



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD  
"BICENTENARIO 2010"**

**"EVALUACIÓN DE LA FLUIDOTERAPIA EN EL  
POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA CARDIACA"**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL:  
**TÍTULO DE ESPECIALISTA**

EN:  
**MEDICINA CRÍTICA**

PRESENTA:  
**GLADIS LUCIA ARCOS LÓPEZ**

TUTOR:  
**DR. JOSÉ ANTONIO VILLALOBOS SILVA**

ASESOR:  
**DR. OBED ISAÍ AGUILERA OLVERA**

CIUDAD VICTORIA, TAMAULIPAS. AGOSTO 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD “BICENTENARIO 2010”

**“EVALUACIÓN DE LA FLUIDOTERAPIA EN EL  
POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA CARDIACA”**

**INVESTIGADORES:**

**ALUMNO:**

Gladis Lucia Arcos López  
Residente de 2do año de Medicina Crítica. Unidad de Cuidados Intensivos.  
Hospital Regional de Alta Especialidad “Bicentenario 2010”  
Teléfono: 9161161367  
Correo electrónico: [aslan\\_gl7@hotmail.com](mailto:aslan_gl7@hotmail.com)

**TUTOR:**

José Antonio Villalobos Silva  
Médico adscrito  
Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional de Alta Especialidad  
“Bicentenario 2010”  
Teléfono celular: 8341411566  
Correo electrónico: [umae\\_abc@yahoo.com.mx](mailto:umae_abc@yahoo.com.mx)

**ASESOR:**

Obed Isaí Aguilera Olvera  
Maestría en Ciencias Médicas  
Hospital Regional de Alta Especialidad “Bicentenario 2010”  
Teléfono celular: 8341186350  
Correo electrónico: [obedaquilera@hotmail.com](mailto:obedaquilera@hotmail.com)

# ÍNDICE

RESÚMEN .....	4
MARCO TEÓRICO.....	6
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	15
HIPÓTESIS .....	16
OBJETIVOS .....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	19
CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	20
VARIABLES DE INTERÉS.....	21
RECURSOS .....	23
ASPECTOS ÉTICOS .....	24
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN .....	33
CONCLUSIÓN .....	35
REFERENCIAS.....	36

## **RESÚMEN**

### Introducción

Una de las intervenciones terapéuticas más comunes en la unidad de cuidados intensivos y en el perioperatorio es la fluidoterapia intravenosa. Existe una variedad de soluciones intravenosas a infundir, entre las más comunes destacan los cristaloides y los coloides, ambas necesarias para mantener el volumen intravascular. Se ha documentado que no solo es el pilar de la reanimación intravascular, presenta además una característica vital en pacientes hospitalizados, pues logra mantener la perfusión del órgano diana, siempre que la fluidoterapia sea individualizada, regida por hemodinamia y supervisada en la práctica clínica. Guiar el manejo de líquidos permite así, mantener la integridad del endotelio, preservando la función del glucocálix, evitando la acumulación de líquidos fuera del espacio intravascular y conservando el equilibrio entre los gradientes de presión hidrostática-oncótica. Los pacientes críticamente enfermos y postoperados de cirugía cardíaca presentan respuesta inflamatoria cruenta por lesión vascular directa, ocasionada por la circulación extracorpórea empleada durante el perioperatorio que daña la barrera endotelial, destruye el glucocálix y fractura uniones endoteliales, resultando en un incremento de la permeabilidad endotelial. Por lo anterior, los líquidos intravenosos se deben de considerar como fármacos que tienen sus indicaciones, contraindicaciones y efectos adversos.

### **Objetivo**

Evaluar el efecto del balance hídrico en pacientes postoperados de cirugía cardíaca.

### **Metodología**

Se incluyeron 50 expedientes de los pacientes hospitalizados con diagnóstico de postoperados de cirugía cardíaca, hombres y mujeres, mayores de 18 años, ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, independientemente del tipo de cirugía realizada: cirugía de revascularización coronaria, cirugía de cambio valvular (incluyó cambio valvular único, doble y triple) y cirugías cardíacas por

enfermedad congénita sometidos a circulación extracorpórea en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria “Bicentenario 2010”, durante el período comprendido entre el 01 de enero del 2015 hasta el 30 de junio de 2023 y que cumplieran con los criterios de selección. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. En todos los casos se determinaron variables demográficas y clínicas. Se determinaron los balance hídricos diarios y acumulados. Se realizaron pruebas de correlación (R se Spearman) y de asociación con odds ratio.

### **Resultados:**

Se incluyeron un total de 50 pacientes postoperados de cirugía cardíaca que cumplieran con los criterios de inclusión. Pacientes con balance positivo tras 24 horas en UCI, la media de horas en ventilación mecánica resultó en 22, con desviación estándar de  $\pm 29.8$ , con un máximo de 144 horas. Se determinaron los OR para establecer correlación entre las horas de ventilación mecánica y el balance hídrico neutro con un odds ratio de 1.36 (IC 95% 0.42 – 4.45,  $p= 0.227$ ). Complicaciones postoperatorias predominaron las infecciones y dehiscencias de heridas.

### **Conclusión:**

De acuerdo con el objetivo primario, nuestro estudio retrospectivo observacional no encontró correlación significativa ( $r_s= 0.028$ ) en la determinación de los balances hídricos en las primeras 24 horas del postoperatorio respecto a los días de ventilación mecánica. Se determinó una débil asociación entre los balances neutros y tiempo de ventilación mecánica a las 6 horas, odds ratio de 1.32 (IC 95% 0.42 – 4.45,  $p= 0.227$ ). Tampoco se encontró asociación de los balances negativos y la duración menor a seis horas de la ventilación mecánica en la UCI con odds ratio de 0.69 (IC 95% 0.309 – 1.541,  $p= 0.867$ ). Las complicaciones se presentaron con mayor frecuencia fueron la presencia de infecciones y dehiscencia de heridas.

**PALABRAS CLAVE:** Cirugía cardíaca, fluidoterapia, balance hídrico.

## MARCO TEÓRICO

### Introducción.

La administración de líquidos intravenosos es una de las intervenciones terapéuticas más comunes en la unidad de cuidados intensivos, que se asocian a efectos deletéreos cuando se administran de manera excesiva influyendo en los resultados clínicos.<sup>1</sup> El manejo efectivo de líquidos para tratar y prevenir la hipo e hipervolemia y el uso de fármacos vasoactivos para la disfunción cardíaca, son esenciales para mantener un suministro adecuado de oxígeno (DO<sub>2</sub>) y prevenir la acumulación de líquidos y sus consecuencias.<sup>2</sup>

Por lo anterior, se han implementado estrategias que guían el uso juicioso de los líquidos intravenosos. El concepto actual sobre la fluidoterapia se centra en las siguientes premisas: en las 4 D: fármaco (drug) duración, dosis y desescalada, en las 4 preguntas sobre cuando empezar y detener la fluidoterapia y cuando comenzar y suspender la eliminación de líquido, las 4 principales indicaciones que son la reanimación, reemplazo, mantenimiento y nutrición y el modelo conceptual de ROSE que describe las 4 fases de la fluidoterapia: reanimación, optimización, estabilización y evacuación.<sup>1</sup>

Las 4 D de la fluidoterapia considera a las soluciones intravenosas como cualquier otro fármaco que tienen las siguientes propiedades: 1) es un medicamento con indicaciones, contraindicaciones y efectos secundarios, 2) dosificación del volumen y contenido de los líquidos, 3) duración y velocidad de la administración y 4) desescalada que consiste en detener y eliminar el suministro de fluidos.<sup>3</sup>

Las principales indicaciones para la administración de soluciones intravenosas deben alcanzar los siguientes objetivos: reanimación, reemplazo, mantenimiento y nutrición. Los líquidos de reanimación se usan para restaurar el volumen intravascular e hipovolemia aguda, los de reemplazo tienen la finalidad de compensar las pérdidas de líquidos externos, los de mantenimiento se deben indicar en pacientes hemodinámicamente estables y aportar apoyo nutricional para la función celular incluyendo electrolitos básicos y glucosa para las necesidades

metabólicas.<sup>4</sup> Además, se deben de considerar cuantificar los líquidos administrados como diluyentes de fármacos, que recientemente se ha denominado deslizamiento de líquidos.<sup>5</sup>

El modelo conceptual de ROSE, se basa en los principios de reanimación de pacientes con shock séptico: reanimación, optimización, estabilización y evacuación. En la fase de reanimación el objetivo es corregir la hipotensión sistémica, en la fase de optimización mejorar el suministro de oxígeno a los tejidos, en la estabilización los pacientes se encuentran hemodinámicamente estables y se debe restringir la administración de líquidos y por último en la evacuación las intervenciones están dirigidas a la eliminación de líquidos.<sup>6</sup> Solo el 6% de los líquidos administrados deben ser encaminados a la reanimación, el 25% para el mantenimiento, para la nutrición el 33% y para la administración de medicamentos el 33%.<sup>1</sup>

Existe una gama de soluciones con diferentes compuestos tales como los cristaloides y coloides, balanceadas y no balanceadas, sintéticos y derivados de sangre, intravenosas y orales. Sin embargo, la solución ideal debe tener como principal objetivo conservar el volumen de sangre circulante efectivo evitando la sobrecarga hídrica, preservando un equilibrio entre los fluidos infundidos.<sup>3</sup> Las soluciones que cumplen con estas características son las balanceadas que incluyen cristaloides y coloides con un efecto mínimo en la homeostasis en el compartimento extracelular, sobre todo en el equilibrio ácido base y en los electrolitos.<sup>7</sup>

Existen dos categorías de las soluciones balanceadas: los que causan efecto mínimo sobre el equilibrio ácido base con una diferencia de iones fuertes cercanas a 24-29 mEq/L y los líquidos que tiene un contenido de cloro normal o subnormal (<110 mEq/L).<sup>3</sup> En cuanto al equilibrio ácido base de los fluidos, existen tres componentes que lo regulan y son la presión parcial de dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>), la concentración de ácidos no volátiles y la diferencia de iones fuertes. De tal manera que, el principio fisiológico por lo cual las soluciones intravenosas pueden afectar el pH es por el tipo de electrolito que predomina en la solución y el efecto de dilución, reduciendo la concentración de iones no volátiles.<sup>8</sup> Se debe evitar la acidosis metabólica inducida por los líquidos, principalmente la hiperclorémica.



Diversos estudios han documentado que la administración excesiva de cloruro puede afectar la función renal debido a que favorece la contracción de los músculos lisos vasculares que conlleva a una hipoperfusión renal.<sup>9</sup>

Los coloides ofrecen ventaja sobre los cristaloides por tener mayor capacidad de expansión del plasma y vida media más larga, por lo tanto, ante un evento hipovolémico manifiesto, los coloides son superiores en mejorar las presiones de llenado cardíaco y rendimiento miocárdico, así como disminución de los requerimientos de vasopresor y apoyo ventilatorio.<sup>10</sup> De los coloides más utilizados en la fluidoterapia está la albúmina. Es una proteína de 65 kDa, cargada negativamente, de síntesis endógena en el hígado y se cataboliza en el endotelio, así también se degrada en el músculo, la piel y otros órganos. Representa el 50% del contenido total de proteínas plasmáticas, un 60% de la albúmina es intersticial y contribuye en la presión oncótica. Otra de las funciones biológicas es la unión a ligando endógenos y exógenos (fármacos, bilirrubina, iones hormonas), propiedades antioxidantes y modulación del óxido nítrico.<sup>11</sup> Además, la evidencia clínica sugiere que la albúmina no solo causa menos daño al glucocálix sino que también contribuye a su restauración permitiendo una perfusión microcirculatoria más favorable en comparación con los cristaloides.<sup>12</sup>

Su uso en el postoperatorio de cirugía cardíaca se base principalmente en que es más eficaz que los cristaloides para prevenir el edema intersticial a través de su efecto oncótico y mantener la microcirculación, perfusión e integridad de la glucocálix endotelial.<sup>13</sup> La fuga extravascular transcapilar de la albúmina aumenta en las primeras 3 horas posteriores a la cirugía probablemente por la interrupción del glucocálix.<sup>10</sup>

Se ha obtenido una nueva visión sobre los mecanismos que causan complicaciones y el papel de la capa del glucocálix endotelial para controlar la transferencia de líquidos del espacio intravascular al intersticial y promover el flujo sanguíneo a los tejidos.<sup>14</sup> Por lo tanto, es importante conocer que es un revestimiento vascular interno rico en proteínas y carbohidratos que desarrolla una función en la permeabilidad vascular, el tono microvascular, prevención de la trombosis microvascular y la adhesión celular.<sup>15</sup>

La disfunción del glucocálix es multifactorial en la cirugía cardíaca, que conlleva a lesión tisular directa, inflamación sistémica, lesión por isquemia reperfusión, estrés oxidativo e hipervolemia que puede persistir por días posterior al evento quirúrgico.<sup>16</sup> Además, se relaciona con la liberación del péptido natriurético auricular. Este cambio patológico es causado por una disfunción de la barrera vascular básicamente por 3 razones: manipulación quirúrgica, lesión por reperfusión e hipervolemia iatrogénica (independientemente del tipo de líquidos administrados, cristaloides o coloides).<sup>17</sup>

Por lo tanto, el enfoque sobre el manejo de líquidos en el perioperatorio se ha alejado de la fluidoterapia liberal tomando actualmente una orientación individualizada enfocadas a no dañar el endotelio.<sup>10</sup> Los pacientes intervenidos a cirugía cardíaca generalmente reciben grandes cantidades de soluciones intravenosas, principalmente en las primeras 24 hrs del postoperatorio.<sup>16</sup> Por tal motivo, es importante conocer que la cinética de los fluidos en estos pacientes difiere de otras cirugías mayores, ya que intervienen factores que influyen en el equilibrio de líquidos tales como la edad, el peso corporal, circulación extracorpórea intraoperatoria, solución de cardioplejia, termorregulación y uso de fármacos vasoactivos, así como las propias del procedimiento quirúrgico, el grado de complejidad y la urgencia en que fue intervenido.<sup>12</sup>

Tanto los cristaloides como coloides son usados para cebar el circuito de circulación extracorpórea, para la expansión de volumen en CEC, manejo de hipotensión intra y postoperatoria, restauración de volumen en caso de hemorragia antes de la administración de hemoderivados, por lo tanto, individualizar el uso excesivo de estos fluidos permite obtener mejores resultados postoperatorios.<sup>18</sup>

No existe un consenso que indique de manera específica que solución utilizar en este tipo de pacientes, sin embargo, la fluidoterapia perioperatoria debe tener como objetivo principal evitar la sobrecarga hídrica, que se caracteriza por la administración excesiva de sodio más allá de 600 mmol, acompañada de retención hídrica que va de 2.5 L, para evitar esta complicación se ha propuesto la estrategia de restricción de líquidos en pacientes que se someten a procedimientos quirúrgicos mayores.<sup>3</sup>

La fluidoterapia liberal ayuda a la expansión del volumen intravascular, compensa la pérdida de sangre, el ayuno perioperatorio y la redistribución a tercer espacio, sin embargo, se ha asociado con mayor morbilidad y complicaciones postoperatorias.<sup>20</sup> Actualmente existen dos opciones para el manejo de líquidos en el perioperatorio, de acuerdo con el protocolo de recuperación mejorada (ERAS) los cuales son: la restrictiva y la fluidoterapia dirigida por objetivos, sin embargo, no existe un consenso que estrategia es mejor.<sup>21</sup>

La terapia restrictiva tiene como objetivo minimizar el aumento de peso postoperatorio mediante el mantenimiento de normovolemia intravascular, también denominado equilibrio cero.<sup>22</sup>

La terapia de fluidos guiada por objetivos consiste en evaluar parámetros hemodinámicos continuamente tales como gasto cardíaco, volumen sistólico, variación de presión de pulso, variación de volumen sistólico con el fin de optimizar la perfusión tisular y suministro de oxígeno. Las variables no hemodinámicas incluyen los niveles de lactato o saturación venosa de oxígeno. Los respondedores a fluidos demuestran aumento del volumen sistólico mayor o igual a 10-15%.<sup>23</sup>

Por otra parte, la hipovolemia tiene un efecto importante en la liberación de péptidos natriuréticos auriculares hacia la circulación, debido al estiramiento de las fibras miocárdicas auriculares favoreciendo la natriuresis y fuga capilar de albúmina, esto se debe al aumento de las presiones cardíacas y con ello el trabajo miocárdico aumenta cuando los líquidos administrados superan la vasodilatación inducida por la anestesia, teniendo mayor repercusión en pacientes con patología cardiovascular.<sup>10</sup>

Una de las complicaciones asociadas al uso excesivo de líquidos intravenosos es la sobrecarga hídrica, definido como la acumulación de líquidos del 10% del peso corporal. Sin embargo, es un término mal empleado a menudo confundido con hipervolemia. La hipervolemia se refiere a un volumen sanguíneo excesivo, en el que la presión circulatoria sistémica media es alta, causando una extravasación de líquidos al intersticio formando edema.<sup>24</sup>

Manu Malbrain, sugiere reemplazar el término de sobrecarga hídrica por acumulación de líquidos ya que puede referirse engañosamente a hipervolemia

intravascular.<sup>1</sup> El edema no siempre se asocia con hipervolemia, en particular en pacientes sépticos o con alguna respuesta inflamatoria intravascular que presentan permeabilidad capilar alterada.<sup>24</sup> La acumulación de líquidos refleja un estado patológico de sobrehidratación asociado al impacto clínico y peores resultados que dependen de la edad, comorbilidad y fase de la enfermedad.<sup>1</sup>

El síndrome de acumulación de líquidos describe el porcentaje de cualquier acumulación o sobrecarga de líquidos con efecto negativo en la función de los órganos.<sup>1</sup> Puede afectar negativamente a órganos vitales y repercute en aumento de la morbilidad, mortalidad, de los costos hospitalarios y uso de recursos. Esta asociación se ha documentado mediante varios estudios en pacientes con sepsis grave y síndrome de dificultad respiratoria.<sup>25</sup>

Evaluar el efecto de la acumulación de líquidos en cada sistema de órganos resulta difícil, sin embargo, se ha documentado mayor afectación a nivel pulmonar, cardíaco, renal y gastrointestinal.<sup>26</sup> Las principales complicaciones de la fluidoterapia intravenosa a nivel pulmonar se manifiestan como edema agudo pulmonar desde pequeños aumentos de 300 ml de exceso de agua pulmonar. Además, en pacientes con síndrome de dificultad respiratorio aumenta los días de ventilación mecánica. Se ha documentado que los balances negativos se han asociado con mejoría en la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y en los parámetros hemodinámicos.<sup>20</sup> En el edema intersticial debido a la degradación del glucocálix por uso excesivo de líquidos, el sistema linfático pierde su capacidad de drenar líquidos y promover el intercambio.<sup>27</sup> Las principales causas que dañan la capa del glucocálix endotelial son el traumatismo tisular, el shock circulatorio, la isquemia reperfusión, la inflamación y la sepsis.<sup>4</sup> Otras complicaciones relacionadas a la acumulación de líquidos son la coagulopatía y anemia dilucional, como resultado de pérdida de los capilares llenos de eritrocitos, disminuyendo el transporte de oxígeno que conlleva a un suministro insuficiente a la microcirculación.<sup>28</sup> El desequilibrio hidroelectrolítico también es el resultado de la extravasación de líquidos caracterizado principalmente por hipercloremia, hipo e hipernatremia, hipo e hiperpotasemia, acidosis metabólica hiperclorémica. El cloruro regula la bomba Na-K ATPasa, induciendo la liberación de la renina, vasoconstricción de la arteria

aferente renal y reducción de la filtración glomerular.<sup>29</sup> Además, representa un factor de riesgo para la hipertensión intraabdominal en pacientes con sepsis.<sup>30</sup> También tiene efecto en el retraso de cicatrización de heridas, a nivel gastrointestinal, el edema difuso en la pared intestinal puede causar malabsorción e íleo.<sup>31</sup>

Para lograr un control hídrico en los pacientes críticamente enfermos, se requiere documentar los ingresos y egresos diarios para evaluar la acumulación de líquidos. Para ello se tienen los siguientes conceptos.<sup>32</sup>

1.- Balance diario de líquidos: Diferencia diaria en todas los ingresos y egresos que con frecuencia no incluye las pérdidas insensibles.

2.- Balance acumulado de líquidos. Suma de cada balance diario de líquidos durante un periodo de tiempo.

3.- Sobrecarga de líquidos: Implica un grado de edema pulmonar o edema periférico.

4.- Acumulación de líquidos: Balance positivo de líquidos con o sin sobrecarga vinculado.

5.- Porcentaje de sobrecarga de líquidos ajustado por peso corporal: balance acumulado de líquidos que se expresa como porcentaje. Un punto de corte del  $\geq 10$  % se ha asociado con un aumento de la mortalidad. El porcentaje de sobrecarga de fluido se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$\% \text{ sobrecarga hídrica} = \frac{\text{ingreso total de líquidos} - \text{egreso total de líquidos}}{\text{peso de admisión}} \times 100.$ <sup>32</sup>

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, es importante saber en qué momento detener la fluidoterapia, para esto se emplea el término desresucitación o desescalada que se acuñó en el año 2014 y se refiere a la remoción tardía de líquidos dirigida por objetivos que se caracteriza por la interrupción de las terapias invasivas y la reducción del balance de líquidos. Durante esta fase la eliminación de líquidos es a través de diuréticos y terapia de reemplazo renal con ultrafiltración neta.<sup>3</sup>

Cuando la función renal está conservada inicialmente se recomienda iniciar con diuréticos, los mayormente usados son los diuréticos de asa, seguidos de

inhibidores de anhidrasa carbónica, antagonista del receptor mineralocorticoide y tiazidas.<sup>1</sup>

Se sugiere mantener un balance de líquidos negativos, Manu Malbrain considera como 2 días consecutivos de balances negativos dentro de la primera semana de estancia en la UCI y es un predictor independiente de supervivencia.<sup>3</sup>

En pacientes postoperados de cirugía cardíaca presentan una respuesta inflamatoria sistémica debido principalmente a la circulación extracorpórea, por lo tanto son más susceptibles a presentar balances positivos por uso excesivo de líquidos y hemoderivados que conlleva al síndrome de acumulación de líquidos.<sup>10</sup> Una de las complicaciones en este grupo de pacientes es la lesión renal aguda (LRA) asociada a cirugía cardíaca, se presenta con frecuencia y se correlaciona a un aumento significativo de la mortalidad y morbilidad. Representa la segunda causa de lesión renal aguda en pacientes ingresados a la unidad de cuidados intensivos, después de la sepsis.<sup>33</sup> La etiología de la LRA en pacientes de cirugía cardíaca es multifactorial con agresiones como el uso de CEC, microémbolos, nefrotoxinas, congestión venosa, estrés oxidativo, genética, inflamación y lesión por isquemia-reperfusión.<sup>33</sup>

Existen pocos estudios que evalúan el efecto de los balances hídricos en cirugías cardiovasculares. En un estudio observacional retrospectivo, demostraron que el balance de líquidos negativos a partir del segundo día en la unidad de cuidados intensivos se asoció con menor mortalidad frente a los que obtuvieron balances positivos (3.6% vs 12.2%) después de una intervención quirúrgica cardíaca.<sup>34</sup> Otro análisis retrospectivo de 1358 pacientes que se intervinieron a cirugía cardíaca, demostraron que con un balance positivo mayor de 4 litros en el intraoperatorio se asoció a mayor mortalidad a 90 días.<sup>35</sup>

Por todo lo anterior, es importante tener un discernimiento sobre el nivel adecuado para el manejo de la fluidoterapia ya que requiere el conocimiento de la fisiopatología subyacente, la evaluación del estado de volumen, la selección de la solución adecuada para el reemplazo de volumen, el mantenimiento y modulación de la perfusión tisular.<sup>1</sup>

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿El balance de líquidos tiene efectos deletéreos en pacientes postoperados de cirugía cardíaca?

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cada año se realizan más de 2 millones de cirugías cardíacas en todo el mundo, los cuales se asocian a factores que causan resultados deletéreos posterior a la intervención quirúrgica, relacionándose principalmente a la prescripción de grandes cantidades de soluciones intravenosas durante y después de la cirugía. Actualmente la administración de líquidos intravenosos en pacientes críticos debe considerarse como cualquier prescripción farmacológica, ya que se ha observado un creciente interés sobre los daños potenciales relacionados a la acumulación de líquidos. Sin embargo, actualmente no existe una guía sobre la reanimación hídrica ideal en estos pacientes debido a la variabilidad de complejidad que presentan. Las complicaciones intra o postoperatorias o ambas, se asocian con una mayor duración de la estancia hospitalaria, los costos y la mortalidad, los cuales se deben principalmente a una perfusión tisular insuficiente que conlleva a daño a órganos diana.

## JUSTIFICACIÓN

Cada año 220 mil personas fallecen debido a enfermedades cardiovasculares en México, de los cuales, la cardiopatía isquémica y las enfermedades valvulares son las que predominan. Debido a la alta incidencia en estas patologías, un porcentaje logra ser intervenido quirúrgicamente teniendo como principales indicaciones las revascularizaciones por cardiopatía isquémica, recambios valvulares y cirugías por cardiopatías congénitas en el adulto. Los pacientes que son intervenidos en este tipo de cirugías representan un grupo único entre los pacientes que se encuentran en la Unidad de Cuidados Intensivos, debido a que habitualmente tienen una corta estancia. Sin embargo, existen pacientes que presentan complicaciones postoperatorias aumentando la morbimortalidad que se asocian a la edad, enfermedades pulmonares y renales previas, tiempo de circulación extracorpórea y a la sobrecarga hídrica. Por lo tanto, ante la presencia de disfunción cardiopulmonar y renal concomitante no permite la administración de volúmenes excesivos. Está documentado que la acumulación de líquidos trae repercusiones en múltiples sistemas, principalmente a nivel pulmonar, gastrointestinal, renal y cardíaco, esto debido a la respuesta inflamatoria a la que fueron sometidos.

Es difícil tener conclusiones respecto al manejo óptimo de líquidos, sin embargo, el objetivo debe ser individualizado y encaminarse a no hacer daño, manteniendo la integridad del endotelio.

En la búsqueda de datos en Pubmed, existe escasos resultados sobre estudios realizados en México y en el estado de Tamaulipas no hay registros, por lo que este estudio está enfocado a encontrar resultados que nos permitan disminuir las complicaciones relacionadas a la fluidoterapia que mayormente se presentan en el postoperatorio de cirugía cardíaca.



## **HIPÓTESIS**

Hipótesis nula: La fluidoterapia no presenta efectos negativos en pacientes postoperados de cirugía cardiaca.

Hipótesis Alterna: La fluidoterapia presenta efectos negativos en pacientes postoperados de cirugía cardiaca.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto del balance de líquidos en pacientes postoperados de cirugía cardíaca.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características sociodemográficas y clínicas de pacientes postoperados de cirugía cardíaca.
- Determinar el balance de líquidos positivo en las primeras 24 horas de estancia en UCI y su repercusión con los días de ventilación mecánica.
- Asociar el balance neutro y las horas de ventilación mecánica > 6 horas y < 6 horas.
- Determinar si existe asociación entre los balances negativos y horas de ventilación mecánica.
- Evaluar las complicaciones que se presentaron en el postoperatorio de cirugía cardíaca.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **DISEÑO DEL ESTUDIO:**

Estudio observacional de cohorte, retrospectivo, descriptivo.

### **UNIVERSO DE TRABAJO:**

Se incluyeron 50 expedientes físicos y electrónicos de los pacientes hospitalizados con diagnóstico de postoperados de cirugía cardíaca hombres y mujeres mayores de 18 años, ingresados en el postoperatorio inmediato de cirugía cardíaca a la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, independientemente del tipo de cirugía realizada: cirugía de revascularización coronaria, cirugía de cambio valvular (incluyó cambio valvular único, doble y triple) y cirugía por enfermedad cardíaca congénita en el adulto que cumplieran con los criterios de inclusión. La revisión de los expedientes electrónicos se realizó mediante el sistema Medsys (Medical Information System v.6.3.1) y los expedientes físicos se solicitaron en el área de archivo clínico. Se determinó los balances hídricos diarios clasificados en balances positivos, negativos y neutros en las primeras 24 horas de ingreso y balances acumulados durante su estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional de Alta Especialidad “Bicentenario 2010”.

### **TÉCNICA DE MUESTRO:**

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Todos los datos fueron analizados con el software SPSS, versión 22, para Windows. Se utilizó estadística descriptiva para los datos sociodemográficos y clínicos de la población en estudio. Se empleó el porcentaje como medida de proporción, la media como la medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión. El intervalo de confianza de 95%, utilizado como medida de variabilidad de la media. Se realizó un coeficiente de correlación de Spearman para establecer la correlación entre las horas de ventilación mecánica y el balance positivo de las primeras 24 hrs.

Se realizó una tabla cruzada dos por dos para estimar la asociación con el tiempo de ventilación mecánica > 6 horas y < 6 horas con el balance hídrico de las primeras 24 horas de estancia en UCI.

## **CRITERIOS DE SELECCIÓN**

### **Criterios de inclusión:**

- Expedientes de pacientes hospitalizados con diagnóstico de postoperado de cirugía cardíaca independientemente del tipo de cirugía realizada: cirugía de revascularización coronaria, cirugía de cambio valvular (incluyó cambio valvular único, doble y triple) y por cirugía por enfermedad congénita en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria “Bicentenario 2010”, en el período comprendido entre el 01 de enero del 2015 hasta el 30 de junio del 2023.
- Expedientes de pacientes postoperados de cirugía cardíaca sometidos a circulación extracorpórea.
- Expedientes de pacientes programados para cirugía cardíaca sin antecedentes de lesión renal aguda.
- Pacientes de ambos sexos.
- Pacientes mayores de 18 años

### **Criterios de exclusión:**

- Expedientes de pacientes con antecedentes de lesión renal.
- Expedientes de pacientes con reintervención quirúrgica.
- Expedientes incompletos.

### **Criterios de eliminación:**

- No aplica al ser un estudio retrospectivo.

## VARIABLES DE INTERÉS

VARIABLE	DEFINICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE
EDAD	Tiempo en años que ha transcurrido desde el nacimiento	Obtenido del expediente clínico	Numérica	Razón
SEXO	División del género humano	Masculino Femenino	Categórica	Nominal
DIABETES MELLITUS	Presencia de diabetes mellitus como antecedente	1.- Si 2.- No	Dicotómica	Nominal
HIPERTENSIÓN ARTERIAL	Presencia de hipertensión arterial como antecedente	1.- Si 2.- No	Dicotómica	Nominal
DIAS DE ESTANCIA	Número de días que el paciente permanece dentro de la unidad hasta su egreso	Cantidad de días desde su ingreso hasta su egreso en la unidad de cuidados intensivos.	Numérica	Razón
BALANCE DIARIO DE LÍQUIDOS	Diferencia diaria en todas los ingresos y salidas.	Diferencia en mililitros de ingresos y egresos	Numérica	Razón
BALANCE ACUMULADO DE LÍQUIDOS	Suma de cada balance diario de líquidos durante un periodo de tiempo.	Suma en mililitros desde el ingreso al egreso de UCIA	Numérica	Razón
BALANCE HÍDRICO POSITIVO DIARIO	Diferencia en los ingresos y egresos de líquidos mayor	Suma en mililitros de ingresos y egresos mayor a 1	Numérica	Razón

	de 1 litro en 24 hrs.	litro en 24 hrs.		
HORAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA	Número de horas de ventilación mecánica desde el ingreso a la UCI hasta la extubación	Horas de ventilación mecánica desde ingreso a UCI hasta la extubación.	Numérica	Razón
BALANCE NEUTRO	Diferencia en ingresos y egresos $\pm$ 500 ml.	Diferencia en mililitros de ingresos y egresos $\pm$ 500 ml.	Numérica	Razón

## **RECURSOS**

### **Recursos humanos:**

Investigador principal: creación de la base de datos, recolección de datos, revisión de expedientes y análisis de resultados.

Asesor metodológico: Asesoría de análisis estadístico e interpretación de resultados.

### **Recursos materiales:**

Este protocolo se realizó dentro de las instalaciones del servicio de Medicina Crítica en el área de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Regional de Alta Especialidad “Bicentenario 2010” Ciudad Victoria.

Acceso a los expedientes clínicos físicos y electrónicos en el sistema Medsys. El registro de los datos y análisis de los resultados se realizaron en un equipo de cómputo propiedad de los investigadores con Software Excel y SPSS.

### **Recursos científicos:**

Acceso a diversas bases de datos: PubMed, Sciece direct, biblioteca Cochrane, OMS.

Acceso a artículos científicos de revistas indexadas: Critical Care, Intensive Care Medicine, Anaesthesia and Intensive Care, Perfusion, BMC Anesthesiology, Anesthesiology Intensive Therapy.

### **Recursos financieros:**

La realización de este protocolo no requirió de recursos financieros.



## ASPECTOS ÉTICOS

El presente estudio cumplió con los lineamientos mencionados en:

- La declaración de Helsinki
- La Ley General de Salud
- El Reglamento de la ley general en materia de investigación en salud título segundo, Capítulo 1.
- Artículo 16. En las investigaciones en seres humanos la privacidad de protegerá del individuo sujeto a investigación, identificándose solo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.
- El presente proyecto de investigación fue sometido a los comités de bioética e investigación del Hospital Regional de Alta Especialidad Bicentenario 2010 donde fue aprobado.

## RESULTADOS

Se incluyó en el análisis final un total de 50 expedientes de pacientes adultos que ingresaron al área de cuidados críticos durante el período de 01 de enero del 2015 hasta el 30 de junio del 2023, de los cuales se obtuvieron los siguientes datos: el 72% fue del género masculino, la edad media fue de 54.2 años ( $\pm 14.4$ ). En la historia clínica destacaron padecimientos crónicos como la hipertensión arterial en un 22% (n=11), la diabetes mellitus 2 en un 10% (n=5), mientras que el 6% no padecía ninguna de estas (n=3), al menos la mitad de los pacientes padecían ambas patologías crónicas (Figura 1).

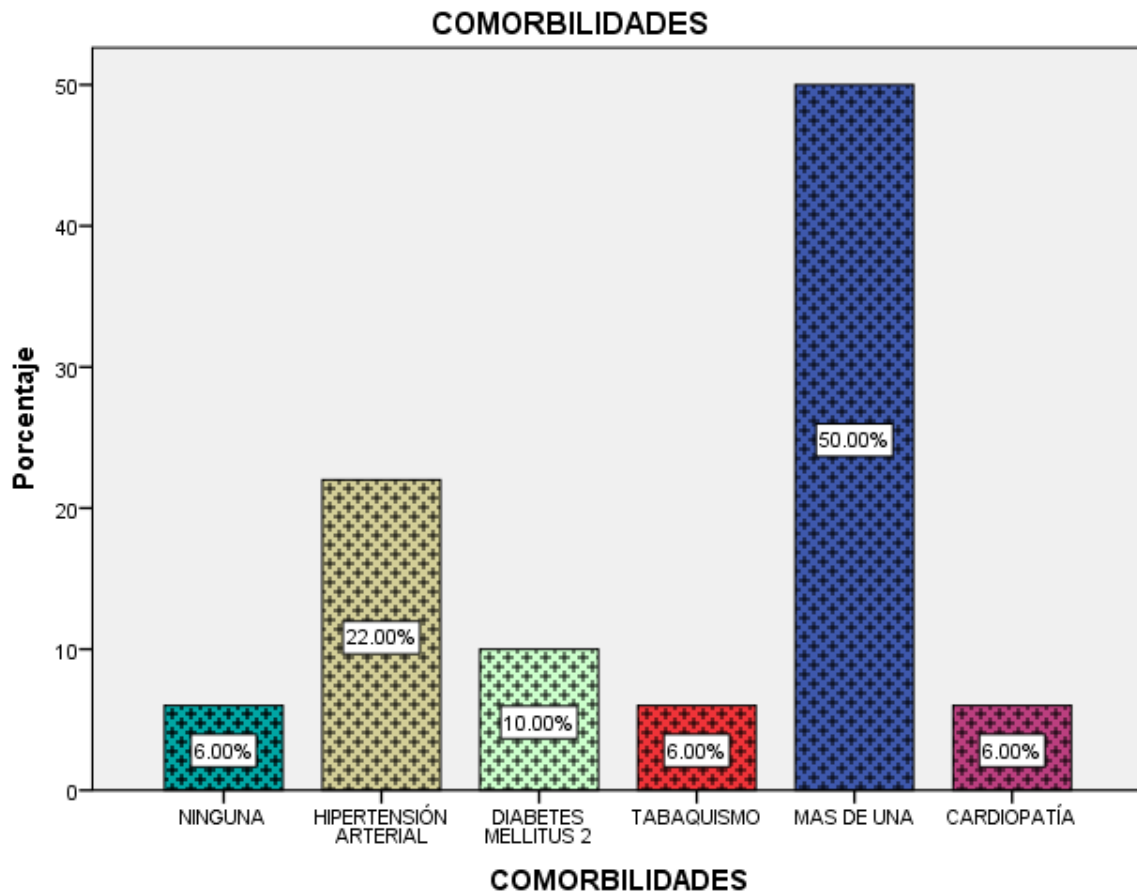


Figura 1. Comorbilidades.

La evaluación perioperatoria consignada en el expediente clínico demostró que la clase funcional de los pacientes era aceptable, siendo la clase funcional NYHA (New York Heart Association) II la más frecuente (40%), seguida de la clase I (38%), por último, la clase III con 22%). El estudio ecocardiográfico previo mostraba una fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) media de 57.3% ( $\pm 10.2$ ) con el 94% de los pacientes mantenían una FEVI mayor al 40%. En cuanto al tipo de procedimiento, el reemplazo valvular representó el 34% (n=17) mientras que el bypass coronario el 58% (n=29) (cuadro 1).

N=50	Media, % (Desviación estándar)
Masculino	72%
Edad	57.3 (14.4)
Comorbilidades	
- Hipertensión arterial	- 22%
- Diabetes mellitus 2	- 10%
- Ambas	- 50%
FEVI(%)	57.3 (10.2)
Clase funcional NYHA	
- I	- 38%
- II	- 40%
- III	- 22%
Indicación de procedimiento:	
- Valvular	- 34%
- Cardiopatía isquémica	- 58%
Tiempo de cirugía (horas)	5.7 (1.1)
Tiempo de CEC (horas)	111.3 (65.1)
Tiempo de pinzamiento de la aorta	76.3 (47.2)
Hemorragia en UCI (ml)	842.5 (4981)
Balance hídrico (ml)	529.3 (2027.4)
Balance hídrico	
- Positivo	- 52%
- Negativo	- 36%
- Neutro	- 12%
Ventilación mecánica (horas)	18.3 (25.8)
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	6.4 (1.7)
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	

- >300	- 60%
- 200-300	- 22%
- <200	- 18%
Hemoglobina (gr/dl)	11.5 (1.7)
Creatinina (mg/dl)	0.87 (0.33)
Albúmina (gr/dl)	2.9 (0.73)
Troponina I (ng/ml)	3.8 (5.8)
Lactato (mmol/l)	3.2 (2.2)
Inotrópico	
- Dobutamina	- 88%
- Levosimendán	- 6%
- Ambos	- 2%
Complicaciones	
- SDRA	- 16%
- Lesión renal aguda	- 4%
- Lesión hepática	- 2%
- Cirugía	- 10%
- Otra	- 68%
Días de estancia en UCI	4.8 (4.1)

Cuadro 1. Características demográficas.

La duración promedio del procedimiento quirúrgico fue de 5.7 horas ( $\pm 1.1$ ), con tiempo de circulación extracorpórea de 111.3 minutos ( $\pm 65.1$ ) y pinzamiento de la aorta de 76.3 minutos ( $\pm 47.2$ ).

Para la reanimación y manejo del sangrado postoperatorio a través de las sondas pleurales y mediastinales se reportó en promedio un sangrado de 842.ml.

Una característica relevante, fue el balance hídrico, clasificándolo en 3 rubros; positivo si el balance en 24 horas del ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) fue mayor a 1000ml, negativo si fue menor a -1000ml y neutro a  $\pm 500$ ml. De esta manera obtuvimos que el 52% de los pacientes al ser reanimados en UCI tenían un balance positivo, el 36% un balance hídrico negativo y sólo el 12% un balance de líquidos neutro. Un componente importante de la reanimación fue la administración de hemoderivados, de los cuales la cantidad en mililitros de concentrados eritrocitarios tuvo una media de 441, para los plasmas frescos congelados una media de 364ml. La medición de las variables clínicas de reanimación al ingreso a la UCI durante las primeras horas registró una frecuencia

cardíaca media de 87lpm ( $\pm 16$ ), con presión arterial media de 97.7 ( $\pm 20.1$ ), un valor de lactato arterial de 3.2mmol/l ( $\pm 2.2$ ), hemoglobina medio de 11.5gr/dl ( $\pm 1.7$ ), con creatinina sérica de 0.87mg/dl ( $\pm 0.33$ ). El uso de fármacos vasoactivos e inotrópicos resultó primordial para el manejo postoperatorios del estado de bajo gasto o choque, encontramos el uso de ambos tipos de fármacos en un 90% (Figura 2).

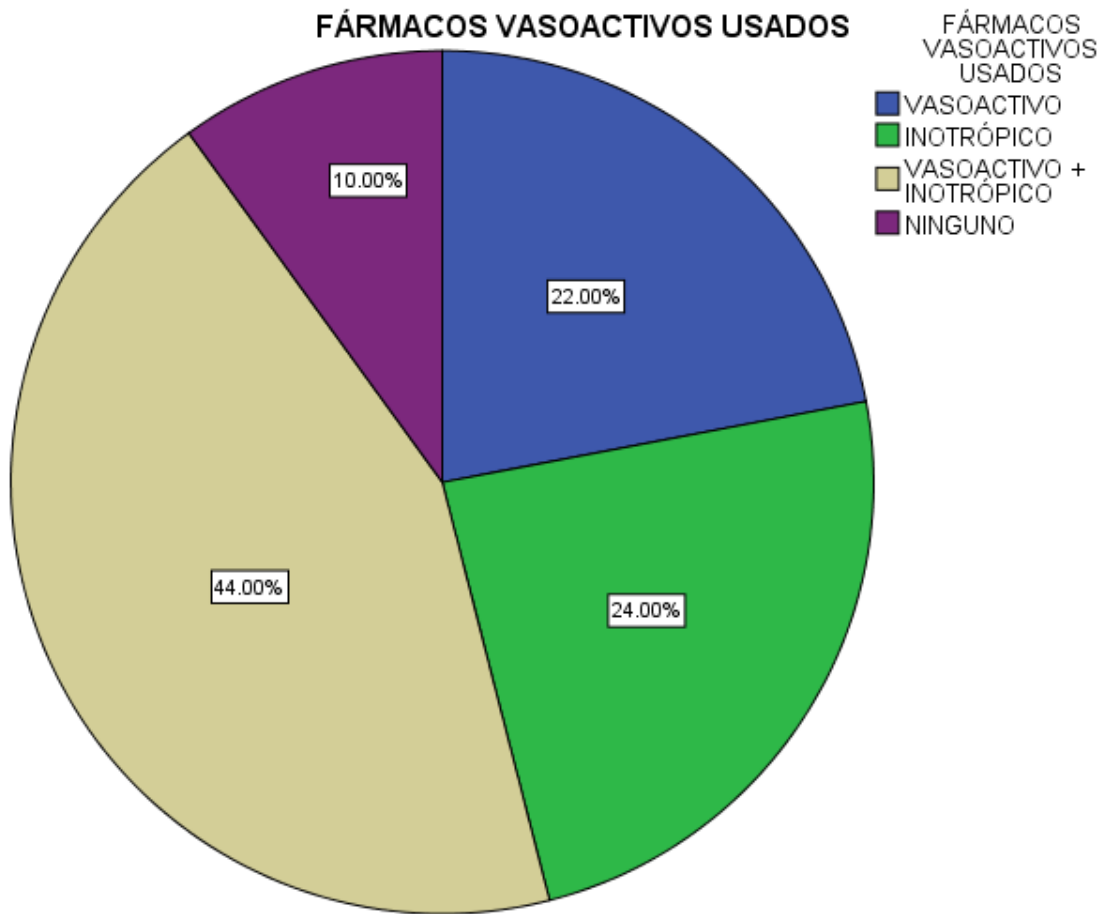


Figura 2. Uso de fármacos vasoactivos e inotrópicos.

Encontramos que el 16% de los pacientes desarrollo síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA, con PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> menores de 300mmHg en un 40% (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>=200-300 – 22% y <200 – 18%). Otras complicaciones que presentaron los pacientes en el postoperatorio fueron lesión renal aguda con 4%, lesión hepática

en un 2%, nueva cirugía en un 10% y el restante 68% otras complicaciones como infecciones, dehiscencia de herida (Figura 3).

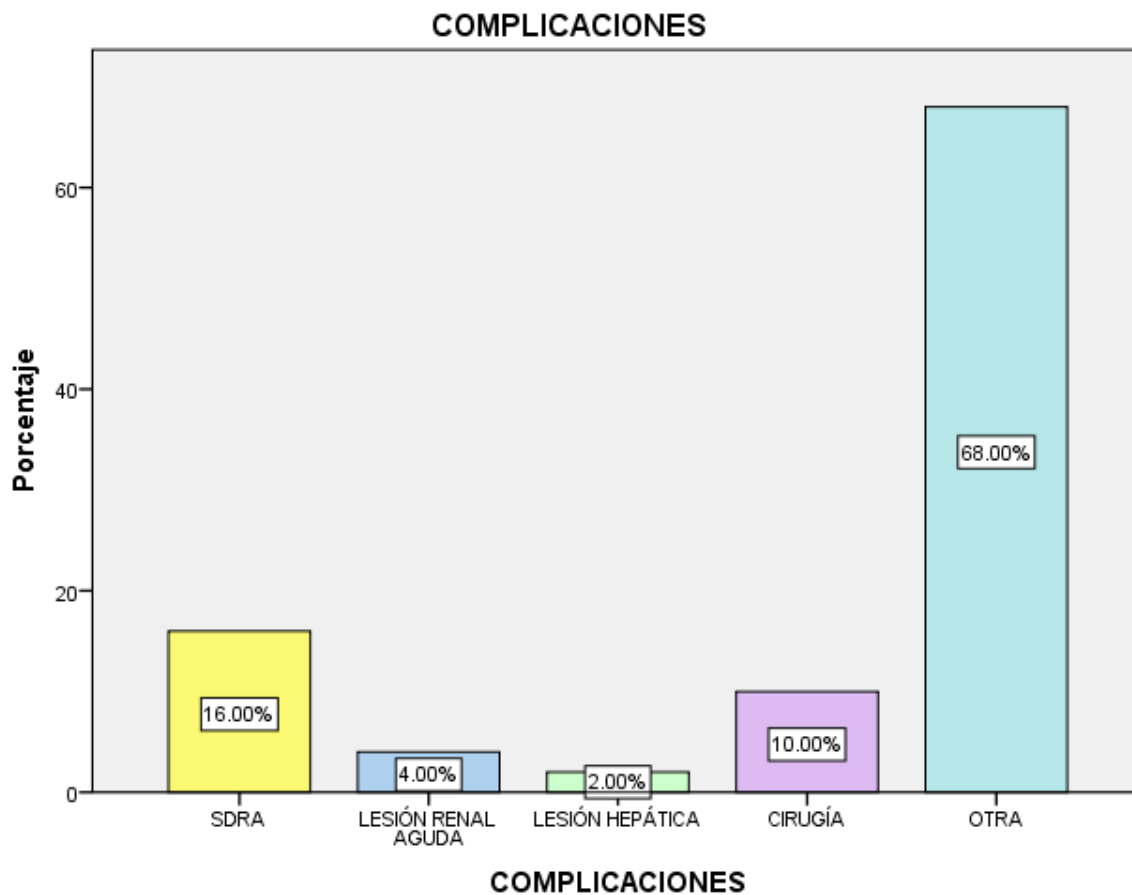


Figura 3. Complicaciones.

Al agrupar a los pacientes en aquellos en los que el balance resultó positivo tras 24 horas en UCI (Figura 4), en estos pacientes la media de horas en ventilación mecánica resultó en 22, con desviación estándar de  $\pm 29.8$ , con un máximo de 144 horas.

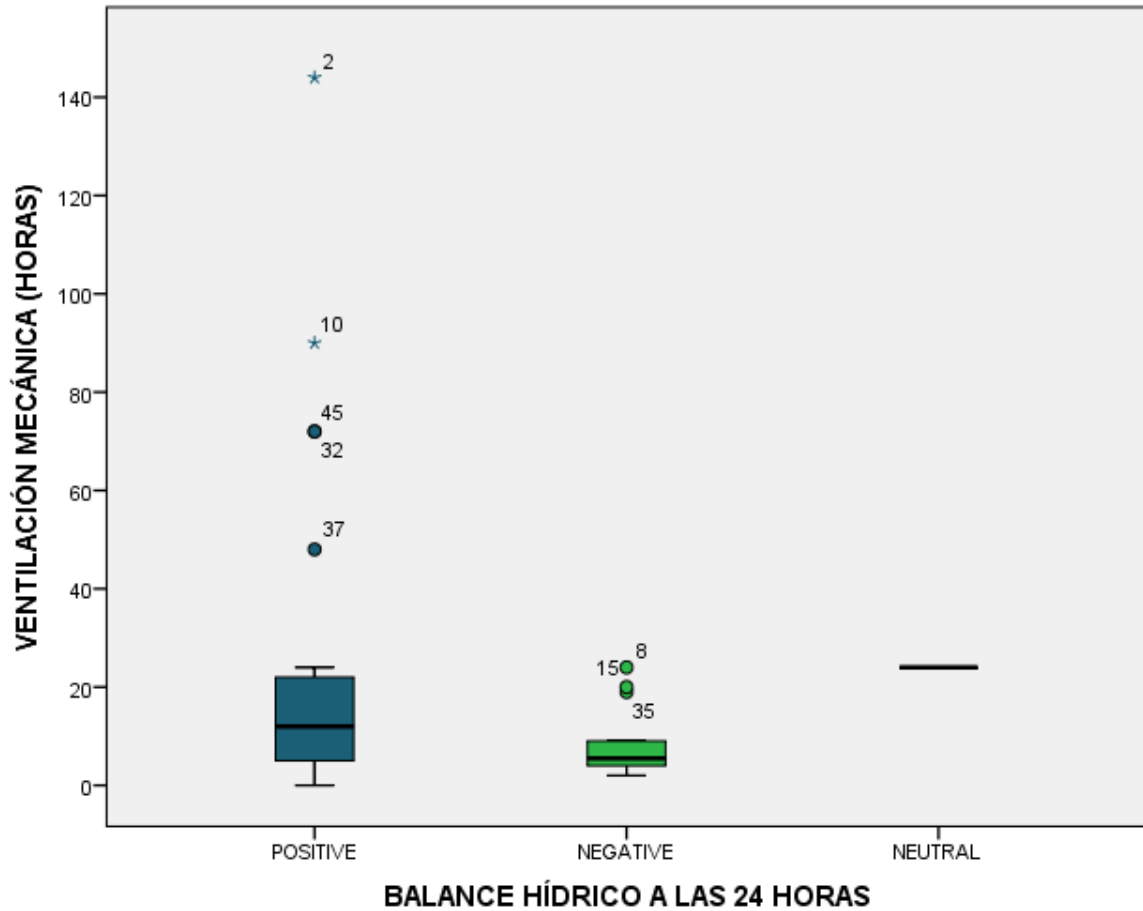


Figura 4. Balance hídrico.

Al determinar la normalidad de los datos se establece para una muestra de 50 sujetos la prueba de Shapiro-Wilk, con una significancia de 0 por lo que se afirma que los datos no proceden de una distribución normal. Se realiza un coeficiente de correlación de Spearman obteniendo  $r_s=0.028$  (Figura 4) por lo que no se estableció correlación positiva entre las horas de ventilación mecánica y el balance hídrico.

Variable dependiente: VENTILACIÓN MECÁNICA (HORAS)

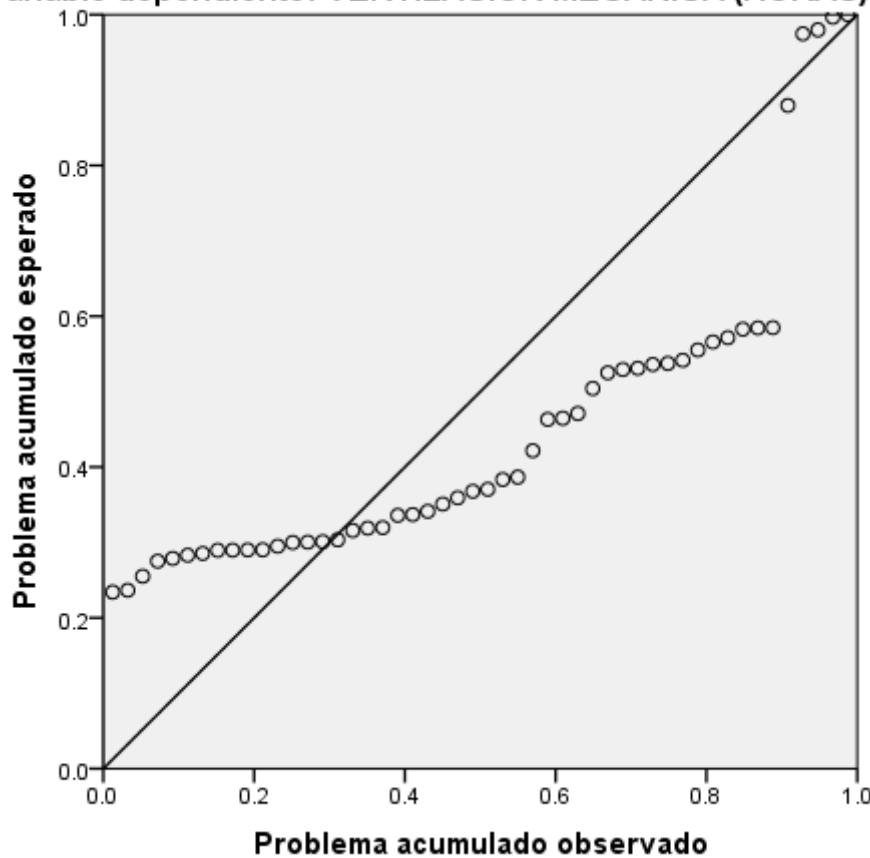


Figura 4. Correlación entre balance hídrico y horas de ventilación mecánica.

La estimación de asociación se realizó con una tabla cruzada de dos por dos, con el tiempo de ventilación mecánica, grupo menor de 6 horas y mayor de 6 horas; se dicotomizó el balance hídrico para agrupar a los pacientes en aquellos con balance hídrico en 24 horas menor a 500ml y mayor a 500ml. De esta manera obtenemos que el odds ratio para una ventilación mecánica menor a 6 horas con balance hídrico menor a 500ml resulta en 1.36 (IC 95% 0.42 – 4.45,  $p= 0.227$ ), por lo cual no se encontró asociación.



**TIEMPO DE VENTILACIÓN MECÁNICA (<6 HOURS)\*Balance1 tabulación cruzada**

Recuento

		Balance1		Total
		Balance positivo/neutro	Balance negativo	
TIEMPO DE VENTILACIÓN MECÁNICA (<6 HOURS)	< 6 HORAS	15	6	21
	> 6 HORAS	17	12	29
Total		32	18	50

**Estimación de riesgo**

	Valor	Intervalo de confianza de 95 %	
		Inferior	Superior
Odds ratio para TIEMPO DE VENTILACIÓN MECÁNICA (<6 HOURS) (< 6 HORAS / > 6 HORAS)	1.765	.531	5.865
Para cohorte Balance1 = Balance positivo/neutro	1.218	.810	1.833
Para cohorte Balance1 = Balance negativo	.690	.309	1.541
N de casos válidos	50		

Al buscar asociación entre los balances negativos y la duración menor a seis horas de la ventilación mecánica en la UCI, encontramos un odds ratio de 0.69 (IC 95% 0.309 – 1.541, p= 0.867) por lo cual no se establece una asociación significativa.

## DISCUSIÓN

La cantidad total de pacientes fueron 50, de los cuales predominó el sexo masculino en un 72%. Este resultado se correlaciona con la bibliografía y estadística internacional respecto al género que predomina en las patologías cardiovasculares, principalmente de origen isquémico.

Del total de pacientes, la edad media fue por arriba de los 50 años. Mas de la mitad de los pacientes presentaron las patologías crónicas más frecuentes: diabetes mellitus e hipertensión arterial similar a los reportado en la literatura médica basado en evidencias.

La clase funcional II de la New York Heart Association (NYHA) predominó en un 40%, con Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo (FEVI) preservada, es decir, mayor del 40% en el 94% de los casos.

La intervención quirúrgica que mayormente se realizó fue la revascularización por cardiopatía isquémica, este dato se tiene similitud con lo documentado respecto a la prevalencia de cirugías por patología cardiovascular.

Se usaron tanto fármacos vasoactivos e inotrópicos en un 90% de los pacientes para tratar estado de bajo gasto o choque.

El lactato medio fue la presencia de hiperlactatemia de 3.2 mmol a su ingreso a la unidad.

Respecto a las complicaciones postoperatorias, predominó en un 68% las infecciones y dehiscencia de heridas, seguida de las pulmonares que integraban un síndrome de distrés respiratorio.

En cuanto a los balances hídricos, el 52% presentó balances positivos, es decir mayor de 1 litro en las primeras 24 horas, menos de la mitad balances negativos y solo el 12% balances neutros. Sin embargo, los balances positivos no se asociaron respecto al tiempo en horas de ventilación mecánica. Además, se buscó si existe correlación entre los balances neutros, es decir, menos de 500 ml con las horas de ventilación mecánica a las 6 horas, no presentando asociación entre estas variables.

No se estableció una asociación significativa entre los balances negativos y la duración de ventilación mecánica menor a 6 horas en la UCI.

La media de los días de estancia en la unidad de cuidados intensivos fue de 4.8 días, lo cual difiere a lo que se documenta en diversos ensayos clínicos donde registran como máximo 72 horas de estancia.

## CONCLUSIÓN

Nuestro estudio retrospectivo observacional no encontró correlación significativa ( $r_s = 0.028$ ) en la determinación de los balances hídricos positivos en las primeras 24 horas del postoperatorio respecto a los días de ventilación mecánica.

Se determinó una débil asociación entre los balances neutros y tiempo de ventilación mecánica a las 6 horas, obteniendo un odds ratio de 1.32 (IC 95% 0.42 – 4.45,  $p = 0.227$ ). La evidencia científica menciona que la extubación temprana en pacientes postoperados de cirugía cardíaca, debe comprender las primeras 6 horas del postoperatorio para disminuir morbilidad. Al buscar asociación entre los balance negativos y la duración menor a seis horas de la ventilación mecánica en urgencias, encontramos un odds ratio de 0.69 (IC 95% 0.309 – 1.541,  $p = 0.867$ ) por lo cual no se establece una asociación significativa.

Respecto a los balances negativos y la duración menor a seis horas de la ventilación mecánica en la UCI, encontramos un odds ratio de 0.69 (IC 95% 0.309 – 1.541,  $p = 0.867$ ) por lo cual no se establece una asociación significativa.

Las complicaciones que mayormente se presentaron fueron la presencia de infecciones y dehiscencia de heridas.

Una de las limitantes de nuestro estudio es el uso de una base de datos retrospectiva que conlleva a un sesgo de selección e información.

## REFERENCIAS

- 1.- Malbrain MLNG., Martin GS, Ostermann M. Everything you need to know about deresuscitation. *Intensive Care Medicine*, 2022; 48(12), 1781-1786.
- 2.- Vincent JL, Pelosi P, Rhodes A. Perioperative cardiovascular monitoring of high-risk patients: a consensus of 12. *Critical Care*. 2015; 19:224.
- 3.- Malbrain MLNG, Langer T, Regenmortel NV. Intravenous fluid therapy in the perioperative and critical care setting: Executive summary of the International Fluid Academy (IFA). *Annals of Intensive Care*. 2020; 10:64.
- 4.- Licker M, Hagerman A, Karenovics W. Restricted, optimized or liberal fluid strategy in thoracic surgery: A narrative review. *Saudi Journal of Anesthesia*. 2021;15, 324-334
- 5.-Regenmortel. NV, Verbrugghe W, Jorens PG. Maintenance fluid therapy and fluid creep impose more significant fluid, sodium, and chloride burdens than resuscitation fluids in critically ill patients: a retrospective study in a tertiary mixed ICU population. *Intensive Care Med*. 2018; 44:409–417.
- 6.- Malbrain MLNG, Marik PE, Regenmortel NV. Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice. *Anaesthesiology Intensive Therapy*. 2014; 46(5):361–380.
- 7.- Langer T, Santini A, Scotti E. Intravenous balanced solutions: from physiology to clinical evidence. *Anesthesiology Intensive Theray*. 2015; 47: 78-88.
- 8.- Langer T, Carlesso E, Protti A, Monti M, Comini B, Zani L, et al. In vivo conditioning of acid-base equilibrium by crystalloid solutions: An experimental study on pigs. *Intensive Care Medicine*. 2012. 38(4):686-93
- 9.- Potura E, Lindner G, Biesenbach P, Funk GC, Reiterer C, Kabon B, et al. An acetate-buffered balanced crystalloid versus 0.9% saline in patients with end-stage renal disease undergoing cadaveric renal transplantation: a prospective randomized controlled trial. *Anesthesia Analgesia*. 2015;120(1):123–129.
- 10.- Hanley C, Callum J, Karkouti K, Bartoszko J, Albumin in adult cardiac surgery: a narrative review. *Canadian Journal of Anesthesia*. 2021; 68:1197–1213

- 11.- Levitt DG, Levitt MD. Human serum albumin homeostasis: a new look at the roles of synthesis, catabolism, renal and gastrointestinal excretion, and the clinical value of serum albumin measurements. *International Journal of General Medicine*. 2016; 9: 229-55.
- 12.- Torres IP, Torres LN, Salgado C, Dubick MA. Plasma syndecan-1 and heparan sulfate correlate with microvascular glycocalyx degradation in hemorrhaged rats after different resuscitation fluids. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 2016; 310: H1468–H1478.
- 13.- Pesonen E, Passov A, Andersson S, Raivio P, Salmenpera M, Scramko A. Scramko A. Glycocalyx Degradation and Inflammation in Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2018; 33: P341-345.
- 14.- Romagnoli S, Rizza A, Ricci Z. Fluid Status Assessment and Management During the Perioperative Phase in Adult Cardiac Surgery Patients. *Journal Cardiothorac and Vascular Anesthesia* 2016; 30: 1076-84.
- 15.- Uchimido R, Schmidt EP, Shapiro NI. The glycocalyx: a novel diagnostic and therapeutic target in sepsis. *Critical Care*. 2019; 23: 16.
- 16.- Dekker NAM, Veerhoek D, Koning NJ, Leeuwen ALI., Elbers PWG., van den Brom CE., et al. Postoperative microcirculatory perfusion and endothelial glycocalyx shedding following cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia* 2019, 74, 609–618.
- 17.- Della R. G, Vetrugno L, Tripi G, Deana C, Barbario F., Pompei L: Liberal or restricted fluid administration: are we ready for a proposal of a restricted intraoperative approach? *BMC Anesthesiology* 2014, 14:62.
- 18.- Parke RL, McGuinness SP, Gilder E, McCarthy LW. Intravenous fluid use after cardiac surgery: a multicentre, prospective, observational study. *Crit Care Resusc* 2014; 16: 164-9.
- 19.- Osawa EA, Rhodes A, Landoni G, Galas F. R, Fukushima J, Park C. H. et. al. Effect of Perioperative Goal-Directed Hemodynamic Resuscitation Therapy on Outcomes Following Cardiac Surgery: A Randomized Clinical Trial and Systematic Review. *Critical Care Medicine*. 2016; 44: 724- 733.

- 20.- Pérez OR, Wong A, López JF, Meade JA, Carrion JD, Gutierrez GC, et. al, Aiming for zero fluid accumulation: First, do no harm. *Anesthesiology Intensive Therapy*. 2021;53(2):162-178.
- 21.- Cheng AZ, Agarwala A, Bao X, Perioperative Fluid Management in the Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Pathway. *Clinics in Colon and Rectal Surgery*. 2019;32:114–120.
- 22.- Phan TD, Souza BD, Rattray MJ, Jonsthorpe MJ, Cowie BS. A randomised controlled trial of fluid restriction compared to oesophageal Doppler-guided goal-directed fluid therapy in elective major colorectal surgery within an Enhanced Recovery After Surgery program. *Anaesthesia and Intensive Care*. 2014 Nov;42(6):752-60.
- 23.- Kendrick JB, Kaye AD, Tong Y, Urman RD, Liu H. Goal-directed fluid therapy in the perioperative setting. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*. 2019; 35:S29-34.
- 24.- Vincent JL, Pinsky MR. We should avoid the term “fluid overload”. *Critical Care*. 2018; 22:214
- 25.- Boyd JH, Forbes J, Nakada T, Walley KR, Russell JA. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. *Critical Care Medicine*. 2011; 39(2):259-65.
- 26.- Cordemans C, De Laet I, Van Regenmortel N, Schoonheydt K, Dits H, Huber W, et al. Fluid management in critically ill patients: the role of extravascular lung water, abdominal hypertension, capillary leak, and fluid balance. *Annals of intensive care*. 2012;2:S1.
- 27.- Duchesne JC, Kaplan LJ, Balogh ZJ, Malbrain MLNG. Role of permissive hypotension, hypertonic resuscitation and the global increased permeability syndrome in patients with severe hemorrhage: adjuncts to damage control resuscitation to prevent intra-abdominal hypertension. *Anesthesiology Intensive Therapy* 2015; 47: 143-155.
- 28.- Bakker J, Ince C. Monitoring coherence between the macro and microcirculation in septic shock. *Curr Opin Crit Care* 2020; 26: 267-272.

- 29.- Pfortmueller CA, Uehlinger D, von Haehling S, Schefold JC. Serum chloride levels in critical illness—the hidden story. *Intensive Care Medicine Exp* 2018; 6: 10.
- 30.- Malbrain MLNG, Peeters Y, Wise R. The neglected role of abdominal compliance in organ-organ interactions. *Crit Care Lond Engl* 2016; 20: 67.
- 31.- Prowle JR, Echeverri JE, Ligabo VE, Ronco C, Bellomo R. Fluid balance and acute kidney injury. 2010. 6(2):107-15.
- 32.- Granado RC, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management.
- 33.- Smith BB, Mauermann WJ, Yalamuri S, Frank RD, Gurrieri M, Smith MM. Intraoperative fluid balance and perioperative outcomes following aortic valve surgery. *Ann Thorac Surg*. 2020; 110(4):1286-1293.
- 34.- Li C, Wang H, Liu N, Jia M, Zhang H, Xi X. Early negative fluid balance is associated with lower mortality after cardiovascular surgery. *Perfusion*. 2018; 33(8):630-637.
- 35.- Pradeep A, Rajagopalam S, Kolli HK, Patel N, Venuto R, Nader ND. High volumes of intravenous fluid during cardiac surgery are associated with increased mortality. *HSR Proceedings in Intensive Care and Cardiovascular Anesthesia* 2010; 2: 287-296.