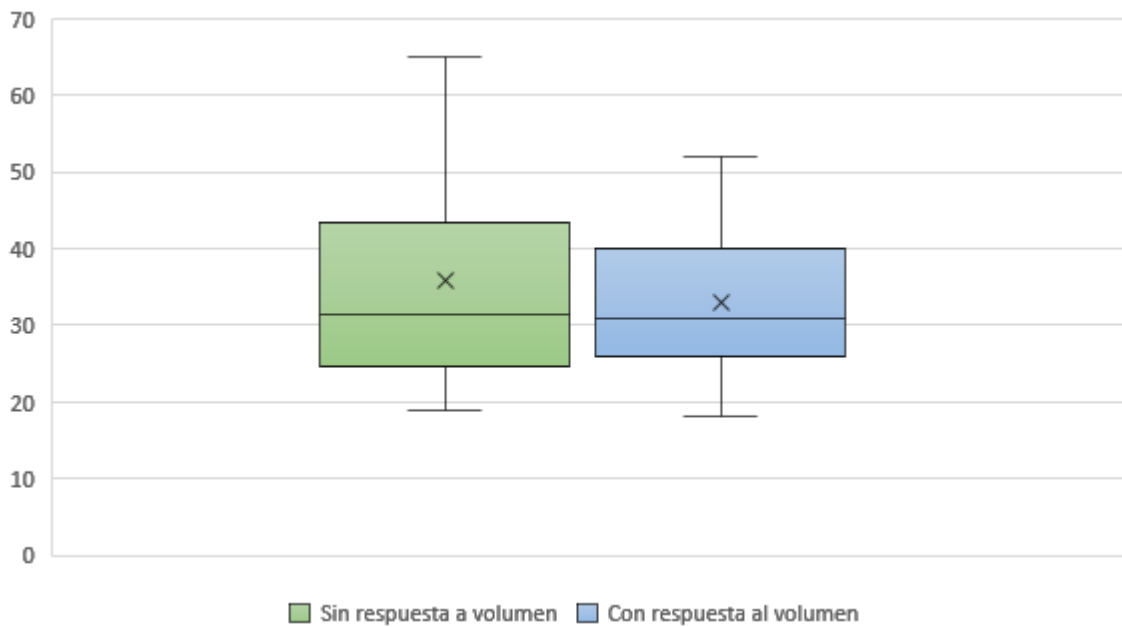
El 30.9% de pacientes presentaron respuesta a volumen.

Cuadro 1: Comparativo de la edad de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	Media	No Desviación estándar	Media	Si Desviación estándar	
Edad	33.94	10.82	32.95	9.97	0.724

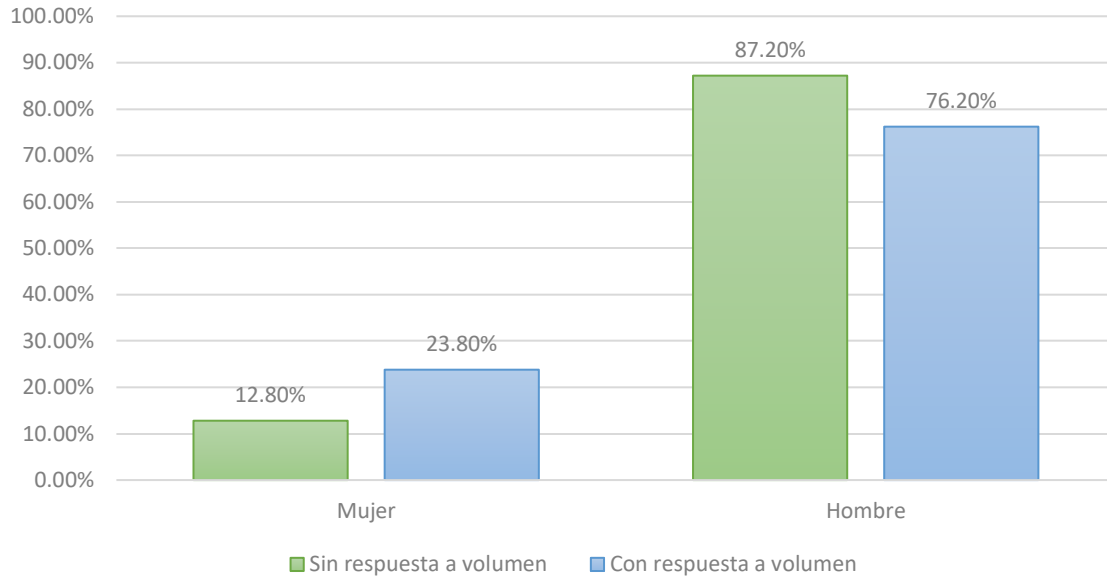
\* Prueba T de Student

Gráfica 2: Comparativo de la edad de los pacientes por respuesta a volumen



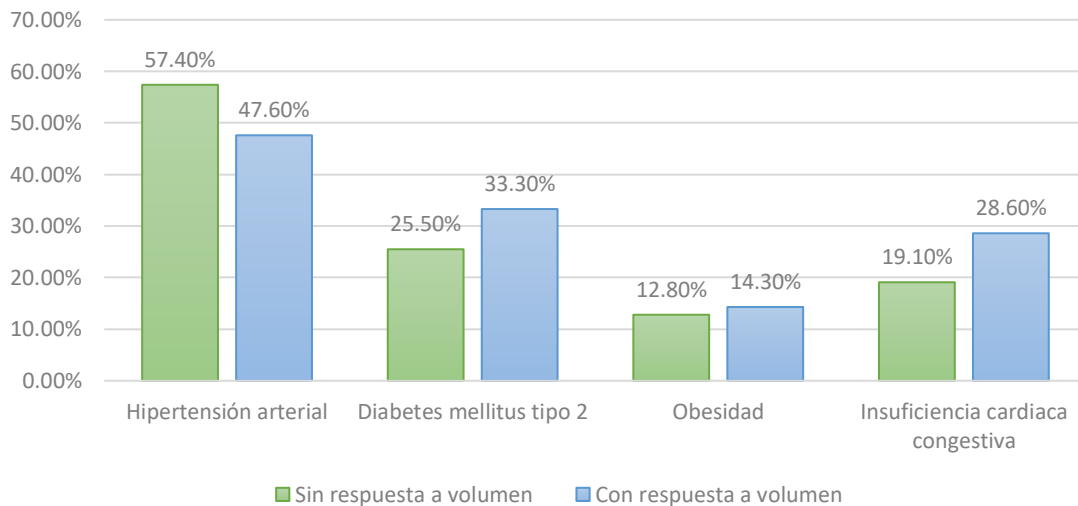
Para la población en estudio, la media de la edad fue  $33.63 \pm 10.49$  años. La edad tuvo una media mayor para pacientes no respondedores ( $33.94 \pm 10.82$  vs  $32.95 \pm 9.97$ ) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.724$ ).

Gráfica 2: Comparativo del sexo de los pacientes por respuesta a volumen



Para la población en estudio predominaron los hombres representando el 83.8%. El sexo femenino fue predominante en los pacientes con respuesta a volumen (23.8% vs 12.8%) y los hombres fueron más frecuentes en el grupo sin respuesta a volumen (87.2% vs 76.2%), sin embargo, de acuerdo a la prueba chi cuadrada, la diferencia no fue significativa ( $p=0.253$ ).

Gráfica 3: Comparativo de las comorbilidades de los pacientes por respuesta a volumen



Para la población en estudio predominó la comorbilidad de hipertensión arterial representando el 54.4%, seguido de diabetes mellitus tipo 2 con el 27.9%, seguido

de insuficiencia cardiaca congestiva con el 22.1%, y finalmente obesidad con el 13.2%. La hipertensión arterial fue predominante en los pacientes sin respuesta a volumen (57.4% vs 47.6%) sin embargo, de acuerdo a la prueba chi cuadrada, la diferencia no fue significativa ( $p=0.452$ ). La diabetes mellitus tipo 2 fue predominante en los pacientes con respuesta a volumen (33.3% vs 25.5%) sin embargo, de acuerdo a la prueba chi cuadrada, la diferencia no fue significativa ( $p=0.508$ ). La obesidad fue predominante en los pacientes con respuesta a volumen (14.3% vs 12.8%) sin embargo, de acuerdo a la prueba chi cuadrada, la diferencia no fue significativa ( $p=0.864$ ). La insuficiencia cardiaca congestiva fue predominante en los pacientes con respuesta a volumen (28.6% vs 19.1%) sin embargo, de acuerdo a la prueba chi cuadrada, la diferencia no fue significativa ( $p=0.387$ ).

Cuadro 2: Comparativo del ASA de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
I	0	0.0%	0	0.0%	----
II	0	0.0%	0	0.0%	----
III	30	63.8%	16	76.2%	0.314
IV	17	36.2%	5	23.8%	0.314
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

Para la población en estudio fue más frecuente el estado físico hasta 3 representando el 67.6%. La categoría ASA III fue más frecuente en pacientes con respuesta a volumen (76.2% versus 63.8%) sin presentar significancia estadística la diferencia ( $p=0.314$ ) la categoría ASA IV fue más frecuente en pacientes sin respuesta a volumen (36.2% versus 23.8%) sin presentar significancia la diferencia ( $p=0.314$ ).

Cuadro 3: Comparativo de soluciones utilizadas en los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Isotónica	0	0.0%	0	0.0%	----
Cristaloides	12	25.5%	12	57.1%	0.012
Hemoderivados	21	44.7%	6	28.6%	0.210
Cristaloides y hemoderivados	14	29.8%	3	14.3%	0.173
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

En la población en estudio la solución administrada más frecuentemente fue hemoderivados representando el 39.7%, seguido de cristaloides con el 35.3% y finalmente cristaloides y hemoderivados en el 25.0%. Los cristaloides fueron administrados mayormente a pacientes respondedores (57.1% vs 25.5%) siendo significativa la diferencia ( $p=0.012$ ). Los hemoderivados fueron administrados mayormente a pacientes no respondedores (44.7% vs 28.6) no presentándose significativa la diferencia ( $p=0.210$ ). Los cristaloides más hemoderivados fueron administrados mayormente a pacientes no respondedores (29.8% vs 14.3%) siendo significativa la diferencia ( $p=0.173$ ).

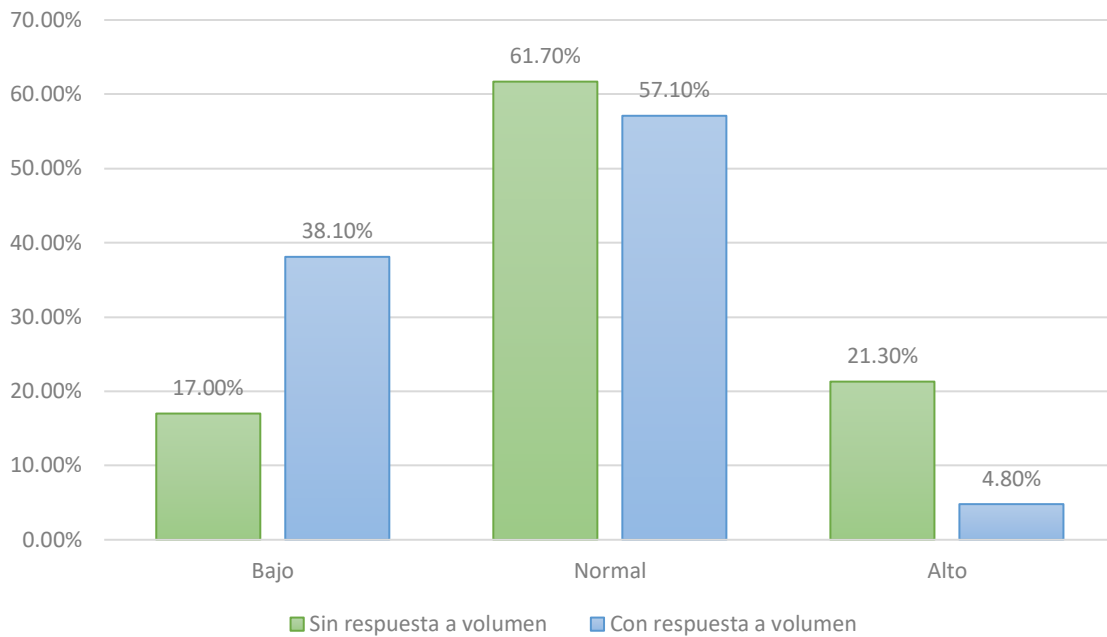
Cuadro 4: Comparativo del diagnóstico de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
TCE	29	61.7%	11	52.4%	0.471
Herida penetrante	11	23.4%	5	23.8%	0.971
Fractura	20	42.6%	8	38.1%	0.730
Evisceración	1	2.1%	0	0.0%	0.501
Abdomen agudo	1	2.1%	1	4.8%	0.553
Perforación de víscera hueca	0	0.0%	1	4.8%	0.132

\* Prueba chi cuadrada

Las causas del trauma en los pacientes fueron de mayor a menor frecuencia: TCE (58.8%), fractura (41.2%), herida penetrante (23.5%), abdomen agudo (2.9%), y evisceración y perforación de víscera hueca (1.5% respectivamente). El diagnóstico de TCE fue la patología con mayor porcentaje en pacientes no respondedores (61.7% vs 52.4%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.471$ ). El diagnóstico de herida penetrante fue más prevalente en pacientes no respondedores (61.7% vs 52.4%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.471$ ). El diagnóstico de fractura fue más prevalente en pacientes no respondedores (42.6% vs 38.1%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.730$ ). El diagnóstico de evisceración fue más prevalente en pacientes no respondedores (2.1% vs 0.0%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.501$ ). El diagnóstico de abdomen agudo fue más prevalente en pacientes respondedores (4.8% vs 2.1%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.553$ ). El diagnóstico de perforación de víscera hueca fue más prevalente en pacientes respondedores (4.8% vs 0.0%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.132$ ).

Gráfica 4: Comparativo de la categoría de ITV preoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen



La categoría de ITV preoperatorio de bajo fue más frecuente en pacientes respondedores (38.1% vs 17.0%) sin mostrar significancia la diferencia, de acuerdo a la prueba chi cuadrada ( $p=0.058$ ). La categoría de ITV preoperatorio de normal fue más frecuente en pacientes no respondedores (61.7% vs 57.1%) sin mostrar significancia la diferencia, de acuerdo a la prueba chi cuadrada ( $p=0.723$ ). La categoría de ITV preoperatorio de alto fue más frecuente en pacientes no respondedores (21.3% vs 4.8%) sin mostrar significancia la diferencia, de acuerdo a la prueba chi cuadrada ( $p=0.088$ ).

Cuadro 5: Comparativo de la categoría de ITV postoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Bajo	0	0.0%	0	0.0%	----
Normal	21	44.7%	19	90.5%	<0.0001
Alto	26	55.3%	2	9.5%	<0.0001
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

La categoría de ITV postoperatorio de bajo fue más frecuente en pacientes respondedores (38.1% vs 17.0%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.058$ ). La categoría de ITV postoperatorio de normal fue más frecuente en pacientes respondedores (90.5% vs 44.7%) siendo altamente significancia la diferencia ( $p<0.0001$ ). La categoría de ITV postoperatorio de alto fue más frecuente en pacientes no respondedores (55.3% vs 9.5%) siendo altamente significancia la diferencia ( $p<0.0001$ ).

Cuadro 6: Comparativo de la categoría de llenado capilar preoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Corto	0	0.0%	0	0.0%	----
Normal	24	51.1%	11	52.4%	0.920
Alargado	23	48.9%	10	47.6%	0.920
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

La categoría de llenado capilar preoperatorio de normal fue más frecuente en pacientes respondedores (52.4% vs 51.1%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.0920$ ). La categoría de llenado capilar preoperatorio de alargado fue más frecuente en pacientes no respondedores (48.9% vs 47.6%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.0920$ ).

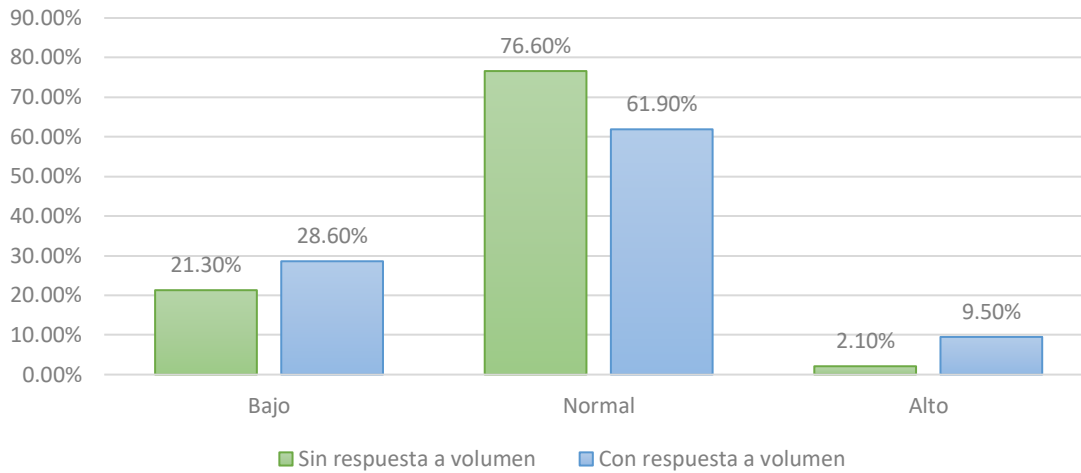
Cuadro 7: Comparativo de la categoría de llenado capilar postoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Corto	0	0.0%	0	0.0%	----
Normal	31	66.0%	14	66.7%	0.954
Alargado	16	34.0%	7	33.3%	0.954
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

La categoría de llenado capilar postoperatorio de normal fue más frecuente en pacientes respondedores (66.7% vs 66.0%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.954$ ). La categoría de llenado capilar postoperatorio de alargado fue más frecuente en pacientes no respondedores (34.0% vs 33.3%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.954$ ).

Gráfica 5: Comparativo de la categoría de gasto cardiaco (Fick) de los pacientes por respuesta a volumen



La categoría de gasto cardiaco (Fick) de bajo fue más frecuente en pacientes respondedores (28.6% vs 21.3%) sin mostrar significancia la diferencia, de acuerdo a la prueba chi cuadrada ( $p=0.512$ ). La categoría normal fue más frecuente en pacientes no respondedores (76.6% vs 61.9%) sin mostrar significancia la diferencia, de acuerdo a la prueba chi cuadrada ( $p=0.212$ ). La categoría alto fue más frecuente en pacientes respondedores (9.5% vs 2.1%) sin mostrar significancia la diferencia, de acuerdo a la prueba chi cuadrada ( $p=0.170$ ).

Cuadro 8: Comparativo de la categoría de distensibilidad de la vena yugular preoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Bajo	16	34.0%	9	42.9%	0.486
Normal	27	57.4%	11	52.4%	0.697
Alto	4	8.5%	1	4.8%	0.584
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

La categoría de distensibilidad de la vena yugular preoperatoria de bajo fue más frecuente en pacientes respondedores (42.9% vs 34.0%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.486$ ). La categoría de distensibilidad de la vena yugular preoperatoria de normal fue más frecuente en pacientes no respondedores (57.4% vs 52.4%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.697$ ). La categoría de distensibilidad de la vena yugular preoperatoria de alto fue más frecuente en pacientes no respondedores (8.5% vs 4.8%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.584$ ).

Cuadro 9: Comparativo de la categoría de distensibilidad de la vena yugular postoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Bajo	0	0.0%	0	0.0%	----
Normal	26	55.3%	20	95.2%	0.001
Alto	21	44.7%	1	4.8%	0.001
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

La categoría de distensibilidad de la vena yugular postoperatoria de normal fue más frecuente en pacientes respondedores (95.2% vs 55.3%) presentándose altamente significativa la diferencia ( $p<0.0001$ ).

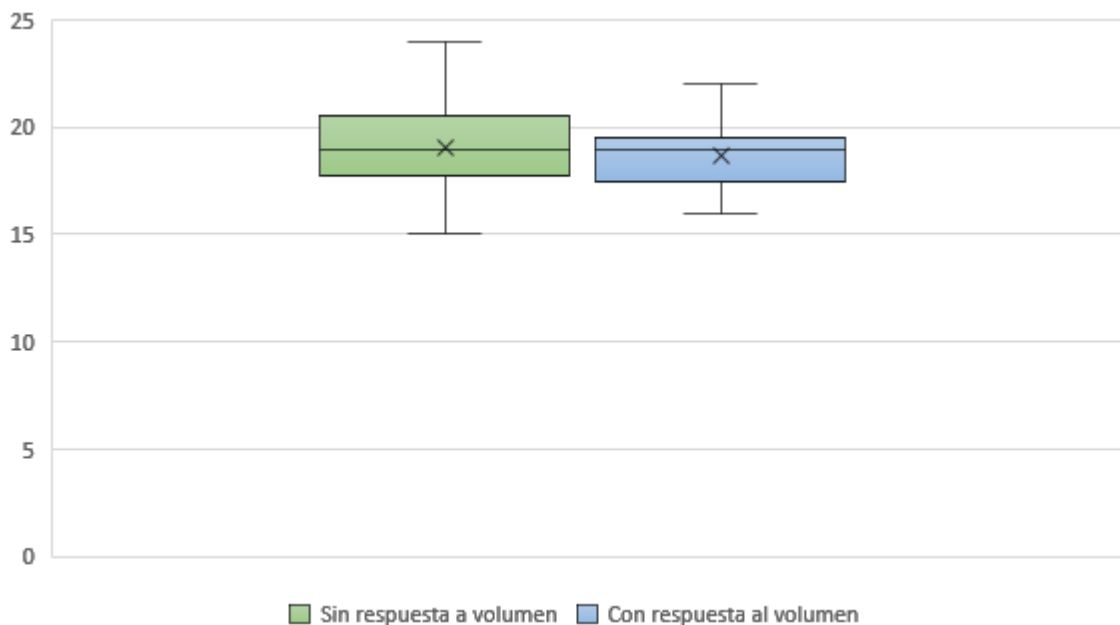
Cuadro 10: Comparativo de ITV preoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	Media	No Desviación estándar	Si Media	Si Desviación estándar	
ITV preoperatorio	16.53	2.35	15.10	2.49	0.025

\* Prueba T de Student

El valor de ITV preoperatorio tuvo una media mayor para pacientes no respondedores ( $16.53 \pm 2.35$  vs  $15.10 \pm 2.49$ ) presentándose significativa la diferencia ( $p=0.025$ ).

Gráfica 6: Comparativo de ITV postoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen



El valor de ITV postoperatorio tuvo una media mayor para pacientes no respondedores ( $20.77 \pm 2.66$  vs  $18.67 \pm 1.59$ ) presentándose significativa la diferencia de acuerdo a la prueba T de Student ( $p=0.001$ ).

Cuadro 11: Comparativo de llenado capilar preoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	Media	No Desviación estándar	Media	Si Desviación estándar	
Llenado capilar preoperatorio	3.81	1.38	3.95	1.47	0.698

\* Prueba T de Student

El valor de llenado capilar preoperatorio tuvo una media mayor para pacientes respondedores ( $3.95 \pm 1.47$  vs  $3.81 \pm 1.38$ ) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.698$ ).

Cuadro 12: Comparativo de llenado capilar postoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	Media	No Desviación estándar	Media	Si Desviación estándar	
Llenado capilar postoperatorio	3.89	1.01	3.76	1.22	0.642

\* Prueba T de Student

El llenado capilar postoperatorio tuvo una media mayor para pacientes no respondedores ( $3.89 \pm 1.01$  vs  $3.76 \pm 1.22$ ) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.642$ ).

Cuadro 13: Comparativo de gasto cardiaco de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Gasto cardiaco (Fick)	4416.17	532.94	4181.43	607.92	0.113

\* Prueba T de Student

El gasto cardiaco (Fick) tuvo una media mayor para pacientes no respondedores (4416.17±532.94 vs 4181.43±607.92) sin mostrar significancia la diferencia (p=0.113).

Cuadro 14: Comparativo de DVY preoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
DVY preoperatoria	71.21	23.19	68.05	23.92	0.608

\* Prueba T de Student

La DVY preoperatoria tuvo una media mayor para pacientes no respondedores (71.21±23.19 vs 68.05±23.92) sin mostrar significancia la diferencia (p=0.608).

Cuadro 15: Comparativo de DVY postoperatorio de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
DVY postoperatoria	95.98	19.19	90.24	6.53	0.187

\* Prueba T de Student

La DVY postoperatoria tuvo una media mayor para pacientes no respondedores ( $95.98 \pm 19.19$  vs  $90.24 \pm 6.53$ ) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.187$ ).

Cuadro 16: Comparativo de distensibilidad preoperatoria de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Distensibilidad preoperatoria	2.28	.48	2.60	.56	0.016

\* Prueba T de Student

La distensibilidad preoperatoria tuvo una media mayor para pacientes respondedores ( $2.60 \pm 0.56$  vs  $2.28 \pm 0.48$ ) presentando significancia la diferencia ( $p=0.016$ ).

Cuadro 17: Comparativo de distensibilidad postoperatoria de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Distensibilidad postoperatoria	2.14	.26	1.97	.43	0.051

\* Prueba T de Student

La distensibilidad preoperatoria tuvo una media mayor para pacientes respondedores ( $2.60 \pm 0.56$  vs  $2.28 \pm 0.48$ ) presentando significancia la diferencia ( $p=0.016$ ).

Cuadro 18: Comparativo de estado de los pacientes por respuesta a volumen

	Respuesta a volumen				Valor p*
	No		Si		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Vivo	44	93.6%	19	90.5%	0.647
Finado	3	6.4%	2	9.5%	
Total	47	100.0%	21	100.0%	

\* Prueba chi cuadrada

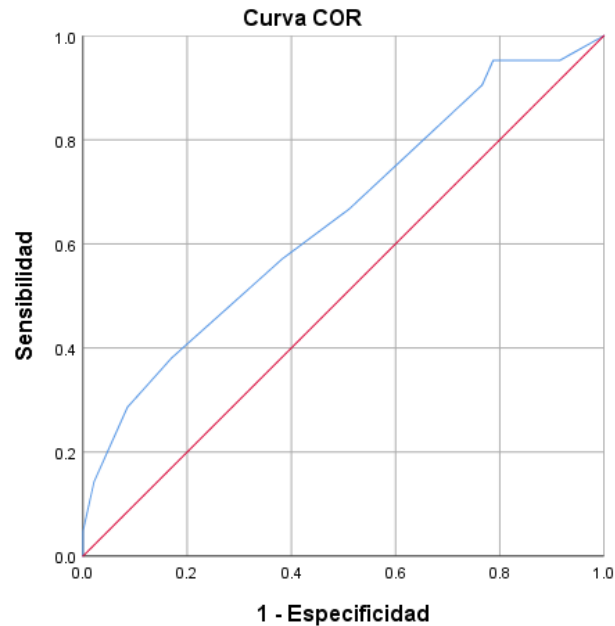
El estado del paciente de vivo fue más prevalente en pacientes no respondedores (93.6% vs 90.5%), y el estado finado fue más prevalente en pacientes respondedores (9.5% vs 6.4%) sin mostrar significancia la diferencia ( $p=0.647$ ).



preoperatoria	Sig. (bilateral)	.016	.473	.437	.314	.543	.711	.753	.871		.735
Distensibilidad postoperatoria	Correlación de Pearson	-.238	.087	.036	.005	-.061	.036	.017	.040	-.042	1
	Sig. (bilateral)	.051	.482	.772	.965	.620	.773	.891	.746	.735	

La respuesta a volumen tuvo correlaciones significativas con: ITV preoperatorio ( $r = -0.271$ ,  $p = 0.025$ ), ITV postoperatorio ( $r = -0.382$ ,  $p = 0.001$ ), y distensibilidad preoperatoria ( $r = 0.291$ ,  $p = 0.016$ ).

Gráfica 7: Curva ROC de ITV preoperatorio como predictor de respuesta a volumen



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Cuadro 20: Área bajo la curva ROC de ITV preoperatorio como predictor de respuesta a volumen

Área	Desv. Error <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
0.649	0.074	.050	0.505	0.794

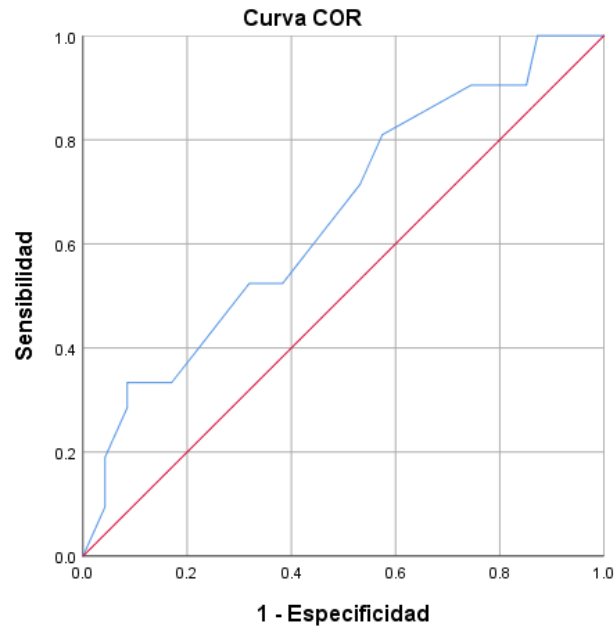
El análisis del área bajo la curva ROC indica un valor de 0.64 (IC 95% 0.50-0.79,  $p=0.050$ ) que lo posiciona como un predictor adecuado de la respuesta a volumen

Cuadro 21: Coordenadas de la curva ROC de ITV preoperatorio como predictor de respuesta a volumen

Positivo si es menor o igual que	Sensibilidad	Especificidad
9.00	.000	1
11.00	.048	1
12.50	.143	0.979
13.50	.286	0.915
14.50	.381	0.83
15.50	.571	0.617
16.50	.667	0.489
17.50	.905	0.234
18.50	.952	0.213
19.50	.952	0.17
20.50	.952	0.085
22.00	1.000	0

En el análisis de las coordenadas de la curva ROC se aprecia que el punto de corte óptimo para la ITV preoperatoria es de 15.50 con una sensibilidad de 0.57 y una especificidad de 0.61.

Gráfica 8: Curva ROC de distensibilidad preoperatoria como predictor de respuesta a volumen



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Cuadro 22: Área bajo la curva ROC de distensibilidad preoperatoria como predictor de respuesta a volumen

Área	Desv. Error <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
0.652	0.072	0.046	0.512	.793

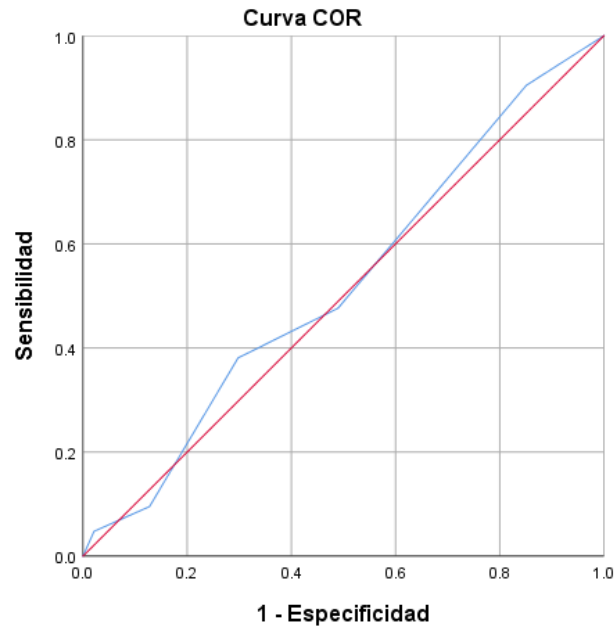
El análisis del área bajo la curva ROC indica un valor de 0.65 (IC 95% 0.51-0.79,  $p=0.046$ ) que lo posiciona como un predictor adecuado de la respuesta a volumen.

Cuadro 23: Coordenadas de la curva ROC de distensibilidad preoperatoria como predictor de respuesta a volumen

Positivo si es mayor o igual que	Sensibilidad	Especificidad
.200	1.000	0
1.350	1.000	0.021
1.550	1.000	0.085
1.650	1.000	0.106
1.750	1.000	0.128
1.900	.905	0.149
2.050	.905	0.255
2.150	.810	0.426
2.250	.714	0.468
2.350	.524	0.617
2.450	.524	0.681
2.550	.333	0.83
2.700	.333	0.872
2.950	.333	0.915
3.150	.286	0.915
3.300	.190	0.957
3.450	.095	0.957
4.500	.000	1

En el análisis de las coordenadas de la curva ROC se aprecia que el punto de corte óptimo para la distensibilidad preoperatoria es de 2.45 con una sensibilidad de 0.52 y una especificidad de 0.68.

Gráfica 9: Curva ROC de velocidad de llenado capilar preoperatorio como predictor de respuesta a volumen



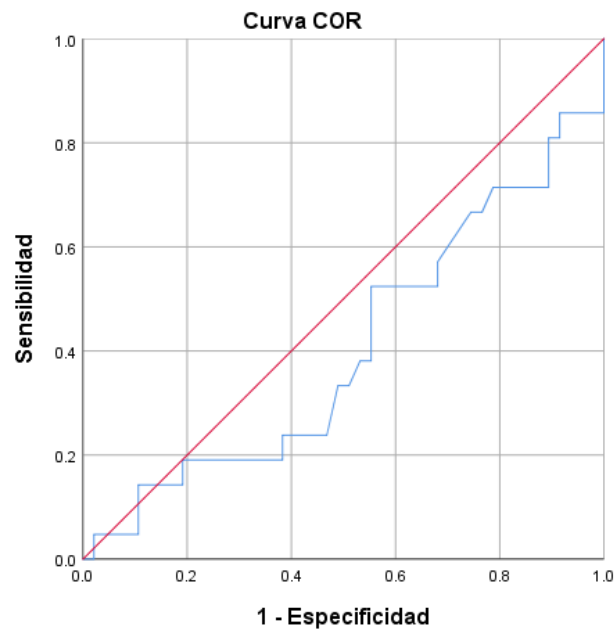
Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Cuadro 24: Área bajo la curva ROC de velocidad de llenado capilar preoperatorio como predictor de respuesta a volumen

Área	Desv. Error <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
.522	.076	.770	.374	.671

El análisis del área bajo la curva ROC indica un valor de 0.52 (IC 95% 0.37-0.67,  $p=0.770$ ) que lo posiciona como un mal predictor de la respuesta a volumen, por tal motivo no se calcularon las coordenadas de la curva ROC.

Gráfica 10: Curva ROC de Ley de Fick como predictor de respuesta a volumen



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Cuadro 25: Área bajo la curva ROC de velocidad de llenado capilar preoperatorio como predictor de respuesta a volumen

Área	Desv. Error <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
.403	.077	.205	.253	.554

El análisis del área bajo la curva ROC indica un valor de 0.40 (IC 95% 0.25-0.55,  $p=0.205$ ) que lo posiciona como un mal predictor de la respuesta a volumen, por tal motivo no se calcularon las coordenadas de la curva ROC.

## DISCUSIÓN

Para la población en estudio, la media de la edad fue  $33.63 \pm 10.49$  años, lo cual resulta menor a diversos estudios realizados, Ma et al. halló una mediana de edad de 64 años [RIQ 59–70] (12). De manera similar el estudio de Pérez et al. mostró una edad media de 55 años, rango de edad: 42-65 años (14).

Para la población en estudio predominaron los hombres representando el 83.8%. Esta mayor frecuencia de hombres es concordante con el estudio realizado por Ma et al. donde predominó el sexo masculino 55 (85%) (12). También en el estudio de Pérez et al., la mayoría de los pacientes fueron hombres (60%) (14).

Para la población en estudio predominó la comorbilidad de hipertensión arterial representando el 54.4%, lo cual resulta plenamente concordante a lo reportado por Ma et al., donde la comorbilidad más frecuente fue hipertensión arterial  $n=39$  (60%), seguido de diabetes mellitus  $n=15$  (23%) (12). De manera muy similar, Pérez et al. encontró que las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión arterial (42%), diabetes mellitus (20%) e insuficiencia cardíaca (30%) (14).

En la población en estudio la solución administrada más frecuentemente fue hemoderivados representando el 39.7%. Este resultado es controvertido, ya que el uso de una u otra terapia hídrica se ve altamente influenciada por el entorno clínico; mientras que, en un entorno de recursos limitados, todavía se recomienda el uso de soluciones cristaloides más baratas debido a la falta de datos que muestren beneficios significativos en los resultados de los coloides sintéticos más caros. A menudo no se dispone de una selección de diferentes soluciones cristaloides en entornos con recursos limitados, lo que hace que la solución disponible sea la única y mejor opción (17).

Las causas del trauma en los pacientes fueron de mayor a menor frecuencia: TCE (58.8%), fractura (41.2%), herida penetrante (23.5%), abdomen agudo (2.9%), y evisceración y perforación de víscera hueca (1.5% respectivamente). Este hallazgo

se encuentra en discordancia al estudio de Parra et al. quien refiere que, en cuanto al mecanismo del traumatismo en un Hospital de Guadalajara, el 39.7% fueron por arma blanca, el 33% por traumatismo abdominal contuso y el 27.3% por arma de fuego (18).

En el presente estudio, la respuesta a volumen se presentó en el 30.9% de pacientes. Respecto a lo cual existen variaciones importantes entre los estudios previos, Ma et al. reportó que, de todos los pacientes sometidos a cirugía cardiaca, hubo 28 (43.1%) que respondieron a fluidos, y 37 (56.9%) no respondieron (12). En otro estudio con resultados discordantes al presente estudio, Wang et al. reportaron los resultados de 44 test de expansión de volumen en 44 pacientes (54.4%) con shock séptico con capacidad de respuesta en 24 pacientes y falta de respuesta en 20 (45.45%) pacientes (19).

Antes de la discusión de las pruebas analizadas para predecir la respuesta a fluidos, se debe hacer énfasis en el hecho que la administración de líquidos en pacientes con insuficiencia circulatoria aguda (como lo son pacientes quirúrgicos) plantea un problema doble. En primer lugar, solo la mitad de estos pacientes responden a la administración de líquidos con un aumento significativo del gasto cardíaco. En segundo lugar, un balance de líquidos positivo es un factor de mal pronóstico que aumenta la mortalidad independientemente de otros índices de gravedad en el shock séptico, así como en el síndrome de dificultad respiratoria aguda. Por lo tanto, se han desarrollado algunas pruebas dinámicas para predecir la respuesta a los fluidos antes de administrarlos (20).

En el presente estudio la Ley de Fick no mostró utilidad como predictor de respuesta a fluidos. Este resultado se explica por el hecho que los diferentes estudios han proporcionado varias definiciones de respuesta a los fluidos. Teniendo en cuenta la curva de Frank-Starling, el cambio en el índice de volumen sistólico puede ser un indicador razonable de la respuesta a los líquidos. Sin embargo, considerando la perfusión general y el suministro de oxígeno, la evaluación del aumento del gasto

cardíaco puede ser más adecuada. La frecuencia cardíaca puede cambiar después de la carga de líquidos. Los respondedores a fluidos pueden cambiar a no respondedores según el parámetro que se utilice para determinar la capacidad de respuesta a los fluidos. En consecuencia, debe reconsiderarse la definición de capacidad de respuesta a los fluidos (21).

En otro hallazgo de este estudio, los únicos marcadores preoperatorios que se mostraron con diferencias estadísticas entre pacientes respondedores y no respondedores fueron ITV que tuvo una media mayor para pacientes no respondedores ( $16.53 \pm 2.35$  vs  $15.10 \pm 2.49$ ,  $p=0.025$ ) y la distensibilidad que tuvo una media mayor para pacientes respondedores ( $2.60 \pm 0.56$  vs  $2.28 \pm 0.48$ ,  $p=0.016$ ). Además, la respuesta a volumen tuvo correlaciones significativas con: ITV preoperatorio ( $r= -0.271$ ,  $p=0.025$ ) y distensibilidad preoperatoria ( $r= 0.291$ ,  $p=0.016$ ). La ITV tuvo un AUC 0.64 (IC 95% 0.50-0.79,  $p=0.050$ ) y el punto de corte óptimo para la ITV preoperatoria es de 15.50 con una sensibilidad de 0.57 y una especificidad de 0.61. Mientras que el otro parámetro correlacionado con la respuesta a fluidos fue la distensibilidad con un AUC de 0.65 (IC 95% 0.51-0.79,  $p=0.046$ ) que lo posiciona como un predictor adecuado de la respuesta a volumen.

Respecto al uso de la distensibilidad venosa, durante mucho tiempo se ha propuesto la variación en el diámetro de la vena cava para la detección de la dependencia de la precarga en pacientes con ventilación mecánica. La ventaja de este índice es que se puede obtener fácilmente mediante ecografía cardíaca transtorácica, sin necesidad de una gran experiencia en ecografía. Por el contrario, la colapsabilidad de la vena cava superior requiere una ecografía transesofágica, que requiere más experiencia. La distensibilidad de la vena cava lamentablemente comparte con la variación respiratoria de la presión de pulso y el volumen de choque el hecho de que no se puede utilizar cuando el volumen tidal es bajo, como se ha demostrado recientemente, cuando la distensibilidad pulmonar es baja y cuando hay respiración espontánea. La hipertensión intraabdominal reduce considerablemente la fiabilidad

de este índice. Además, publicaciones recientes han confirmado la baja confiabilidad de estos índices de respuesta a fluidos (22).

Sin embargo, diversos estudios, concordando con el presente estudio, han reportado una utilidad de este indicador ecográfico. Moretti et al. reportaron la utilidad de la distensibilidad de la vena cava inferior como indicador de precarga dinámica en pacientes con hemorragia subaracnoidea bajo ventilación mecánica. Un valor de distensibilidad de la vena cava inferior  $>16\%$  produjo el balance más favorable de las características de la prueba, con una sensibilidad del  $70.59\%$  y una especificidad del  $100\%$  (23).

Guarracino et al. reportó que los pacientes respondedores presentaron mayor distensibilidad de la vena yugular interna antes de la expansión de volumen que los no respondientes ( $P = 0.0001$ ). Esta diferencia se perdió después de la prueba de volumen ( $P = 0.07$ ). Los que respondieron tuvieron una reducción significativa de la distensibilidad de la vena yugular interna desde el inicio hasta la expansión posterior al volumen ( $P = 0.0001$ ) que no se observó en los no respondientes ( $P = 0.26$ ) (24).

También Yao et al. encontró que el índice de distensibilidad del diámetro de la vena cava inferior del área subxifoidea, el índice de distensibilidad del diámetro de la vena cava inferior desde la línea medioaxilar derecha, el índice de distensibilidad de área de la vena cava inferior y la tasa de diámetro de la vena cava inferior fueron mayores en los respondedores que en los que no respondieron ( $P < 0.01$ ) (25).

Pereira et al. por medio de un estudio prospectivo evaluó a pacientes quirúrgicos adultos antes y después de ser sometidos a ventilación mecánica. Halló una buena correlación entre la variación de la presión del pulso e índice de contractilidad de la vena cava inferior ( $R^2=0.71$ ;  $p < 0.001$ ) y entre variación de la presión del pulso e índice de distensibilidad de la vena cava inferior ( $R^2=0.79$ ;  $p < 0.001$ ). El área bajo la curva ROC fue de  $0.98$  para índice de contractilidad de la vena cava inferior (IC

95%: 0.81-0,99;  $p < 0.001$ ) y de 0.88 para el índice de distensibilidad de la vena cava inferior (IC 95%: 0.67-0.98;  $p < 0.001$ ) (26).

Yao et al. realizó un estudio observacional prospectivo en la unidad de cuidados intensivos entre diciembre de 2017 y marzo de 2018. Se inscribieron 67 pacientes ventilados mecánicamente y recibieron seguimiento ecográfico. Se halló que el índice de distensibilidad tuvo un AUC de 0.749; el punto de corte de 10.2% tuvo una sensibilidad de 40.0% y una especificidad del 97.3% (27).

Finalmente, Barbier et al. reclutó veintitrés pacientes con insuficiencia circulatoria aguda relacionada con sepsis y ventilados mecánicamente debido a una lesión pulmonar aguda fueron incluidos; se determinó que utilizando un umbral de índice de distensibilidad de la vena cava inferior del 18 %, se discriminó a los que respondieron y a los que no respondieron con una sensibilidad del 90 % y una especificidad del 90 %. Se observó una fuerte relación ( $r = 0.9$ ) entre el índice de distensibilidad de la vena cava inferior al inicio y al aumento del índice cardiaco después de la expansión del volumen sanguíneo (28).

En general se aprecia que el uso de la distensibilidad es un indicador muy adecuado para predecir la respuesta a fluidos, son embargo las variaciones la sensibilidad y especificidad se explican por las diferencias en la operacionalización de la respuesta a fluidos, por ello la necesidad de analizar estos parámetros en función de los indicadores utilizados en cada hospital.

En lo que respecta a la ITV, se ha demostrado que las variables ecocardiográficas derivadas de  $\Delta$ ITV ayudan a diferenciar entre respondedores y no respondedores tanto en adultos como en niños. Hipotéticamente, dado que el ITV no es solo un sustituto sino una medida directa del volumen sistólico, el poder predictivo de la  $\Delta$ ITV debería ser al menos comparable con el de la Variación del Volumen Sistólico, y el cambio en la velocidad pico del flujo sanguíneo como sustituto del volumen sistólico debería ser comparable con la variación de la presión de pulso (29).

De manera similar al presente estudio, el estudio de Monnet et al. (6) reportó que una disminución en la integral de tiempo de velocidad de más del 5 % durante una retención al final de la inspiración fue capaz de detectar pacientes que respondían a la precarga. Cuando se agregaron los efectos de las pausas al final de la espiración y al final de la inspiración (en valores absolutos), identificaron una respuesta a los fluidos con una sensibilidad o especificidad que no fue superior a ninguna de las pruebas de oclusión tomadas por separado, pero con un umbral del 15 %.

Jozwiak et al. en el año 2018 demostraron que un aumento  $\geq 5$  % o  $\geq 9$  % en la integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo inducido por una retención espiratoria de 15 o 12 segundos podría predecir de manera confiable la respuesta a los líquidos. Sin embargo, el valor umbral del 5% estuvo muy cerca de la variabilidad intraobservador para la medida integral velocidad-tiempo. En otras palabras, la predicción de la capacidad de respuesta de los fluidos a partir de los cambios en la integral de velocidad-tiempo durante una oclusión al final de la espiración podría estar limitada por la precisión de la ecocardiografía (30).

También Jozwiak et al. en el año 2017 encontró que la respuesta a los líquidos se predijo mediante un aumento del ITV mayor o igual al 5 % durante la prueba de oclusión al final de la espiración con una sensibilidad del 93 % (IC 95 %, 68–100 %) y una especificidad del 100 % (IC 95 %, 78–100%) (20).

Favia et al. en el año 2017 reportó que la delta de la variación integral velocidad-tiempo del ventrículo izquierdo y la variación de la presión de pulso mostraron los valores predictivos más altos, con área bajo las curvas ROC de 0.76 ( $p = 0.049$ ) y 0.76 ( $p = 0.045$ ), respectivamente (13).

## CONCLUSIONES

La edad media de edad de  $33.63 \pm 10.49$  años, de sexo masculino 83.38%, predominó la comorbilidad de hipertensión arterial (54.4%), diferenciados a 47% de pacientes catalogados como ASA 3 y 23% como ASA 4, en cuanto a la reanimación hídrica con uso de soluciones cristaloides en un 24%, hemoderivados entre los cuales se incluían concentrados eritrocitarios y plasma fresco congelado 27% y una reanimación combinada con 17%. El 30.9% presentaron respuesta al volumen; al comparar edad, sexo, ASA, diagnóstico se halló que no hubo diferencias entre pacientes que respondieron y quienes no respondieron a volumen ( $p > 0.05$ ), los pacientes respondedores tuvieron mayormente manejo con cristaloides (57.1% vs 25.5%,  $p = 0.012$ ), menor ITV preoperatorio ( $15.10 \pm 2.49$  vs  $16.53 \pm 2.35$ ,  $p = 0.025$ ), menor ITV postoperatorios ( $18.67 \pm 1.59$  vs  $20.77 \pm 2.66$ ,  $p = 0.001$ ), y mayor distensibilidad preoperatoria ( $2.60 \pm 0.56$  vs  $2.28 \pm 0.48$ ,  $p = 0.016$ ). La respuesta a volumen tuvo correlaciones significativas con: ITV preoperatorio ( $r = -0.271$ ,  $p = 0.025$ ) y distensibilidad preoperatoria ( $r = 0.291$ ,  $p = 0.016$ ). La distensibilidad tuvo un AUC 0.65 (IC 95% 0.51-0.79,  $p = 0.046$ ) y el ITV tuvo un AUC de 0.64 (IC 95% 0.50-0.79,  $p = 0.050$ ) que lo posiciona como un predictor adecuado de la respuesta a volumen.

Posterior al análisis de los resultados obtenidos, se concluye que el uso de ITV y la distensibilidad venosa yugular se muestran como predictores adecuados de respuesta a volumen en pacientes postoperados. En el análisis predictivo, la distensibilidad preoperatoria mostró una capacidad predictiva mayor a la del ITV preoperatorio.

Sin embargo, resulta esencial el desarrollo de estudios en nuestro hospital que sean capaces de corroborar los resultados obtenidos e incluso de extrapolarlos a otras áreas de atención dónde se requiera evaluar la respuesta a la fluidoterapia.

## Anexos

Hoja de recolección de datos

Hospital General de Zona Norte

Protocolo: Comparación de la utilidad del ITV clínicos, ley de Fick con ITV cardiaco como predictores de respuesta a volumen en el posoperatorio

Folio	
Nombre	
Fecha de nacimiento	
Sexo	<input type="checkbox"/> Hombre <input type="checkbox"/> Mujer
Edad	
Comorbilidades	<input type="checkbox"/> HAS <input type="checkbox"/> DM <input type="checkbox"/> Obesidad <input type="checkbox"/> Artritis reumatoide <input type="checkbox"/> Hipotiroidismo <input type="checkbox"/> Enfermedad Renal Crónica
Reanimación previa al evento quirúrgico	<input type="checkbox"/> = si <input type="checkbox"/> = no
Uso de hemocomponentes	<input type="checkbox"/> = Concentrado eritrocitario <input type="checkbox"/> = Plasma fresco congelado <input type="checkbox"/> = Crioprecipitado <input type="checkbox"/> = aféresis plaquetaria <input type="checkbox"/> = concentrado plaquetario <input type="checkbox"/> = sangre total <input type="checkbox"/> = otro
Presión Arterial Media prequirúrgica	mmHg
Presión Arterial Media posquirúrgica	mmHg
Vasopresor	<input type="checkbox"/> = si <input type="checkbox"/> = no
ITV	cm
Saturación venosa central	%
Patrón hemodinámico (Fick)	<input type="checkbox"/> = hiperdinámico <input type="checkbox"/> = hipodinámico <input type="checkbox"/> =hipovolémico



Secretaría  
de Salud

Gobierno de Puebla



**COMITÉ DE INVESTIGACIÓN DEL HGZNP "BI"**  
**ASUNTO: AUTORIZACION IMPRESIÓN DE TESIS**

**DRA. LIS ROSALES BÁEZ**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO FMBUAP**  
**P R E S E N T E.**

Por Medio del presente, hago de su conocimiento que el C. Manuel Alejandro López Rossini, Médico Residente de la Especialidad de Anestesiología, realizó su Tesis con título: "ULTRASONOGRAFÍA COMO PREDICTOR DINÁMICO A RESPUESTA A VOLUMEN EN PACIENTE QUIRÚRGICOS, DURANTE EL PROCEDIMIENTO ANESTÉSICO", realizado en el Hospital General Zona Norte de Puebla, "Bicentenario de la Independencia", bajo la dirección del Dr. Jorge Alberto Gordillo Paniagua y Dra. María Elena Luna Ruiz, ha sido revisada en su contenido y estructura, por lo que se autoriza para su impresión.

Sin más por el momento y agradeciendo su apoyo, le envío un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**

**H. PUEBLA DE ZARAGOZA A 03 DE NOVIEMBRE DE 2023**  
**"SUFRAGIO EFECTIVO, NO REELECCIÓN"**



**DR. CARLOS AUGUSTO GUTIERREZ**  
**SANTIAGO**  
**JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN**  
**HGZNP "BI"**

**Dra. María Elena Luna Ruiz**  
**Col. Prof. 3503827**  
**Secretaría de Salud**  
**Enseñanza**  
**HGZNP "BI"**  
**VokBo**

**DRA. MARIA ELENA LUNA RUIZ**  
**PRESIDENTE DEL COMITÉ DE**  
**INVESTIGACION**  
**DEL HGZNP "BI"**

**DR. JORGE ALBERTO GORDILLO PANIAGUA**  
**ASESOR EXPERTO**

**Dra. María Elena Luna Ruiz**  
**Col. Prof. 3503827**  
**Secretaría de Salud**  
**Enseñanza**  
**HGZNP "BI"**

**DRA. MARIA ELENA LUNA RUIZ**  
**ASESOR METODOLÓGICO**

## Referencias:

- 1.- Le Dran HF. Traité ou réflexions tirées de la pratique sur les playes d'armes à feu. Paris: Ch. Osmont 2. Gross, S.G 1737.
- 2.- Gross SD. A System of Surgery: Pathological, Diagnostic, Therapeutic and Operative. Philadelphia: Lea & Febiger 1859
- 3.- Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). JAMA 2016; 315(8):801
- 4.- Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2021. Critical Care Medicine 2021; 49(11):e1063
- 5.- Boehm D, Menke H. A History of Fluid Management—From “One Size Fits All” to an Individualized Fluid Therapy in Burn Resuscitation. Medicine 2021; 57(2):187
- 6.- Monnet X, Marik PE, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. Ann Intensive Care 2016; 6:111
- 7.- Mesquida J, Borrat X, Lorente JA, et al. Objetivos de la reanimación hemodinámica. Med Intensiva 2011; 35(8):499-508
- 8.- Dong WH, Yan WQ, Song X, et al. Fluid resuscitation with balanced crystalloids versus normal saline in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2022; 30(1):28.
- 9.- Sabatier C, Monge I, Maynar J, et al. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. Medicina Intensiva 2012; 36(1):45-55.
- 10.- Warren JC. Surgical Pathology and Therapeutics. Philadelphia: Lea & Febiger 1895.
- 11.- Blalock A. Principles of Surgical Care, Shock and other Problems. St Louis: CV Mosby Co 1940
- 12.- Ma GG, Xu LY, Luo JC, et al. Change in left ventricular velocity time integral during Trendelenburg maneuver predicts fluid responsiveness in cardiac surgical patients in the operating room. Quant Imaging Med Surg. 2021; 11(7):3133–3145

- 13.- Favia I, Romagnoli S, Di Chiara L, et al. Predicting Fluid Responsiveness in Children Undergoing Cardiac Surgery After Cardiopulmonary Bypass. *Pediatr Cardiol* 2017; 38:787–793
- 14.- Pérez A, García E, Gopar R, et al. Usefulness of the velocity–time integral of the left ventricular outflow tract variability index to predict fluid responsiveness in patients undergoing cardiac surgery. *Echo Res Pract* 2023; 10(1):9
- 15.- Wang J, Zhou D, Gao Y, et al. Effect of VTILVOT variation rate on the assessment of fluid responsiveness in septic shock patients. *Medicine (Baltimore)* 2020; 99(47):e22702
- 16.- Huang D, Ma J, Wang S, et al. Changes of cardiac output and velocity time integral in blood return at the end of renal replacement therapy predict fluid responsiveness in critically ill patients with acute circulatory failure. *BMC Anesthesiology* 2023; 23:25
- 17.- Wise R, Faurie M, Malbrain MLNG, et al. Strategies for Intravenous Fluid Resuscitation in Trauma Patients. *World J Surg* 2017; 41(5):1170-1183
- 18.- Parra G, Contreras G, Orozco D, et al. Trauma abdominal: experiencia de 4961 casos en el occidente de México. *Cir Cir.* 2019; 87:183-189
- 19.- Wang J, Zhou D, Gao Y, et al. Effect of VTILVOT variation rate on the assessment of fluid responsiveness in septic shock patients. *Medicine (Baltimore)* 2020; 99(47):e22702
- 20.- Jozwiak M, Depret F, Teboul JL. Predicting Fluid Responsiveness in Critically Ill Patients by Using Combined End-Expiratory and End-Inspiratory Occlusions With Echocardiography. *Crit Care Med* 2017; 45(11):e1131-e1138
- 21.- Lee JH, Kim EH, Jang YE. Fluid responsiveness in the pediatric population. *Korean J Anesthesiol* 2019; 72(5):429-440
- 22.- Monnet X, Shi R, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness. What's new? *Annals of Intensive Care* 2022; 12:46
- 23.- Moretti R, Pizzi B. Inferior Vena Cava Distensibility as a Predictor of Fluid Responsiveness in Patients with Subarachnoid Hemorrhage. *Neurocrit Care* 2010; 13:3–9

- 24.- Guarracino, F., Ferro, B., Forfori, F. (2014) Jugular vein distensibility predicts fluid responsiveness in septic patients. *Critical Care*, 18, 647
- 25.- Yao B, Liu JY, Sun YB. The value of the inferior vena cava area distensibility index and its diameter ratio for predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated patients. *Shock* 2019; 52(1):37-42
- 26.- Pereira RM, da Silva AJLC, Faller J, et al. Comparative Analysis of the Collapsibility Index and Distensibility Index of the Inferior Vena Cava Through Echocardiography with Pulse Pressure Variation That Predicts Fluid Responsiveness in Surgical Patients: An Observational Controlled Trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2020; 34(8):2162-2168
- 27.- Yao B, Liu J, Sun Y, et al. THE VALUE OF THE INFERIOR VENA CAVA AREA DISTENSIBILITY INDEX AND ITS DIAMETER RATIO FOR PREDICTING FLUID RESPONSIVENESS IN MECHANICALLY VENTILATED PATIENTS. *Shock* 2019; 52(1):37-42
- 28.- Barbier C, Loubières Y, Schmit C, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004; 30(9):1740-1746
- 29.- Renner, J., Broch, O., Gruenewald, M. (2011) Non-invasive prediction of fluid responsiveness in infants using pleth variability index. *Anaesthesia*, 66, 582–589
- 30.- Jozwiak, M., Monnet, X., Teboul, J.L. (2018) Prediction of fluid responsiveness in ventilated patients. *Ann Transl Med*, 6(18), 352