

República Dominicana  
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Escuela de Medicina  
Centro de Diagnóstico, Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT)  
Residencia de Perfusión

EFFECTIVIDAD DE LA TÉCNICA DE ULTRAFILTRACIÓN MODIFICADA  
ARTERIOVENOSA SIMPLIFICADA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS  
SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDIOVASCULAR CONGENITA CON  
CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN EL PERÍODO MAYO 2021 – MAYO  
2023 EN EL CENTRO CARDIOVASCULAR CEDIMAT SANTO DOMINGO,  
REPÚBLICA DOMINICANA.



Tesis de posgrado para optar por el título de Magister en:

**Perfusión y Circulación Extracorpórea**

Sustentante:

Lic. Jorge Alejandro Ramírez Clavería

Asesores:

Tutora: Lic. Leila Ternera Reyes.

Cotutora: MSc. Brigida Aguerrevere Branger.

Los conceptos emitidos en el presente anteproyecto de tesis de pos grado son de la exclusiva responsabilidad de la sustentante del mismo.

Distrito Nacional: 2023

## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	10
<b>DEDICATORIA</b>	12
<b>RESUMEN</b>	13
<b>ABSTRACT</b>	15
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	17
I.1. Antecedentes	20
I.2. Justificación	21
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	22
<b>III. OBJETIVOS</b>	23
III.1. General	23
III.2. Específicos	24
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b>	25
IV.1. Antecedentes históricos de la técnica de Ultrafiltración	25
IV.2. Principios de la Ultrafiltración	27
IV.3. Aplicaciones de la Ultrafiltración en CEC	29
IV.3.1. Ultrafiltración pre bypass cardiopulmonar (pre-BUF)	30
IV.3.2. Ultrafiltración convencional (CUF)	31
IV.3.3. Ultrafiltración con balance cero y dilucional (ZBUF)	33
IV.3.4.1. Ultrafiltración Modificada (MUF)	34
IV.3.4.2. Ultrafiltración Modificada Simplificada (SMUF)	36
IV.3.4.3. Ultrafiltración Modificada Venovenosa (VVMUF)	37
IV.3.4.4. Complicaciones de la Ultrafiltración Modificada	38
IV.3.5. Ultrafiltración modificada en adultos	39
IV.3.6. Monitorización hemodinámica durante la MUF	40
IV.4. Biomarcadores de la Ultrafiltración	42
IV.4.1. Lactato	42
IV.4.2. Citoquinas	42
IV.4.3. Urea	45
IV.5. Otros usos del Hemofiltro en CEC	46
IV.5.1. Hemodiálisis	47
IV.5.2. Hemodiafiltración	47
IV.6. Consideraciones generales de la edad pediátrica en cirugía cardiaca.	48
IV.7. La escala RACHS-1 en cirugía cardiovascular pediátrica: una herramienta para la estratificación del riesgo.	50
<b>V. HIPÓTESIS</b>	51

<b>VI. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b>	52
<b>VII. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	55
VII.1. Tipo de estudio	55
VII.2. Área de estudio	61
VII.3. Universo	62
VII.4. Muestra	62
VII.5. Criterio	62
VII.5.1. De inclusión	62
VII.5.2. De exclusión	62
VII.6. Instrumento de recolección de datos	63
VII.7. Procedimiento	63
VII.8. Tabulación	64
VII.9. Análisis	64
VII.10. Aspectos éticos	66
<b>VIII. RESULTADOS</b>	67
VIII.1. Aspectos generales de las cardiopatías congénitas del estudio.	67
VIII.2. Efectos de las diferencias de sexo en las variables analizadas del estudio.	72
VIII.3. Distribución de los grupos etarios en las variables de estudio según empleo de la técnica SMUFAV.	74
VIII.4. Impacto del hematocrito en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.	76
VIII.4.1. Análisis del delta hematocrito por grupo etario.	76
VIII.4.2. Análisis del delta hematocrito por escala RACHS.	78
VIII.4.3. Análisis del delta hematocrito por superficie corporal.	79
VIII.4.4. Análisis del delta hematocrito según tiempo de CEC.	79
VIII.5. Impacto del lactato en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.	81
VIII.5.1 Análisis del delta láctico de salida menos entrada por grupo etario.	81
VIII.6. Impacto del volumen de ultrafiltrado convencional en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.	84
VIII.6.1. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional por grupo etario.	84

VIII.6.2. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional según escala RACHS.	86
VIII.6.3. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional según superficie corporal.	86
VIII.6.4. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional en cc/kg según tiempo de CEC.	87
VIII.7. Comportamiento del potasio en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	89
VIII.7.1. Análisis de los resultados del potasio en meq/L por grupo etario	89
VIII.7.2. Análisis de los resultados del potasio en meq/L por tiempo de CEC y según empleo de la técnica SMUFAV	91
VIII.8. Comportamiento del bicarbonato en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	93
VIII.8.1. Análisis de la variable delta bicarbonato según grupo etario.	93
VIII.8.2. Análisis del delta bicarbonato según tiempo de CEC en el empleo de SMUFAV y no SMUFAV.	95
VIII.9. Análisis del requerimiento de transfusiones de paquetes globulares según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	96
VIII.9.1. Análisis de la variable TPG según grupo etario.	96
VIII.9.2. Análisis de la variable TPG según escala RACHS.	98
VIII.9.3. Análisis de la variable TPG según superficie corporal.	98
VIII.9.4. Análisis de la variable TPG según tiempo de CEC en el empleo de SMUFAV y no SMUFAV.	99
VIII.10. Impacto de la glucemia según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	100
VIII.10.1. Análisis de la variable glucemia según grupo etario.	100
VIII.10.2. Análisis de la variable glucemia según escala RACHS.	101
VIII.10.3. Análisis de la variable glucemia según tiempo de CEC.	102
VIII.11. Aspectos generales de la Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa Simplificada	103
<b>IX. DISCUSIÓN</b>	105
IX.1. Efectos de las variables estudiadas según sexo y grupo etario.	105
IX.2. impacto del hematocrito en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea sometidos a SMUFAV y no SMUFAV.	108

IX.3. impacto del lactato en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea sometidos a SMUFAV y no SMUFAV	110
IX.4. impacto del volumen de ultrafiltrado en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea sometidos a SMUFAV y no SMUFAV.	111
IX.5. comportamiento del potasio en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	113
IX.6. comportamiento del bicarbonato en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	114
IX.7. requerimiento de transfusiones de paquetes globulares según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.	115
IX.8. Impacto de la glucemia en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV	116
IX.9. Aspectos generales de la técnica de SMUFAV	116
<b>X. CONCLUSIONES</b>	118
<b>XI. RECOMENDACIONES</b>	119
<b>XII. REFERENCIAS</b>	122
<b>XIII. ANEXOS</b>	132
XIII.1. Cronograma	132
XIII.2. Instrumento de recolección de datos	133
XIII.3. Costos y recursos	135
XIII.3.1. Humanos	135
XIII.3.2. Equipos y materiales	135
XIII.3.3. Información	135
XIII.3.4. Económicos	135
XIII.4. Dibujos y tablas	136
XIII.4.1. Escala de estratificación de riesgo RACHS	136
XIII.4.2. Esquema del funcionamiento del hemofiltro	137
XIII.4.3. Tabla de coeficiente de cribado	137
XIII.4.4. Carta de aprobación del comité de ética CEDIMAT	138
XIV.5. Evaluación	139

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características clínicas y basales de los dos grupos SMUFAV y no SMUFAV.	57
Tabla 2. Comparación de las variables de estudios entre grupos SMUFAV y no SMUFAV.	58
Tabla 3. Pruebas de normalidad de las variables relacionadas a la ultrafiltración modificada.	65
Tabla 4. Frecuencias observadas de las cardiopatías frecuentes en el estudio.	66
Tabla 5. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en recién nacidos del estudio.	68
Tabla 6. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en lactantes menores del estudio.	69
Tabla 7. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en lactantes mayores del estudio.	70
Tabla 8. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en escolares del estudio	70
Tabla 9. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en preadolescentes del estudio.	71
Tabla 10. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en adolescentes del estudio.	72
Tabla 11. Distribución porcentual por sexo y grupo de la muestra del estudio.	72
Tabla 12. Comparación de deltas por sexo.	73
Tabla 13. Cruzada de grupos etarios en SMUFAV y no SMUFAV.	75
Tabla 14. Impacto del hematocrito por grupo etario en los dos grupos de estudio.	77
Tabla 15. Comparación de los deltas hematocrito salida menos entrada por grupos de estudio SMUFAV y no SMUFAV según tiempo de circulación extracorpórea.	81
Tabla 16. Resúmenes de casos por grupos etarios en la variable delta láctico de salida menos láctico de entrada.	82
Tabla 17. Comportamiento de la lactatemia por grupo etario en los dos grupos de estudio.	84
Tabla 18. Comparación de la variable VUC de todos los pacientes según grupo etario.	84
Tabla 19. Impacto del volumen de VUC en cc/kg en los dos grupos de estudio	85
Tabla 20. Comparación del VUC en cc/kg según tiempo de CEC en MUF y no MUF.	89
Tabla 21. Comparación de la variable K <sup>+</sup> post CEC – pre salida de CEC según grupo etario y empleo de SMUFAV.	91

Tabla 22. Comparación de la variable delta K <sup>+</sup> pos CEC – pre salida CEC según tiempo de cirugía y empleo de técnica SMUFAV.	93
Tabla 23. Comparación de la variable HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> según tiempo de CEC y empleo de la técnica SMUFAV.	96
Tabla 24. Comparación de la variable TPG según grupos etarios y empleo de la técnica SMUFAV.	97
Tabla 25. Comparación de la variable TPG según tiempo de CEC y empleo de la técnica SMUFAV.	100
Tabla 26. Comparación de la variable glucemia salida-entrada según grupo etario.	101
Tabla 27. Comparación de la variable glucemia de entrada – salida según grupo etario y técnica empleo de técnica SMUFAV.	101
Tabla 28. Comparación de la variable glucemia salida – entrada en mg/dl según tiempo de CEC y empleo de técnica SMUFAV.	103
Tabla 29. Comparación de los grupos etarios con las variables durante la MUF.	104

## LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Variable Delta Hematocrito Salida de CEC menos pre salida CEC (%) por grupo etario.	76
Gráfico 2. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC según grupos de estudio SMUFAV y no SMUFAV.	78
Gráfico 3. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC.	78
Gráfico 4. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC según superficie corporal	79
Gráfico 5. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC según tiempo de CEC.	80
Gráfico 6. Comparación de la variable VUC en cc/kg según escala RACHS.	86
Gráfico 7. Comparación de la variable VUC en cc/kg según superficie corporal.	87
Gráfico 8. Comparación de la variable VUC según tiempo de CEC.	88
Gráfico 9. Variable delta K <sup>+</sup> (Salida) – K <sup>+</sup> (Entrada) en meq/L por grupo etario	90
Gráfico 10. Comparación de la variable delta K post CEC – presalida de CEC según tiempo de CEC.	92
Gráfico 11. Comparación de la variable delta HCO <sub>3</sub> según grupo SMUFAV y no SMUFAV	94
Gráfico 12. Trasfusión de paquetes globulares en cc/kg por grupo etario.	96
Gráfico 13. Comparación de la variable transfusión de paquetes globulares según escala RACHS.	98
Gráfico 14. Comparación de la variable TPG según superficie corporal	99
Gráfico 15. Comparación de la variable glucemia entrada menos salida según escala RACHS.	102
Gráfico 16. Comparación de la variable glucemia salida – entrada según tiempo de CEC.	102
Gráfico 17. Distribución de cantidad de ultrafiltrado modificado en cc/kg por grupo etario.	103

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Circuito de ultrafiltración convencional.	32
Figura 2. Circuito de Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa.	36
Figura 3. Circuito propuesto por el grupo de Halifax, Nueva Escocia año 2000 para SMUF.	37
Figura 4. Circuito para MUF venovenoso propuesto por Hennein <i>et al.</i> 1999.	38
Figura 5. Diseño del circuito de ultrafiltración modificada simplificada arteriovenosa de la unidad de cirugía de cardiovascular CEDIMAT.	60
Figura 6. Mapa cartografico de CEDIMAT.	61
Figura 7. Vista aérea de CEDIMAT.	61

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la perfusionista Sra. Brigida Aguerrevere, mi maestra, y consejera de la escuela de la asociación latinoamericana de perfusión de República Dominicana, CEDIMAT y Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Gracias a su dedicación y experiencia nos motiva a inspirarnos en la investigación, querer este oficio y hacerlo parte de nuestra vida. También agradezco a todo su equipo de perfusionistas y al equipo médico y de enfermería que me acompañó durante toda mi formación en este bello país, gracias a ellos he adquirido un profundo conocimiento en este campo y he desarrollado habilidades fundamentales para mi carrera. Su apoyo y orientación constante han sido invaluable, y siempre estaré agradecido por su compromiso en mi formación profesional.

Agradezco también a mi asesora de Tesis Sra. Leila Ternera por sus consejos y su vasta experiencia en esta profesión en el área de la cirugía cardiovascular pediátrica para poder desarrollar este trabajo.

También quiero agradecer a mi mentor, Cristian Pacheco, quien ha sido no solo mi colega, sino también un amigo y quien me inspiró a tomar este desafío. Su pasión por la perfusión y su entusiasmo por compartir conocimientos me han motivado a embarcarme en este camino. Sus consejos y su disposición para brindarme apoyo han sido fundamentales en mi crecimiento y desarrollo como perfusionista.

Además, me gustaría extender mi agradecimiento a mis compañeros y compañeras de maestría, con ellos pasamos momentos inolvidables que me hicieron atesorar cada momento en un lugar especial de mi vida, también a todas las personas que creyeron en mí, como mi familia y amigos que me brindaron su apoyo incondicional en la toma de esta decisión. Sus palabras de aliento y confianza en mis capacidades me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y perseguir mis sueños.

Este logro no habría sido posible sin la guía, el estímulo y el respaldo de todas estas personas importantes en mi vida. Les estoy eternamente agradecido y

espero poder devolverles su generosidad a través de mi compromiso continuo con la excelencia en el campo de la perfusión.

Muchas gracias a todos por su apoyo inquebrantable y por ser parte fundamental de mi camino hacia el éxito.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a todas las personas que, con su presencia significativa en mi vida, han despertado un eco profundo en mi conciencia. Mi destino se entrelazó con la trayectoria de este oficio a través de una sincronicidad afortunada y gracias a eso encontré un lugar en el que he crecido tanto profesional como espiritualmente. Renovado de batallas pasadas debo decir que estoy lleno de gratitud hacia este hermoso país del caribe cuya alegría y mística lo distinguen de cualquier otro lugar que haya conocido. Aquí, he encontrado inspiración en su esencia y en la belleza de su cultura los ingredientes que me faltaban para seguir recorriendo el bello camino de la individuación.

## RESUMEN

**Introducción:** La ultrafiltración modificada (MUF) es una técnica médica utilizada para tratar la sobrecarga de líquidos en pacientes críticos pediátricos, obteniendo como beneficio la reducción de la acumulación de agua corporal total observada después de circulación extracorpórea (CEC), reducción del edema miocárdico, la mejora de la función ventricular izquierda, el aumento del hematocrito con la reducción concomitante de la necesidad de productos sanguíneos transfundidos, la mejora de la hemostasia y la distensibilidad pulmonar dinámica y la modificación de la activación del complemento.

**Objetivo:** Evaluar la efectividad de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada (SMUFAV) en cirugía cardíaca con circulación extracorpórea en diferentes grupos etarios de la población pediátrica, considerando el tiempo de circulación extracorpórea, la escala de estratificación de riesgo quirúrgico RACHS, la superficie corporal y su impacto en el aumento del hematocrito, la disminución del lactato, el comportamiento del bicarbonato, potasio y la glucemia además del volumen de ultrafiltrado respecto al grupo que no recibió ultrafiltración modificada en el periodo de mayo 2021 a mayo 2023 en el centro cardiovascular CEDIMAT en Santo Domingo, República Dominicana.

**Metodología:** Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo de los pacientes intervenidos de cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea (CEC) en el periodo de mayo 2021 a mayo de 2023. Se obtuvieron 166 registros de perfusión de pacientes pediátricos clasificados en seis grupos etarios (Recién nacidos, Lactantes menores, Lactantes mayores, Escolares, Preadolescentes y Adolescentes) de los cuales a 81 se les realizó Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa Simplificada (SMUFAV) al salir de CEC y a 85 pacientes no se les realizó esta técnica. Se establecieron diferencias en el comportamiento de las siguientes variables de estudio en dos tiempos: hematocrito, lactato, glucemia, bicarbonato, potasio, transfusión de paquetes globulares (TPG), además se evaluó el volumen de ultrafiltrado convencional (VUC); todas estas variables se correlacionaron según sexo, superficie corporal, tiempo de CEC y escala RACHS.

**Resultados:** Se analizaron todas las variables de estudio. Se encontró un efecto estadístico significativo por grupo etario en el hematocrito de salida – presalida de CEC en los pacientes que se les realizó SMUFAV ( $F = 5,084$ ;  $p = 0,026$ ;  $h^2 = 0,032$ ). Los lactantes mayores tuvieron una mejor respuesta de la técnica en el aumento del hematocrito ( $8,1 \pm 1,1$ ) seguido de los lactantes menores ( $6,0 \pm 1,0$ ) y escolares ( $4,1 \pm 0,7$ ), mientras que este aumento fue más bajo en preadolescentes ( $2,6 \pm 1,0$ ), seguidos de recién nacidos ( $1,5 \pm 1,5$ ) y en adolescentes ( $0,4 \pm 1,0$ ). En los cambios de los niveles de  $HCO_3^-$  por grupos etarios después de emplear SMUFAV hubo mayor diferencia en los recién nacidos con un promedio de  $-3,00$  mmol/L, y menor diferencia en el grupo de preadolescentes, con un promedio de  $-0,06 \pm 0,64$  mmol/L. El volumen de SMUFAV en cc/kg presentó una tendencia a bajar con el aumento de la edad según grupo etario, siendo mayor en recién nacidos con un promedio de  $20,8$  cc/kg y menor en adolescentes con un promedio de  $4,3$  cc/kg  $p < 0,05$ . No hubo diferencias estadísticamente significativas al correlacionar lactato, TPG, potasio, glucemia y VUC por grupo etario, sexo, tiempo de CEC, superficie corporal y escala RACHS en el empleo de la SMUFAV, respecto al grupo que no recibió esta técnica.

**Conclusiones:** El empleo de SMUFAV se relaciona con aumentos en el hematocrito y variaciones en el volumen de ultrafiltrado según el grupo etario del paciente. Esto implica un incremento en la concentración de glóbulos rojos y la viscosidad sanguínea. El bicarbonato se elimina más eficientemente en recién nacidos por el hemoconcentrador, aspecto que debemos considerar para evitar desbalances en el equilibrio ácido-base, ya que este grupo etario es más susceptible a los cambios metabólicos dada su inmadurez fisiológica.

**Palabras Clave:** Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa, Cirugía Cardíaca Pediátrica, Lactato, Hematocrito, circulación extracorpórea, hemoconcentrador.

## ABSTRACT

**Introduction:** Modified ultrafiltration (MUF) is a medical technique used to treat fluid overload in pediatric critical patients, obtaining as a benefit the reduction of total body water accumulation observed after extracorporeal circulation (CPB), reduction of myocardial edema, improvement in left ventricular function, increase in hematocrit with concomitant reduction in the need for transfused blood products, improvement in hemostasis and dynamic lung compliance, and modification of complement activation.

**Objective:** To evaluate the effectiveness of the simplified arteriovenous modified ultrafiltration technique (SMUFAV) in cardiac surgery with extracorporeal circulation in different age groups of the pediatric population, considering extracorporeal circulation time, the RACHS surgical risk stratification scale, body surface area and its impact on the increase in hematocrit, the decrease in lactate, the behavior of bicarbonate, potassium and glycemia in addition to the volume of ultrafiltration compared to the group that did not receive modified ultrafiltration in the period from May 2021 to May 2023 at the CEDIMAT cardiovascular center in Santo Domingo, Dominican Republic.

**Methodology:** A retrospective descriptive study of patients undergoing pediatric cardiac surgery with extracorporeal circulation (CPB) in the period from May 2021 to May 2023 was carried out. 166 perfusion records of pediatric patients classified into six age groups (Newborns) were obtained. , Younger infants, Older infants, Schoolchildren, Preadolescents and Adolescents) of which 81 underwent Simplified Modified Arteriovenous Ultrafiltration (SMUFAV) upon leaving CEC and 85 patients did not undergo this technique. Differences were established in the behavior of the following study variables in two times: hematocrit, lactate, glycemia, bicarbonate, potassium, transfusion of red blood cells (TPG), in addition the volume of conventional ultrafiltered (VUC) was evaluated; all these variables were correlated according to sex, body surface area, ECC time, and RACHS scale.

**Results:** All the study variables were analyzed. A statistically significant effect was found by age group in the CPB exit-pre-exit hematocrit in patients who

underwent SMUFAV ( $F = 5.084$ ;  $p = 0.026$ ;  $h^2 = 0.032$ ). Older infants had a better response to the technique in terms of increased hematocrit ( $8.1 \pm 1.1$ ), followed by younger infants ( $6.0 \pm 1.0$ ) and school children ( $4.1 \pm 0.7$ ). While this increase was lowest in preadolescents ( $2.6 \pm 1.0$ ), followed by newborns ( $1.5 \pm 1.5$ ) and in adolescents ( $0.4 \pm 1.0$ ). In the changes in  $\text{HCO}_3^-$  levels by age group after using SMUFAV, there was a greater difference in newborns with an average of  $-3.00$  mmol/L, and a smaller difference in the preadolescent group, with an average of  $-0.06 \pm 0.64$  mmol/L. The volume of SMUFAV in cc/kg presented a tendency to decrease with increasing age according to age group, being higher in newborns with an average of  $20.8$  cc/kg and lower in adolescents with an average of  $4.3$  cc/kg  $p < 0.05$ . There were no statistically significant differences when correlating lactate, TPG, potassium, glycemia and VUC by age group, sex, ECC time, body surface area and RACHS scale in the use of the SMUFAV, compared to the group that did not receive this technique.

**Conclusions:** The use of SMUFAV is related to increases in hematocrit and variations in the volume of ultrafiltrate according to the age group of the patient. This implies an increase in the concentration of red blood cells and blood viscosity. Bicarbonate is eliminated more efficiently in newborns through the hemoconcentrator, an aspect that we must consider to avoid imbalances in the acid-base balance, since this age group is more susceptible to metabolic changes given its physiological immaturity.

Keywords: Modified Arteriovenous Ultrafiltration, Pediatric Cardiac Surgery, Lactate, Hematocrit, extracorporeal circulation, hemoconcentrator.

## I. INTRODUCCIÓN

La ultrafiltración es una técnica utilizada en la cirugía cardíaca que se ha beneficiado del avance de la circulación extracorpórea (CEC) o máquina pulmón-corazón artificial. Esta técnica permite remover el agua de plasma y solutos por una membrana microporosa. Algunos pacientes que se someten a CEC pueden sufrir una sobrecarga de líquidos y desequilibrios electrolíticos debido al circuito y al trauma quirúrgico, los cuales pueden aumentar la permeabilidad capilar y provocar el desplazamiento de líquidos al espacio extravascular. La ultrafiltración y la diálisis se consideran complementos importantes de las tecnologías extracorpóreas para atenuar estos efectos. Ambas técnicas se utilizan para controlar el volumen sanguíneo, la hemoglobina, las proteínas y ciertas concentraciones de electrolitos y también se ha sugerido que pueden reducir los mediadores que pueden iniciar un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS).<sup>1</sup>

La CEC es una técnica que se utiliza en cirugía cardíaca para reemplazar temporalmente las funciones del corazón y los pulmones. La sangre venosa del paciente se dirige a un circuito extracorpóreo donde se oxigena antes de ser devuelta al cuerpo.

Esta tecnología ha desempeñado un papel crucial en el progreso de la cirugía cardíaca desde sus primeras etapas. Aunque se han realizado algunos experimentos de perfusión de órganos aislados desde principios del siglo XX, fue en 1937 cuando John Gibbon del Massachusetts General Hospital demostró que era posible mantener la vida a un ser humano con una máquina de soporte cardiopulmonar. Sin embargo, estos estudios iniciales se llevaron a cabo en modelos animales y se suspendieron hasta el final de la Segunda Guerra Mundial. En 1953, Gibbon utilizó su máquina, que había sido desarrollada con la ayuda de IBM (International Business Machines).<sup>2</sup>

Otros grupos también hicieron intentos de desarrollar máquinas de CEC con resultados variados, como la máquina de Dodrill-General Motors en 1954. En 1955, John W. Kirklin inició su programa de cirugía cardíaca en la Clínica Mayo, utilizando la máquina de Gibbon con algunas modificaciones que la hacían más sencilla.<sup>3</sup>

Antes del desarrollo de la circulación extracorpórea, la cirugía cardíaca exploró otras alternativas para operar el corazón, como la hipotermia, que implicaba enfriar al paciente sumergiéndolo en una tina de agua fría y corregir quirúrgicamente la malformación cardíaca en el menor tiempo posible. Sin embargo, después del primer éxito de John Gibbon con la circulación extracorpórea, sus siguientes cuatro pacientes fallecieron, lo que lo llevó a abandonar cualquier intento posterior y a generar un pesimismo generalizado acerca de esta técnica. Este pesimismo fue revertido un año más tarde por Walton Lillehei, quien introdujo la "circulación cruzada controlada", donde se conectaba a un paciente (generalmente un niño) a un "donante" (generalmente el padre o la madre), cuyo corazón y pulmones servían como un oxigenador para permitir la cirugía a corazón abierto del paciente. Luego, Lillehei introdujo el oxigenador de burbujas, una técnica simple y de bajo costo que permitió a cirujanos de todo el mundo realizar cirugías a corazón abierto. Por estas razones, Walton Lillehei es considerado por muchos como el «Padre de la Cirugía a Corazón Abierto»<sup>4</sup>.

Desde la década de 1950, la tecnología de la máquina pulmón-corazón artificial ha evolucionado gradualmente, mejorando desde el uso del oxigenador de burbujas hasta el uso del oxigenador de membrana y refinando los circuitos para hacerlos más compatibles con el cuerpo humano. Actualmente, los avances en la protección miocárdica y en el conocimiento de la fisiopatología cardíaca han permitido a los cirujanos realizar una amplia gama de procedimientos en la aorta y los grandes vasos con una seguridad muy alta.

En 1950, se introdujo el concepto de hipotermia profunda por Bigelow<sup>5</sup> como un medio para proteger los órganos durante la reparación cardíaca en parada circulatoria. Walton Lillehei también hizo una contribución significativa al desarrollar la circulación cruzada controlada, que permitió una serie de intervenciones exitosas entre padres e hijos con compatibilidad de grupo sanguíneo.

La CEC, aunque es esencial para muchos procedimientos de cirugía cardíaca, también conlleva riesgos y puede aumentar los efectos negativos de la cirugía. Es por esto que es necesario tomar medidas para minimizarlos.

Para eso debemos tomar en cuenta que este procedimiento desencadena una serie de respuestas fisiológicas y bioquímicas adversas en el organismo, incluyendo la activación de la respuesta inflamatoria, el desequilibrio hidroelectrolítico y la acumulación de fluidos. Actualmente se están desarrollando nuevos materiales y técnicas para minimizar estos efectos negativos, como materiales más compatibles con el cuerpo, sistemas de seguridad y técnicas de ahorro sanguíneo y hemoderivados<sup>6</sup>. También se están investigando nuevos enfoques quirúrgicos menos invasivos, técnicas de protección para el corazón y el cerebro, y nuevas estrategias anestésicas para mejorar la atención al paciente.

En este contexto, la ultrafiltración se ha propuesto como una estrategia para mitigar los efectos perjudiciales de la CEC al eliminar selectivamente líquido y solutos del torrente sanguíneo durante el procedimiento. Sin embargo, la ultrafiltración convencional puede conducir a desequilibrios hemodinámicos y electrolíticos, lo que ha llevado al desarrollo de técnicas de ultrafiltración modificada (MUF, por sus siglas en inglés) con el objetivo de optimizar el control del equilibrio hídrico y minimizar los efectos adversos.

La ultrafiltración es una técnica médica utilizada para tratar la sobrecarga de líquidos en pacientes críticos, especialmente en casos de fallo renal. Esta técnica consiste en la filtración de líquidos del cuerpo a través de un filtro llamado hemofiltro, el cual es capaz de retener moléculas de tamaño grande y permitir el paso de moléculas más pequeñas.<sup>7</sup>

La ultrafiltración ha demostrado ser muy efectiva en el tratamiento de la sobrecarga de líquidos en pacientes críticos, ya que permite eliminar el exceso de líquido del cuerpo y aliviar la presión en los órganos vitales. Además, recientemente se ha descubierto que esta técnica también es valiosa en el manejo de situaciones de sepsis y shock séptico-inflamatorio.<sup>8,9</sup>

Uno de los mecanismos de acción más importantes de los hemofiltros modernos es su capacidad de aclarar moléculas de pequeño peso molecular, manteniendo la osmolaridad del suero. Esto es importante ya que las proteínas no se filtran y entre las moléculas pequeñas que se eliminan se encuentran las principales moléculas proinflamatorias, como interleucinas, leucotrienos y factor de necrosis

tumoral. Estas moléculas son responsables de la inflamación y de la respuesta inmunológica, por lo que su eliminación puede ayudar a aliviar los síntomas de sepsis y shock.

### I.1. Antecedentes

A lo largo de la historia, la ultrafiltración con membranas ultraporosas ha sido utilizada para diversos fines en el ámbito médico. La ultrafiltración es un proceso mediante el cual el agua se mueve a través de una membrana debido a un gradiente de presión hidrostática o presión transmembrana (PTM), sin necesidad de dializado en el lado opuesto de la membrana. A medida que el agua se difunde, se crea un gradiente de concentración de soluto a través de la membrana, lo que lleva a la eliminación de solutos mediante convección. El líquido eliminado durante la ultrafiltración se denomina ultrafiltrado o agua de plasma.

Por otro lado, la diálisis se refiere a un proceso en el que la sangre se separa de una solución cristalinoide o dializado por una membrana semipermeable. Existe un gradiente de concentración de solutos entre la sangre y el dializado, lo que resulta en el transporte de solutos por difusión de una concentración más alta a una más baja. La ultrafiltración también se puede emplear durante la diálisis al alterar la PTM.<sup>10</sup>

En el año 1900, se comenzó a emplear esta técnica para aliviar el edema en pacientes con insuficiencia renal. Posteriormente, en la década de 1970, se utilizó en procedimientos de cirugía a corazón abierto. En 1979, gracias a las investigaciones de Magilligan, se extendió su uso en el período trans y postoperatorio, aunque se limitaba a pacientes con daño renal o como alternativa a la hemodiálisis. A partir de la década de 1980, la ultrafiltración se convirtió en una técnica de conservación de la sangre, al preservar las plaquetas y los factores de coagulación. Finalmente, en 1991, Naik y sus colegas introdujeron un medio para remover el agua corporal de los pacientes neonatos y pediátricos.<sup>11</sup>

El aumento del agua en el cuerpo total asociado con la circulación extracorpórea (CEC) en niños puede ser la causa de importantes disfunciones orgánicas, lo cual

puede complicarse aún más con el desarrollo de un síndrome de "fuga capilar" como resultado de la respuesta inflamatoria iniciada por la CEC

Se han propuesto varios métodos para tratar este problema, como la diálisis peritoneal después de la cirugía y el uso intensivo de diuréticos. Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones, especialmente en cirugías pediátricas, donde se utilizan volúmenes de líquido reducidos.

En la unidad de cardiocirugía pediátrica de CEDIMAT, se utiliza la ultrafiltración convencional, mientras los volúmenes contenidos en el reservorio lo permitan, pero no es suficiente con el empleo del método convencional en términos de su capacidad limitada para eliminar agua y aumentar el hematocrito, También es necesario considerar después de finalizar el bypass cardiopulmonar proporcionar a las cavidades derechas sangre oxigenada, mejorar la compliance ventricular, disminuir la respuesta inflamatoria y concentrar los factores de la coagulación, por lo que es necesario realizar al finalizar la CEC la ultrafiltración modificada (MUF) en modalidad arteriovenosa.

## 1.2 Justificación

Investigaciones previas han demostrado los beneficios potenciales de la ultrafiltración modificada en CEC en cirugía cardiovascular pediátrica<sup>12</sup>. Estudios clínicos han informado una reducción en la necesidad de transfusiones sanguíneas, una disminución en la acumulación de fluidos y una mejoría en los resultados clínicos en pacientes sometidos a cirugía cardíaca utilizando la técnica de MUF. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la MUF puede ofrecer ventajas sobre la ultrafiltración convencional en términos de equilibrio hídrico, respuesta inflamatoria y desenlaces clínicos.

Sin embargo, a pesar de los resultados alentadores, aún existen preguntas sin resolver en relación a la implementación de la ultrafiltración modificada en la CEC. Por ejemplo, la optimización de los parámetros de MUF, como la tasa de ultrafiltración, la composición del fluido de reemplazo y el monitoreo hemodinámico

durante el procedimiento, requieren mayor investigación para determinar su impacto en los resultados clínicos y la seguridad del paciente.

Con la finalidad de aclarar esta dicotomía, este estudio se centra en investigar el impacto de esta técnica en la experiencia local del centro cardiovascular CEDIMAT evidenciado en el efecto sobre la concentración de la sangre y la eliminación del exceso de líquido y lactato al término de la CEC, en pacientes pediátricos con cardiopatías congénitas según grupo etario y el tiempo de duración de la CEC

Al termino de este trabajo deberíamos responder ¿Qué grupos etarios se beneficiarían más con la técnica de ultrafiltración modificada en función de nuestras variables evaluadas? Y según la duración del procedimiento ¿Se beneficiarán de esta técnica los pacientes pediátricos sometidos a cirugías cardíacas de corta duración de la misma forma que una cirugía de larga duración?

Para lograr esto, se utilizará un enfoque multidisciplinario que combina la revisión de la literatura, el análisis de datos clínicos y ensayos clínicos controlados, con la finalidad de obtener una comprensión más profunda de esta técnica y su aplicabilidad en la práctica clínica.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La acumulación de líquido extracelular asociada con la circulación extracorpórea en todos los pacientes y con mayor relevancia en la población pediátrica tiene efectos negativos significativos. Aunque la ultrafiltración convencional puede eliminar parte de este líquido, la ultrafiltración modificada realizada inmediatamente después de la CEC en algunos estudios ha demostrado ser efectiva al reducir la acumulación de agua asociada con la CEC y eliminar una mayor cantidad de mediadores de la respuesta inflamatoria y aumento de la disponibilidad de los factores de coagulación por hemoconcentración.<sup>13</sup>

Esta técnica se ha demostrado especialmente útil en el manejo de pacientes pediátricos sometidos a hipotermia y hemodilución, especialmente en neonatos de alto riesgo, al disminuir las complicaciones postoperatorias como insuficiencia

respiratoria, disfunción renal, trastornos de la coagulación, disfunción neurológica, alteración de la función hepática y falla orgánica múltiple. <sup>14</sup>

El uso de la ultrafiltración modificada (MUF) en cirugía cardíaca pediátrica en Circulación Extracorpórea (CEC) sigue siendo objeto de debate en la actualidad, muchos autores destacan la utilidad de la técnica para reducir la respuesta inflamatoria sistémica, concentrar la sangre y los factores de la coagulación además de eliminar el exceso de líquido. Otros autores no encuentran un impacto significativo en la reducción de la mortalidad de los pacientes sometidos a esta técnica. <sup>15</sup>

Aunque el uso de la técnica sigue siendo controversial es necesario identificar qué grupo de pacientes pediátricos se benefician más con la técnica evidenciado por un impacto significativo en el hematocrito, el lactato y el volumen de ultrafiltrado según el tipo de cirugía realizada y según la duración de esta en comparación con la ultrafiltración convencional.

Se realizó un estudio retrospectivo de todos los pacientes desde mayo 2021 a mayo del año 2023 del servicio de cirugía cardiovascular pediátrica del Centro de Diagnóstico y Medicina Avanzada y de Conferencias Médicas y Telemedicina (CEDIMAT) categorizados en dos grupos a los que se les realizó ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada (SMUFAV) y a los que no, revisando los expedientes clínicos e historias de perfusión de este departamento

Para este estudio se dividen los pacientes de estudios según grupo etario en la población pediátrica menor de 18 años, en neonatos hasta 1 mes, lactantes menores hasta los 11 meses, lactantes mayores hasta 1 año 11 meses, en preescolares hasta los 6 años 11 meses, preadolescentes hasta los 11 años 11 meses y adolescentes hasta los 17 años 11 meses.

### **III. OBJETIVOS**

#### **III.1. General**

Evaluar la efectividad de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada (SMUFAV) en cirugía cardíaca con circulación extracorpórea en

diferentes grupos etarios de la población pediátrica, considerando el tiempo de circulación extracorpórea, la escala de estratificación de riesgo quirúrgico RACHS, la superficie corporal y su impacto en el aumento del hematocrito, la disminución del lactato, el comportamiento del bicarbonato, potasio y la glucemia además del volumen de ultrafiltrado respecto al grupo que no recibió ultrafiltración modificada en el periodo de mayo 2021 a mayo 2023 en el centro cardiovascular CEDIMAT en Santo Domingo, República Dominicana.

### III.2. Específicos:

1. Evaluar el impacto del sexo de todos los pacientes pediátricos sometidos a circulación extracorpórea en este estudio.
2. Evaluar el impacto del hematocrito en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.
3. Evaluar el Impacto del lactato en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.
4. Evaluar el Impacto del volumen de ultrafiltrado en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.
5. Determinar el comportamiento del potasio en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.
6. Determinar el comportamiento del bicarbonato en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.
7. Identificar el requerimiento de transfusiones de paquetes globulares según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.
8. Evaluar el Impacto de la glucemia en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.

9. Evaluar la efectividad de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada por grupo etario.

#### **IV. MARCO TEÓRICO**

##### IV.1. Antecedentes históricos de la técnica de Ultrafiltración

La técnica de hemofiltración, también conocida como ultrafiltración, fue desarrollada en la década de los 50 del siglo XX, pero tiene una larga historia detrás, con el descubrimiento de fenómenos fisicoquímicos que llevaron al conocimiento y empleo de la técnica con distintas aplicaciones clínicas.

En 1748, J.A. Nollet, quien en ese entonces era profesor de física experimental en la Universidad de Navarra, realizó un experimento con una membrana de vejiga animal, donde colocó alcohol de un lado y agua del otro, observando que el agua fluía a través de la vejiga para mezclarse con el alcohol, mientras que el alcohol no se mezclaba con el agua. A partir de este experimento, Nollet descubrió la existencia de membranas semipermeables, las cuales permitían el paso de ciertos componentes de una solución mientras evitaban la difusión de otros.<sup>16</sup> En la terminología científica, a la sustancia que atraviesa una membrana se le conoce como solvente de una solución, mientras que la que no puede fluir a través de ella se conoce como soluto. Esto explicaba entre otras cosas el fenómeno de la "osmosis" y uno de sus principales agentes, la membrana semipermeable, cuyos hallazgos fueron fundamentales para lo que más tarde se convertiría en la hemodiálisis.

Sin embargo, tuvieron que pasar alrededor de cien años para que se descubrieran las leyes que rigen la "presión osmótica", fuerzas generadas a través de una membrana semipermeable, las cuales fueron descritas en 1828 por el médico-biólogo y físico francés Henri Dutrochet.<sup>17,18</sup>

Entre los años 1854 y 1861, Thomas Graham un químico escocés, publicó un artículo llamado "Fuerza osmótica", en el que detalló el proceso de separar sustancias usando una membrana semipermeable publicó los mecanismos de la

"difusión" (diálisis), demostrando el paso de solutos a través de esta membrana obedeciendo a gradientes de concentración.

Thomas Graham demostró que el papel pergamino podía ser utilizado para separar moléculas más grandes o coloides de cristaloides, y también identificó la relación directa entre el peso molecular del soluto y la velocidad de difusión.<sup>19</sup> Tras la publicación de su artículo, otros investigadores continuaron investigando materiales de membrana para separar coloides de cristaloides, incluyendo Adolf Fick médico y físico alemán que en 1856 descubrió las leyes que rigen la difusión, también conocidas como las "Leyes de Fick".<sup>20</sup> No obstante, se debió esperar casi otro siglo para que estos fenómenos se aplicaran por primera vez "in vivo" en 1913 en la Escuela de Medicina Johns Hopkins (Baltimore, Maryland, Estados Unidos), gracias a John Jacob Abel, Leonard Rowntree y Bernard Turne, que utilizaron un aparato llamado "vividifusor" (dializador de colodión).<sup>21</sup>

En 1913, John Jacob Abel se interesó por derivar solutos de sangre animal, lo que llevó al primer procedimiento de diálisis reportado. Abel utilizó una membrana de colodión, y para evitar la coagulación de la sangre al exponerla a superficies extrañas, utilizó hirudina<sup>22</sup>, un anticoagulante derivado de cabezas de sanguijuela trituradas.

A partir de entonces, la investigación y los avances se aceleraron significativamente. El primer procedimiento de diálisis clínica se llevó a cabo en el verano de 1924, George Haas modificó el vividifusor en la Universidad de Giessen (Alemania) y empleó por primera vez en humanos el "Haas Dialyzer"<sup>23</sup> (también de membranas de colodión). Dializó a seis pacientes entre 1924 y 1928. A pesar de que ninguno sobrevivió, Haas hizo importantes avances en la hemodiálisis en 1927, cuando incorporó una bomba de sangre y el uso de la heparina, un anticoagulante recién descubierto.<sup>24</sup>

Durante la década de 1930, numerosos investigadores desarrollaron y estudiaron diversos materiales de membrana semipermeable, como el celofán y la celulosa modificada químicamente. Tras la Segunda Guerra Mundial, Willem Kolff de la Universidad de Groningen construyó el primer riñón artificial usando la membrana de celulosa regenerada, el celofán. El dispositivo consistía en un barril

de tambor giratorio con espacios abiertos entre los listones, y la membrana se envolvía alrededor del tambor. Kolff mejoró su dispositivo original y envió sus máquinas de diálisis a 22 centros en todo el mundo. En 1950, Kolff colaboró con los Drs. Victor Vertes y Bruno Walschinger para mejorar un dializador de tipo bobina, y desarrolló el primer riñón artificial desechable listo para usar.<sup>25</sup>

El desarrollo del dializador de placas planas comenzó en 1947 por Leonard Skeggs y Jack Leonards. Este diseño incluía varias capas de membrana intercaladas entre dos almohadillas de goma para aumentar la cantidad de superficie de la membrana.<sup>26</sup>

Su primera aplicación en cirugía cardíaca se atribuye a Romagnoli *et al.* en 1957, quienes utilizaron hemoconcentradores para concentrar el volumen residual del oxigenador al final de la circulación extracorpórea (CEC). En 1979, Darup *et al.* ampliaron el uso de la ultrafiltración durante la CEC al emplear esta técnica para separar y extraer agua del volumen circulante del paciente. Este fue el primer uso documentado de la ultrafiltración durante la CEC para la eliminación de líquidos en pacientes quirúrgicos.<sup>27</sup>

En 1991, Naik y Elliot introdujeron la técnica de ultrafiltración modificada (UFM), la cual se realiza después de la CEC para eliminar rápidamente el exceso de agua intersticial acumulada durante el procedimiento en neonatos y lactantes. La aplicación de la UFM mejoró significativamente los resultados de la cirugía cardíaca en pacientes pediátricos que son especialmente sensibles al desplazamiento de agua al tercer espacio y que suelen presentar complicaciones asociadas a la respuesta inflamatoria sistémica (SIRS).<sup>28</sup>

En términos generales, los pacientes sometidos a la CEC presentan un alto riesgo de desarrollar sobrecarga hídrica, alteraciones electrolíticas y aumento de la permeabilidad capilar debido a múltiples factores, entre ellos el contacto con superficies no endoteliales y el trauma quirúrgico.

## IV.2 Principios de la Ultrafiltración

La ultrafiltración es un proceso de separación que se utiliza en diversas aplicaciones médicas y científicas para eliminar el exceso de líquidos y solutos de una solución. En el contexto de la terapia renal sustitutiva y la cirugía cardiovascular, la ultrafiltración se emplea para controlar la sobrecarga de líquidos en pacientes.<sup>29</sup>

La sangre al entrar al hemofiltro pasa por una membrana de fibras huecas semipermeable que solo permite el paso del agua y ciertos solutos de bajo peso molecular por gradiente de concentración. Los solutos de bajo peso molecular menores de 65000 daltons, que se encuentren en mayor proporción con la sangre; pasarán al lugar de menor concentración arrastrados por el agua hasta igualar la concentración de estos solutos a ambos lados de la membrana. Esto da como resultado una concentración de elementos celulares y moléculas grandes como proteínas plasmáticas en un lado de la membrana y agua con moléculas pequeñas en el otro lado.

Durante la ultrafiltración la sangre pasa a través de un haz de fibras huecas hechas de una membrana microporosa, estos filtros pueden tener entre 10000 a 20000 fibras, las fibras huecas tienen entre 180 y 200 micras de diámetro y los poros de la membrana microporosa tienen entre 5 y 10 nanómetros, estas fibras están configuradas en un haz y encerradas en una cubierta de policarbonato<sup>30</sup>

La diferencial de presión hidrostática que se presenta a través de la membrana o presión transmembrana (PTM), provee la fuerza de empuje para la ultrafiltración. La PTM es una función del promedio de presión de la sangre que pasa por el sistema más la presión negativa del lado por donde fluye el líquido (efluente). La fórmula se puede expresar de la siguiente manera.

$$PTM = (P1 + P2) / 2 + P3$$

Donde la Presión Transmembrana es igual a la suma de P1 que es la presión de entrada más P2 que es la presión de salida, dividida entre dos más P3 que es la presión negativa aplicada en el efluente. El líquido eliminado por el lado del efluente del ultrafiltro se conoce como agua plasmática, para aumentar la tasa de

eliminación del agua plasmática se puede colocar una succión al vacío en el lado del efluente del ultrafiltro. La tasa de eliminación de agua plasmática a través del hemofiltro se conoce como coeficiente de ultrafiltración (KUF); por lo habitual es de 2 a 50ml/hr/mmHg y depende de factores como la presión transmembrana que no debe exceder de 500 a 600mmHg según el fabricante, flujo sanguíneo, coeficiente de ultrafiltración, niveles de hematocrito y proteínas plasmáticas. A mayor presión transmembrana y flujo sanguíneo, mayor KUF, pero niveles de hematocrito y proteínas plasmáticas bajos, aumentan el KUF. (ver anexo XIV.4.2)

La eficiencia con la que la membrana elimina los desechos se determina mediante el coeficiente de cribado y su valor máximo para un determinado soluto es de uno, lo que implica la transferencia libre del soluto, desde la sangre del paciente hasta el filtrado, a través de la membrana del hemofiltro. Esto refleja el cociente de concentración del soluto entre el filtrado y la sangre del paciente, es decir si el cociente de cribado es de 0,2, se elimina el 20 por ciento de los solutos presentes en la sangre por convección. (ver anexo XIV.4.3).<sup>31</sup>

#### IV.3. Aplicaciones de la Ultrafiltración en CEC

La técnica de la ultrafiltración en cirugía cardíaca ofrece numerosas aplicaciones en distintos momentos quirúrgicos. En particular, se ha implementado en la fase pre-bypass cardiopulmonar (pre-BCP), peri-bypass cardiopulmonar (peri-BCP) y post-bypass cardiopulmonar (post-BCP), cada una de las cuales desempeña un papel específico en el manejo clínico de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

- Pre-BCP: Pre-BUF
- Peri-BCP: DUF, ZBUF, CUF
- Post-BCP: MUF, SMUF, VVMUF.

La fase pre-BCP de la ultrafiltración se realiza antes de la conexión al bypass cardiopulmonar, y tiene como objetivo eliminar el exceso de líquido y mejorar la hemodinámica del paciente. Esta técnica permite reducir la sobrecarga de volumen, optimizar las condiciones hemodinámicas y preparar al paciente de

manera óptima para el procedimiento quirúrgico antes de entrar en circulación extracorpórea.

Durante la fase peri-BCP, la ultrafiltración se lleva a cabo de forma continua o intermitente durante el bypass cardiopulmonar. Su objetivo principal es mantener la estabilidad hemodinámica y controlar la homeostasis hidroelectrolítica durante el procedimiento quirúrgico. Esta técnica permite eliminar líquidos y solutos acumulados durante la cirugía, reducir la respuesta inflamatoria sistémica y preservar la función renal. La ultrafiltración peri-BCP ha demostrado ser eficaz en la prevención de la sobrecarga de volumen, la disfunción orgánica y las complicaciones asociadas a la cirugía cardíaca. Esta fase de la ultrafiltración es más factible emplearla en cirugía cardíaca de adultos, ya que los volúmenes del reservorio permiten el empleo de la técnica.

En la fase post-BCP, la ultrafiltración se realiza después de la desconexión del bypass cardiopulmonar, con el objetivo de eliminar líquidos y solutos acumulados durante la cirugía, y restablecer el equilibrio hídrico y electrolítico del paciente. Esta técnica contribuye a la prevención de la insuficiencia renal aguda, la reducción de la retención de líquidos y la mejora de la función cardiovascular. La ultrafiltración post-BCP ha demostrado ser beneficiosa en la optimización del estado hemodinámico, la reducción de complicaciones postoperatorias y la aceleración de la recuperación en pacientes pediátricos.<sup>32</sup>

#### IV.3.1. Ultrafiltración pre bypass cardiopulmonar (pre-BUF)

El proceso de ultrafiltración pre bypass se lleva a cabo utilizando un hemofiltro, que se conecta al circuito de la bomba de circulación extracorpórea y se utiliza antes de que se inicie el bypass cardiopulmonar, en condiciones que precisen cebado previo con sangre del banco. La sangre de banco junto con el cristalóide del reservorio pasa a través del hemofiltro eliminando selectivamente el exceso de líquido y solutos. Se titula el reemplazo de líquidos con una solución balanceada para mantener un nivel mínimo en el reservorio. Ridley fue el primero en describir la ultrafiltración pre bypass (Pre-BUF) en 1990, técnica utilizada para ultrafiltrar el

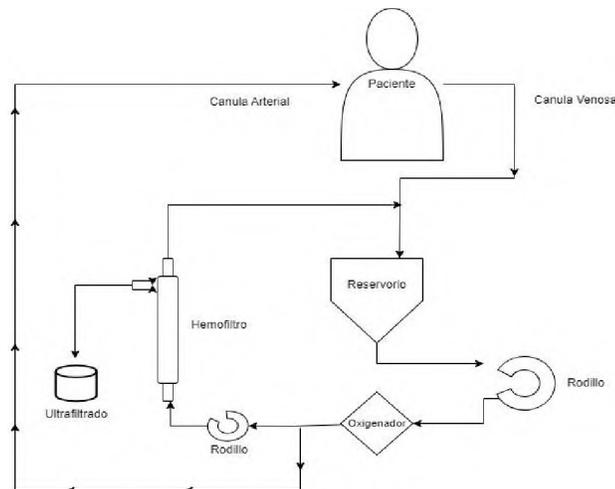
cebado del circuito<sup>33,34</sup>. Posteriormente la técnica fue replicada por Sakurai y Nagatsu en 1998 y 1995 respectivamente<sup>35,36</sup>. Se ha demostrado que esta técnica reduce los niveles de bradicinina, factor XIII, precalicreina y cininogeno de alto peso molecular. Estos mismos autores informan que la técnica redujo la caída de la presión arterial al inicio de la CEC, redujo la incidencia de edema postoperatorio, atenuó la insuficiencia cardiaca y redujo la disfunción pulmonar. Otros autores como Delaney *et al.* 2013 señalan que la pre-BUF normaliza el equilibrio electrolítico de los circuitos de soporte vital extracorpóreo cebados con sangre y puede reducir el riesgo de paro cardíaco hiperpotasémico relacionado con la transfusión en niños pequeños que requieren soporte vital extracorpóreo venovenoso<sup>37</sup>. Las consideraciones técnicas para el empleo de pre-BUF es tener un nivel mínimo de operatividad, los niveles de electrolitos deben ser medidos después del empleo de esta técnica, para evitar el desbalance al momento de entrar en CEC.

#### IV.3.2. Ultrafiltración convencional (CUF)

El método de ultrafiltración convencional se lleva a cabo durante la circulación extracorpórea en la fase de recalentamiento y después de alcanzar los 28°C, con el objetivo de aumentar gradualmente el hematocrito a medida que aumenta la temperatura. Es la técnica más ampliamente usada en CEC para eliminar el exceso de agua corporal.<sup>38</sup> Antes de finalizar la CEC, se determinan valores como el hematocrito, hemoglobina, proteínas totales y la presión oncótica coloidal. El volumen del paciente se determina mediante la presión venosa central. El circuito de ultrafiltración se instala antes de purgar el circuito extracorpóreo, y la salida del mismo se conecta a la entrada del oxigenador de membrana. Por lo general, se coloca la entrada del hemofiltro en un punto de salida de presión positiva post membrana del oxigenador y regresa al reservorio venoso. Ver figura 1. Esta técnica es de elección cuanto la sobrecarga hídrica durante la CEC está dada por el cebado del circuito, la cardioplejía cristaloide administrada y el aspirado a la bomba procedente de la irrigación del campo quirúrgico. Los resultados de este tipo de

ultrafiltración son el aumento del hematocrito y de las proteínas plasmáticas por concentración de las mismas, también es útil para pacientes que van a cirugía con falla cardíaca y renal. La cantidad de líquido extraído está limitada por el nivel mínimo permitido en el reservorio venoso también conocido como nivel mínimo de operatividad. En la última década muy pocos estudios han revelado los beneficios de la CUF en pediatría, porque se ha extendido el concepto de evitar la hemodilución por la reducción del tamaño de los circuitos, cebado sanguíneo y fabricación de reservorios venosos que permitan niveles más bajos de operatividad. Es por esto que existen otras variaciones de esta técnica en pediatría, para lograr el objetivo de subir el hematocrito, barrer mediadores proinflamatorios y concentrar proteínas plasmáticas. Un estudio de Elayashi y cols<sup>39</sup>. Comparó la retención de agua pulmonar extravascular en pacientes pediátricos entre 1 y 48 meses de edad, utilizó CUF. Para lograr un hematocrito del 28% en un grupo, se utilizó un dispositivo de ultrafiltración continua, mientras que en el otro grupo no se utilizó CUF, sino que se añadieron concentrados de glóbulos rojos durante la circulación extracorpórea para alcanzar un hematocrito del 28%. Los resultados del estudio demostraron que no se observaron diferencias significativas en la acumulación de líquido en los pulmones ni en el nivel de oxigenación después de la CEC.

Figura 1. Circuito de ultrafiltración convencional



#### IV.3.3 Ultrafiltración con balance cero y dilucional (ZBUF)

El término “Zero-Balance ultrafiltration” (ZBUF) y ultrafiltración dilucional (DUF) se suele usar de forma intercalada durante el bypass cardiopulmonar. DUF implicaba diluir al paciente y luego extraer la misma cantidad de cristaloides administrada por el hemofiltro. En términos prácticos ZBUF es la técnica que se emplea para hemofiltrar lo que está contenido en el reservorio y luego reponer el volumen ultrafiltrado con cristaloides en cantidades idénticas, lo que nos da finalmente un balance cero en la reposición de fluidos.<sup>40</sup> Puede ser beneficiosa esta técnica cuando no hay un volumen suficiente en el reservorio para hemofiltrar como se haría de la forma convencional, para reducir valores de electrolitos indeseables, reducir la respuesta inflamatoria hemofiltrando los mediadores en el volumen circulante. Esta técnica puede dar como resultado un buen balance hidroelectrolítico, cuyos valores se aproximan al cristaloides administrado. Jounois y cols informaron por primera vez la ZBUF, esta utiliza el mismo circuito de la CUF y consiste en administrar una solución de reemplazo durante la conducción de la perfusión y ultrafiltraría una proporción de 1:1 con la finalidad de eliminar algún soluto que se encuentre en exceso en la volemia del paciente, reducir la concentración de cualquier soluto en el plasma mediante el reemplazo de líquido por uno libre de ese soluto en particular. Los pacientes sometidos a cirugía cardíaca pueden desarrollar hipercalemia por la administración de cardioplejía con altas concentraciones de potasio, por falla renal previa, transfusiones de paquetes globulares o por la administración de fármacos ahorradores de potasio previo a la intervención. La hipercalemia debe resolverse antes del término de la cirugía y reperfundir el corazón, ya que podría producir alteraciones de la actividad eléctrica e impedir el destete del bypass cardiopulmonar, en estos casos la ZBUF puede realizarse administrando una solución libre de potasio y que contengan los solutos que no se desean eliminar. Por ejemplo, si se utiliza 1 litro de cloruro de sodio al 0.9% se le debe agregar bicarbonato y calcio para prevenir el descenso de estos electrolitos en el paciente. Esta técnica ha demostrado, además reducir la respuesta inflamatoria sistémica generada durante la CEC, debido a que el hemofiltro también puede eliminar factores proinflamatorios; idealmente se realiza

después del recalentamiento, ya que es el momento en que estas sustancias alcanzan el nivel peak. Cuando el propósito del ZBUF es únicamente eliminar factores proinflamatorios, la solución de reemplazo debe ser similar al plasma en cuanto a concentración de electrolitos. Cuando se realiza el ZBUF se debe tener presente que se eliminará heparina, por lo que es necesario monitorizar el tiempo de coagulación activado. También se pueden eliminar sustancias proinflamatorias como factor de necrosis tumoral alfa, interleuquina-1, interleuquina-6, interleuquina-8 y solutos como urea y creatinina.<sup>41,42</sup>

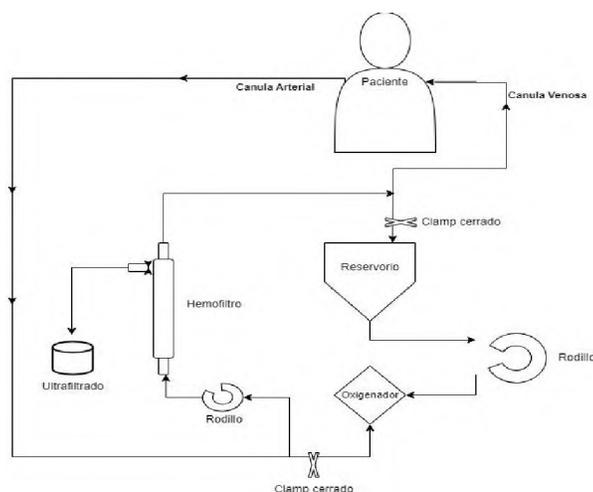
#### IV.3.4.1. Ultrafiltración Modificada (MUF)

El término ultrafiltración modificada se refiere al procedimiento empleado después de la CEC, en donde un hemofiltro es incorporado al circuito para remover el agua como resultado de la hemodilución en la cirugía y aumentar el hematocrito.<sup>43</sup> Durante el procedimiento, se monitorea de cerca la presión de aurícula izquierda, presión arterial pulmonar, presión arterial sistémica y saturación arteriovenosa mixta de aurícula izquierda e índice cardíaco. Este método también puede ser realizado en forma venovenosa o arteriovenosa, donde la sangre se extrae de la aurícula derecha o aorta y se reinfunde ya ultrafiltrada hacia la aorta o aurícula derecha respectivamente. Esta ultrafiltración al finalizar el bypass tiene innumerables beneficios que son reportados en la literatura, como barrer los mediadores proinflamatorios, citoquinas, interleucinas, lactato, algunos electrolitos con valores superiores al rango normal, concentrar los factores de la coagulación, y mejorar el hematocrito entre otros beneficios<sup>44</sup>. También el empleo de esta técnica puede mejorar el edema miocárdico, disminuir el requerimiento de inotrópicos. Si bien los beneficios de la MUF son discutibles, el empleo de la técnica está sujeto al criterio clínico de los profesionales al terminar el procedimiento.<sup>45</sup> Esta técnica fue descrita por primera vez en el año 1991 por Naik y Elliot en “The Hospital for Sick Children in London” conocido como Great Ormond Street Hospital (GOSH).<sup>46</sup> Este método producía un flujo inverso a la circulación convencional, extrayendo sangre por la cánula arterial, pasándolo por un rodillo hacia el

hemofiltro y pasando a su vez por un intercambiador de calor externo o del set de cardioplejía y de regreso por la cánula venosa con un clamp puesto hacia el reservorio de cardiectomía. Este método fue conocido como el método GOSH o Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa (AVMUF). Ver figura 2.

Diversos estudios han investigado los efectos de la ultrafiltración modificada (MUF) en la inflamación sistémica. Los resultados clave indican que la MUF conduce a una reducción significativa de los niveles de interleucina-8 (IL-8) y endotelina-1 (ET-1), sin alterar los niveles de factor de necrosis tumoral-alfa (TNF- $\alpha$ ). Además, se observó una disminución en los niveles de ET-1 después de la MUF. No se encontraron cambios significativos en los niveles de tromboxano-B<sub>2</sub>, ETn-1 y leucotrieno-B<sub>4</sub> después de la circulación extracorpórea (CEC) con MUF. Se observó una reducción esencial en los niveles de interleucina-6 (IL-6), molécula de adhesión intercelular 1 y molécula de adhesión de células vasculares 1 después de la MUF. Además, la MUF redujo las endotoxinas circulatorias y su recurrencia durante la ultrafiltración. No se encontraron diferencias significativas en los niveles de TNF- $\alpha$ , interleucina-1beta (IL-1 $\beta$ ), interleucina-1 receptor antagonista (IL-1ra), complementos (C3d y C4d) entre los grupos. Después de la MUF, se observaron niveles considerablemente más bajos de IL-6 en suero, una eliminación leve de tromboxano-B<sub>2</sub> y niveles de ET-1 sin cambios. La MUF también condujo a una menor activación plaquetaria, como se evidenció por marcadores de cubierta de monocitos CD45 y CD14. La eliminación de la prostaglandina E-2 fue identificada como una de las causas del aumento de la presión arterial. Además, la MUF se asoció con concentraciones elevadas de citoquinas proinflamatorias (IL-6 e IL-8) en los alvéolos y mediaciones de tromboxano transpulmonar. Otros estudios también encontraron una disminución de factores inflamatorios, endotoxinas y complementos asociados con la MUF.<sup>47</sup>

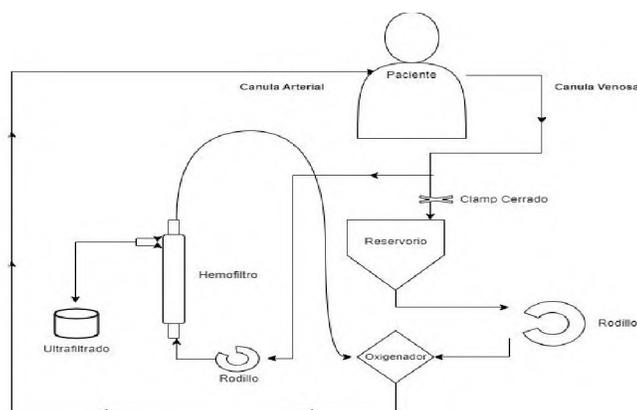
Figura 2. Circuito de Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa



#### IV.3.4.2. Ultrafiltración Modificada Simplificada (SMUF)

La ultrafiltración modificada simplificada es una técnica desarrollada en el año 2000 por un grupo de perfusión en Halifax, Nueva Escocia. Esta técnica propone una modificación al circuito de circulación extracorpórea utilizando la modalidad venoarterial. Ver figura 3. El enfoque SMUF permite extraer de forma segura de sangre de la cánula auricular derecha y reinfundirla en la cánula aórtica existente, lo que facilita la aplicación de la ultrafiltración, sin exponer al paciente al flujo retrogrado por la cánula arterial además de exponer a pacientes más pequeños al riesgo de cavitación.<sup>48</sup> No solo permite la aplicación de SMUF después de la finalización del bypass, también permite el uso inmediato de ultrafiltración convencional en cualquier momento durante el todo el procedimiento de derivación, sin cambiar los tubos, abrazaderas, conectores o direcciones de flujo de sangre.<sup>49</sup>

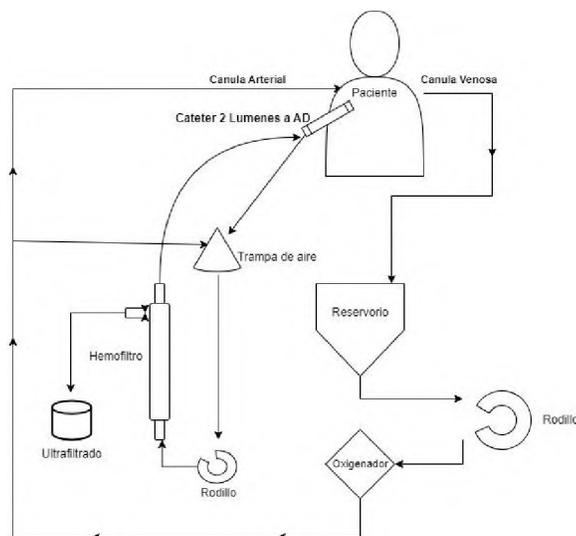
Figura 3. Circuito propuesto por el grupo de Halifax, Nueva Escocia año 2000 para SMUF



#### IV.3.4.3. Ultrafiltración Modificada Venovenosa (VVMUF)

La ultrafiltración venovenosa modificada es una modificación de esta técnica, que tiene la ventaja adicional potencial de eliminar el shunt obligatorio de izquierda a derecha asociado con la ultrafiltración arteriovenosa modificada. La ultrafiltración venovenosa modificada es un método seguro y eficaz para lograr la ultrafiltración en niños después de un bypass cardiopulmonar. Según un estudio randomizado HT Keenan *et al.*<sup>50</sup> estudió prospectivamente a 38 niños que se sometieron a su primera operación por cardiopatía congénita. La técnica produce una mejora en la distensibilidad pulmonar después del bypass en lactantes. Sin embargo, estas mejoras no se mantienen más allá del período inmediatamente posterior a la ultrafiltración y no conducen a una disminución de la duración de la intubación o de la estancia en la unidad de cuidados intensivos. Hennein *et al.* 1999 propone la utilización de la técnica con la introducción de un catéter de doble lumen en el atrio derecho de 11F, con la punta recortada, para que esta quede en el centro del atrio y luego se conectaba a un lumen a la entrada del rodillo del ultrafiltrador, y la salida se conectaba el puerto al lumen disponible y se iniciaba la VVMUF<sup>51</sup>, esta técnica también introducía un rodillo adicional en el puerto del efluente, para controlar el volumen ultrafiltrado. Ver figura 4.

Figura 4. Circuito para MUF venovenoso propuesto por Hennein *et al.* 1999.



#### IV.3.4.4 Complicaciones de la Ultrafiltración Modificada

Como vimos anteriormente la ultrafiltración modificada es una técnica ampliamente utilizada en pediatría para el manejo de la sobrecarga de líquidos en pacientes sometidos a cirugía cardiovascular. Aunque tiene beneficios en la eliminación de líquidos y toxinas, y nos favorece en el aumento del hematocrito, junto con la concentración de los factores de la coagulación también presenta desventajas y posibles complicaciones que deben ser consideradas. Durante la ultrafiltración, puede ocurrir un enfriamiento no deseado del paciente debido al contacto del circuito de ultrafiltración con sangre a baja temperatura. Es por esto que es importante que la sangre pase previamente por el intercambiador de calor, ya sea por el set de cardioplejía o por el oxigenador. Esto puede resultar en hipotermia, lo cual puede tener efectos adversos en la función cardiovascular, coagulación y respuesta inmunológica del paciente. Por lo tanto, es importante implementar medidas de calentamiento y monitorización de la temperatura para mitigar este riesgo. También nos puede llevar a desequilibrios en los niveles de electrolitos, como sodio, potasio y calcio, debido a la eliminación selectiva de líquidos y solutos. Esto puede resultar en alteraciones en la función renal, trastornos del ritmo cardíaco y otros problemas metabólicos. Por lo tanto, es

esencial monitorizar y corregir cualquier desbalance electrolítico durante el procedimiento. Durante la ultrafiltración modificada arteriovenosa, se utiliza una cánula arterial para retirar la sangre del paciente. En casos raros, puede ocurrir cavitación en la cánula arterial, lo que genera burbujas de gas y puede llevar a la embolización del circuito. Estas burbujas pueden ocasionar obstrucciones en el circuito extracorpóreo, daño a los órganos o incluso causar eventos cardiovasculares adversos. La atención meticulosa durante el procedimiento y la utilización de cánulas adecuadas pueden minimizar este riesgo. Durante el empleo de esta técnica es importante monitorizar el flujo de sangre, ya que flujos sobre 20cc/kg en pacientes muy pequeños puede producir una disminución del flujo cerebral y de la saturación venosa mixta de oxígeno evidenciado en la caída del NIRS.<sup>52</sup>

#### IV.3.5. Ultrafiltración modificada en adultos.

El bypass cardiopulmonar en la cirugía cardíaca se ha asociado con varios efectos nocivos, como la hemodilución y la inflamación sistémica. La ultrafiltración modificada (MUF) está bien establecida en la cirugía cardíaca pediátrica para contrarrestar las complicaciones por sobrecarga de volumen. Sin embargo, MUF se usa con menos frecuencia en la cirugía cardíaca de adultos<sup>53</sup>. En la población adulta, los datos para respaldar MUF sobre CUF son mixtos<sup>54</sup>.

En un reciente metanálisis del 2021 realizado por Low ZK *et al.* se compararon los resultados clínicos en pacientes adultos que se sometieron a circulación extracorpórea con y sin MUF. Se analizaron trece ensayos controlados aleatorios que incluyeron un total de 626 pacientes en el grupo MUF y 610 pacientes en el grupo de control (sin MUF). Los resultados mostraron mejoras significativas en varios aspectos para el grupo MUF. En primer lugar, se descubrió una mejora significativa en el nivel de hematocrito posoperatorio y una disminución de requisitos de transfusión.<sup>55</sup>

En un estudio de Zakkar *et al.* 2015 sobre ultrafiltración modificada en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca los resultados parecen reducir los niveles de

moléculas inflamatorias, disminuir la pérdida de sangre y mejorar el funcionamiento cardíaco. Sin embargo, no se observaron reducciones en la duración de la estancia en la unidad de cuidados intensivos o en el hospital. Los estudios realizados hasta ahora son principalmente ensayos prospectivos no ciegos de un solo centro con una muestra pequeña de pacientes, lo que limita su poder para proporcionar una evidencia imparcial sobre los resultados clínicos.<sup>56</sup>

#### IV.3.6. Monitorización hemodinámica durante la MUF

Durante el procedimiento de MUF, es fundamental realizar una monitorización hemodinámica adecuada para garantizar la seguridad y eficacia del tratamiento. En este texto académico, se explorarán los parámetros clave que se evalúan durante la MUF, incluyendo la presión venosa central (PVC), la presión arterial, la presión diastólica para evaluar el flujo coronario, la presión arterial media (PAM), la espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS), el electrocardiograma (ECG) y las variaciones del ritmo, así como la temperatura, ya que los pacientes pueden experimentar reducción durante la técnica.

La medición continua de la presión venosa central (PVC) es un parámetro esencial durante la MUF, ya que proporciona información sobre la precarga del corazón y la función del sistema venoso. Una PVC elevada puede indicar sobrecarga de volumen, mientras que una PVC baja puede sugerir una hipovolemia que requiere ajustes en el manejo del paciente. La monitorización continua de la presión arterial también es crucial para detectar cambios en la perfusión tisular y asegurar una adecuada oxigenación de los órganos vitales.

La evaluación de la presión diastólica durante la MUF es especialmente relevante, ya que la diástole es el período en el que el corazón se llena de sangre y se suministra oxígeno al miocardio. Una presión diastólica inadecuada puede dañar el flujo coronario y afectar la función cardíaca. Por lo tanto, mantener una presión diastólica adecuada es esencial para asegurar la viabilidad y el funcionamiento óptimo del músculo cardíaco durante la MUF.

La presión arterial media (PAM) es otro parámetro crucial en la monitorización hemodinámica durante la MUF. La PAM representa la presión promedio en las arterias durante un ciclo cardíaco y se calcula a partir de la presión sistólica y diastólica. La PAM es un indicador importante de la perfusión tisular y la oxigenación de los órganos vitales, incluido el corazón. Mantener una PAM adecuada es fundamental para evitar complicaciones isquémicas y asegurar el suministro adecuado de oxígeno a los tejidos.<sup>57</sup>

La espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS) es una técnica avanzada utilizada durante la MUF para monitorear la oxigenación de los tejidos en tiempo real. Durante el procedimiento, se aplican sondas NIRS no invasivas en áreas específicas, como los tejidos musculares o cerebrales, y se mide la cantidad de oxihemoglobina y desoxihemoglobina presente. Esto permite evaluar la perfusión tisular y detectar rápidamente posibles alteraciones en el flujo sanguíneo regional, lo que es de gran valor en el manejo de pacientes durante la MUF sobre todo si se hace en modalidad arteriovenosa.<sup>58</sup>

El electrocardiograma (ECG) es una herramienta esencial para evaluar la función eléctrica del corazón durante la MUF. El ECG permite detectar arritmias y otras anomalías del ritmo cardíaco que pueden surgir durante el procedimiento. Las variaciones del ritmo pueden ser indicativas de desequilibrios electrolíticos, isquemia o efectos secundarios del tratamiento. La detección temprana de estas alteraciones permite intervenir rápidamente y evitar complicaciones graves.

Durante la MUF, es común que los pacientes experimenten reducción debido a la exposición prolongada al circuito de diálisis y la extracción de fluidos. El enfriamiento puede tener efectos negativos en la función cardiovascular y la coagulación sanguínea. Por lo tanto, es crucial mantener una temperatura adecuada para evitar complicaciones y mejorar los resultados del procedimiento. Durante todo el procedimiento se debe evaluar minuciosamente las variables hemodinámicas con la tecnología disponible, apoyándose tanto de la monitorización invasiva como la no invasiva<sup>59</sup> y evaluar los cambios que esta técnica puede generar en pacientes más pequeños.

#### IV.4. Biomarcadores de la Ultrafiltración

##### IV.4.1 Lactato

El lactato es un biomarcador cuya variación en su concentración puede ser un predictor de morbimortalidad en unidades de cuidados intensivos (UCI). La lactatemia arterial resulta de la producción y eliminación de moléculas de lactato. En condiciones normales, la concentración de lactato en el cuerpo es menor a 2 mmol/L. Cuando disminuye el suministro de oxígeno, como en anemia o bajo gasto cardíaco, se produce un aumento en el metabolismo anaeróbico con la conversión de piruvato a lactato, lo que aumenta su concentración en la sangre.<sup>60</sup>

El lactato también puede ser sintetizado en pacientes críticos, especialmente en casos de shock cardiogénico, insuficiencia respiratoria aguda, neumonía o sepsis. Estas patologías, junto con una disminución en la eliminación debido a fallo renal o hepático, contribuyen a un aumento en los niveles de lactato en pacientes.

La cirugía cardíaca es relevante debido a su relación con los procesos bioquímicos cardíacos durante la circulación extracorpórea (CEC), donde la presencia de lactatemia elevada es un predictor de resultados postoperatorios. De hecho, niveles superiores a 4,4 mmol/L se relacionan con un aumento en la estancia en la UCI y en la planta general.<sup>61</sup> La presencia de lactato en el torrente sanguíneo puede tener varias consecuencias negativas para el paciente. En primer lugar, el aumento de lactato puede indicar una mala oxigenación tisular, lo que puede resultar en daño celular y disfunción orgánica. Además, el lactato puede provocar acidosis metabólica, lo que altera el equilibrio ácido-base del cuerpo y puede afectar el funcionamiento normal de varios sistemas fisiológicos.<sup>62,63</sup>

##### IV.4.2. Citoquinas

La respuesta inmune es un proceso crucial para la defensa del organismo contra agentes patógenos y el mantenimiento de la homeostasis. Las citoquinas, un grupo de proteínas de bajo peso molecular, desempeñan un papel fundamental en la regulación y coordinación de las respuestas inmunes. Estas moléculas actúan como mediadores de la comunicación intercelular, permitiendo la transmisión de

señales y la modulación de la función de diferentes tipos celulares, incluyendo células del sistema inmune, células inflamatorias y células hematopoyéticas.

Las citoquinas se caracterizan por su bajo peso molecular, generalmente inferior a 30 kDa, lo que les permite difundir fácilmente a través de los tejidos y actuar a corta distancia. Estas proteínas se unen a receptores específicos en la membrana celular de las células diana, desencadenando una serie de eventos intracelulares que resultan en la activación o inhibición de vías de señalización y la modulación de la expresión génica. De esta manera, las citoquinas pueden influir en la diferenciación, proliferación, supervivencia y función de las células del sistema inmune, así como regular la producción de anticuerpos y otras citoquinas.

Las citoquinas se clasifican en diferentes familias basadas en su estructura y funciones específicas. Algunas de las familias de citoquinas más estudiadas incluyen las interleucinas, factor de necrosis tumoral (TNF) las quimiocinas, entre otras. Las quimiocinas son un subgrupo de citoquinas de menor tamaño y desempeñan un papel importante en la respuesta inflamatoria y la quimiotaxis de fagocitos. Las quimioquinas son responsables de reclutar y dirigir a los fagocitos hacia los sitios de inflamación o infección, desempeñando así un papel crucial en la respuesta inmunitaria y la defensa del organismo contra agentes patógenos.

Cada familia de citoquinas tiene propiedades y funciones únicas, aunque también puede haber superposición en sus efectos biológicos. Las citoquinas pueden exhibir cualidades como pleiotropía (múltiples efectos al actuar sobre diferentes células), redundancia (varias citoquinas pueden ejercer el mismo efecto), sinergismo (dos o más citoquinas potencian mutuamente un efecto) y antagonismo (inhibición mutua de los efectos).

La producción de citoquinas involucra a diversos tipos celulares, principalmente del sistema inmune. En el sistema inmune natural, los macrófagos son células destacadas en la producción de citoquinas, mientras que, en el sistema inmune específico, las células T colaboradoras desempeñan un papel importante en su producción. La producción de citoquinas es generalmente de corta duración, limitada al período de estimulación por parte de un agente extraño. Esto se debe en parte a la vida media corta de los ARNm correspondientes, que a su vez

depende de secuencias no traducibles ricas en adenina y uracilo en las regiones 3'.

Las citoquinas pueden exhibir diversas características, como pleiotropía (efectos múltiples al actuar sobre diferentes células), redundancia (varias citoquinas pueden ejercer el mismo efecto), sinergismo (dos o más citoquinas potencian mutuamente un efecto) y antagonismo (inhibición mutua de los efectos). Por ejemplo, la acción conjunta de las interleucinas 4 e 5 induce el cambio de clase en las células B para que produzcan IgE, mientras que el interferón gamma bloquea el cambio de clase promovido por la interleucina 4.

Las citoquinas ejercen sus efectos al unirse a receptores específicos en la superficie celular. La afinidad entre cada receptor y su citoquina correspondiente suele ser alta, en el rango de femtomolar ( $10^{-15}$  M) a picomolar ( $10^{-12}$  M). Utilizando una analogía con las hormonas del sistema endocrino, se clasifica la acción de las citoquinas como autocrina (efecto en la misma célula que las produce), paracrina (efecto en células cercanas) y, en raras ocasiones, endocrina (efecto en células distantes).

Las citoquinas desempeñan un papel crucial en la regulación del sistema inmune de varias formas. Esto incluye la regulación de la activación, proliferación y diferenciación de diferentes tipos de células, así como la modulación de la secreción de anticuerpos y otras citoquinas.

Durante la ultrafiltración, las citoquinas presentes en el suero sanguíneo pueden ser filtradas y recogidas en el ultrafiltrado. El análisis y estudio de estas citoquinas en el ultrafiltrado puede proporcionar información valiosa sobre la respuesta inflamatoria y la función inmunológica del paciente.<sup>64</sup>

Se ha observado que la concentración de citoquinas en el ultrafiltrado puede variar en diferentes situaciones clínicas. Por ejemplo, en casos de inflamación aguda o respuesta inmune activada, se puede detectar un aumento significativo en la concentración de citoquinas proinflamatorias, como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), interleucina-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) e interleucina-6 (IL-6). Estas citoquinas están implicadas en la mediación de respuestas inflamatorias y pueden estar asociadas con el desarrollo de complicaciones sistémicas.

Por otro lado, también se ha observado que ciertas citoquinas con efectos antiinflamatorios, como la interleucina-10 (IL-10) y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ), pueden estar presentes en el ultrafiltrado. Estas citoquinas pueden desempeñar un papel protector al modular la respuesta inflamatoria y promover la resolución de la inflamación.

El análisis de las citoquinas en el ultrafiltrado puede brindar información importante para el monitoreo de la respuesta inmune y la inflamación en pacientes sometidos a la ultrafiltración en circulación extracorpórea. Además, puede ayudar en la identificación de biomarcadores que permitan predecir la evolución clínica y el pronóstico de los pacientes. Estos hallazgos pueden ser relevantes para ajustar la estrategia de tratamiento y mejorar los resultados clínicos.

#### IV.4.3. Urea.

La urea es un compuesto químico orgánico ampliamente conocido por su presencia en la orina y su papel en la eliminación de productos de desecho nitrogenados del cuerpo humano. Sin embargo, la urea también desempeña un papel crucial en la ultrafiltración, un proceso utilizado en diversas aplicaciones médicas y científicas. Es resultante del metabolismo de las proteínas en el cuerpo humano. Tiene una fórmula química simple,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  y un peso molecular de aproximadamente 60.06 g/mol equivalente a 60 daltons. Aunque la urea es conocida principalmente por su presencia en la orina, también se encuentra en cantidades variables en otros fluidos corporales, como la sangre, el sudor y la materia fecal. Debido a su pequeño peso molecular, la urea es altamente permeable a través de las membranas utilizadas en la ultrafiltración. Esto significa que puede pasar fácilmente a través de los poros de las membranas, permitiendo la eliminación eficiente de la urea del fluido o la separación de proteínas de menor peso molecular que la urea.

En el contexto de la diálisis renal, la urea se elimina de la sangre mediante ultrafiltración por el principio de difusión que comprende el paso libre de esta molécula. Esta membrana tiene poros de tamaño específico que permiten el paso

de moléculas pequeñas como la urea, mientras retienen moléculas más grandes como las proteínas plasmáticas y las células sanguíneas. La eliminación de urea mediante ultrafiltración es esencial para mantener un equilibrio adecuado de compuestos nitrogenados en el cuerpo y para evitar la acumulación de toxinas.<sup>65</sup>

#### IV.5. Otros usos del hemofiltro en CEC

Hay procedimientos con el uso del hemoconcentrador que no son muy frecuentes en cirugía cardíaca, pero pueden emplearse según las condiciones clínicas del paciente. La hemodiálisis y la hemodiafiltración son técnicas bien establecidas en el tratamiento de la insuficiencia renal, utilizadas para purificar la sangre y eliminar los productos de desecho en pacientes con enfermedad renal crónica. Estos procedimientos se llevan a cabo utilizando el hemofiltro. El hemofiltrador puede emplearse para purificar líquidos corporales, por ejemplo, en situaciones clínicas específicas, como la sepsis o el fallo multiorgánico. También para la eliminación de citocinas y mediadores inflamatorios contribuyendo a mitigar la respuesta inflamatoria excesiva y reducir los daños asociados.

Eliminación de toxinas y drogas en intoxicaciones: En casos de intoxicaciones agudas por sustancias tóxicas o sobredosis de medicamentos, el hemofiltrador puede ser utilizado como una estrategia para eliminar eficazmente estas sustancias del organismo. Al conectar al paciente a un circuito de hemofiltración, se puede lograr una depuración más rápida y eficiente de las toxinas o fármacos, lo que puede ser crucial para la estabilización y recuperación del paciente.<sup>66</sup>

##### IV.5.1. Hemodiálisis

La hemodiálisis es una técnica de diálisis que implica el paso de la sangre a través de un filtro o dializador, donde se separan los productos de desecho y el exceso de líquido del torrente sanguíneo. La hemodiálisis de bajo flujo sólo es capaz de depurar los solutos de peso molecular inferior a 5.000 Daltons. Durante la hemodiálisis, la sangre fluye a través de un compartimento del dializador y un

líquido de diálisis especializado, llamado dializado, fluye por otro compartimento separado. A través de una membrana semipermeable en el dializador, los productos de desecho, como la urea y la creatinina, se difunden desde la sangre hacia el dializado, mientras que los electrolitos y otras sustancias beneficiosas se mantienen en el torrente sanguíneo. El líquido excedentario también se elimina durante el proceso de hemodiálisis.<sup>30</sup>

#### IV.5.2. Hemodiafiltración

la hemodiafiltración combina los principios de la hemodiálisis y la ultrafiltración. En la hemodiafiltración, además de la difusión de productos de desecho a través de la membrana semipermeable, también se aplica un proceso de ultrafiltración. Esto implica la eliminación adicional de agua y pequeñas moléculas a través de una presión hidrostática en el dializador. Al combinar la difusión y la ultrafiltración, la hemodiafiltración puede lograr una mayor eliminación de toxinas y un mayor aclaramiento de sustancias de peso molecular intermedio en comparación con la hemodiálisis convencional.<sup>67</sup>

#### IV.6. Consideraciones generales de la edad pediátrica en cirugía cardíaca

Las edades pediátricas se dividen en distintas etapas que reflejan el desarrollo y crecimiento del niño desde su nacimiento hasta la adolescencia.<sup>68,69</sup> Comenzando con el recién nacido o neonato, que abarca desde la ligadura del cordón umbilical hasta el día 28 de vida, aunque algunos autores consideran que esta etapa se extiende hasta el día 27. Durante este período, se produce una importante transición fisiológica debido al cambio del entorno intrauterino al extrauterino, lo que implica una adaptación y respuesta a los estímulos del mundo externo, la cirugía cardíaca en este grupo etario puede ser necesaria para corregir defectos cardíacos presentes desde el nacimiento. Como la corrección de drenaje venoso pulmonar anómalo total infracardiaco, que consiste en la reparación

quirúrgica de una malformación congénita que afecta la conexión de las venas pulmonares al corazón o procedimientos como la derivación de Blalock-Taussig, que es una cirugía paliativa utilizada para mejorar el flujo sanguíneo pulmonar en pacientes con cardiopatías congénitas complejas. Debido a su corto período de vida y su frágil estado de salud, se requiere una atención especializada y delicada durante el proceso quirúrgico, considerando su adaptación fisiológica a la vida extrauterina y su respuesta única a los estímulos del entorno.

La etapa de lactancia, por su parte, abarca desde el primer mes de vida hasta los 24 meses (2 años). A su vez, se subdivide en lactante menor (precoz), que abarca desde el primer mes hasta el primer año de vida, y lactante mayor (tardío), que comprende desde el primer año hasta el segundo año de vida. Durante este período, el niño experimenta cambios significativos en su anatomía y fisiología, adquiriendo habilidades fundamentales para su desarrollo, como la motricidad gruesa y fina, el lenguaje y la adaptación a su entorno social. En esta etapa se pueden realizar procedimientos quirúrgicos para corregir o mejorar defectos cardíacos congénitos. Como cirugías de tetralogía de Fallot, o cirugías para tratar defectos interventriculares o interauriculares, también cirugías paliativas como hipoplasia de ventrículo derecho o izquierdo que vayan a su segundo estadio quirúrgico, como la cirugía de Glenn. Es importante tener en cuenta la evolución constante de la anatomía y la fisiología del niño durante este período, así como su desarrollo motor y comunicativo, para adaptar las estrategias quirúrgicas y proporcionar una atención integral.<sup>70</sup>

La etapa escolar se extiende desde los 2 hasta los 6 años de edad. Durante este período, el crecimiento del niño es más rítmico y pausado en términos de medidas antropométricas, lo que se traduce en un mayor nivel de madurez motriz y social. En esta etapa, los niños adquieren nuevas destrezas y habilidades motoras, desarrollan un mayor conocimiento de su entorno y comienzan a interactuar con otros niños a través del juego. Además, es característico de esta etapa el fuerte sentido de autonomía y curiosidad que los impulsa a explorar y cuestionar el mundo que les rodea. En el caso de los escolares, se pueden llevar a cabo procedimientos como la cirugía de Fontan, que es el tercer y último estadio de cirugía paliativa en

ciertos tipos de cardiopatías congénitas. Esta cirugía busca redirigir la sangre desde las venas principales directamente a las arterias pulmonares, impidiendo que pase por el ventrículo derecho.

La etapa preadolescente abarca desde los 7 hasta los 11 años de edad y se caracteriza por un perfeccionamiento de las habilidades físicas y sociocognitivas a través de la práctica constante. Durante esta etapa, los niños adquirieron mayores responsabilidades y control sobre aspectos de su vida, como el ámbito escolar.

La última etapa dentro del período pediátrico abarca la adolescencia, que se extiende desde los 12 años hasta los 17 años. Durante esta fase de desarrollo, los adolescentes experimentarán cambios físicos, emocionales y sociales significativos. A nivel físico, se producen transformaciones hormonales que impulsan el crecimiento corporal, la maduración sexual y el desarrollo de características sexuales secundarias. A nivel emocional, los adolescentes atraviesan por una etapa de búsqueda de identidad y autonomía, en la que se cuestionan y exploran su sentido de sí mismos y su lugar en el mundo. Surgen nuevas emociones, como la intensificación de las experiencias afectivas, la experimentación con diferentes estados de ánimo y la búsqueda de independencia y autoridad. En el ámbito social, los adolescentes amplían su círculo de relaciones y se enfrentan a nuevos desafíos y roles sociales. Busquen establecer su lugar en grupos de pares, desarrollar amistades más cercanas y explorar sus intereses y valores personales. Además, la influencia de los medios de comunicación y las redes sociales desempeñan un papel importante en su interacción social y en la construcción de su identidad. En esta etapa, los adolescentes también experimentarán cambios cognitivos y de pensamiento, como la capacidad para pensar de manera más abstracta, razonar lógicamente y reflexionar sobre sus propios pensamientos y emociones. Estos cambios cognitivos les permiten adquirir habilidades de resolución de problemas más complejos y pensar de forma más crítica sobre el mundo que les rodea. La etapa de la adolescencia se caracteriza por cambios físicos, emocionales, sociales y cognitivos significativos. Es un período de transición en el que los individuos buscan establecer su identidad y enfrentan nuevos desafíos y oportunidades en su camino hacia la adultez. En la

etapa de la adolescencia, los procedimientos quirúrgicos cardíacos pueden incluir correcciones de cardiopatías congénitas persistentes, como la reparación de defectos septales o valvulares. Además, en casos más complejos, pueden realizarse cirugías de reemplazo valvular o incluso trasplante cardíaco, dependiendo de la condición específica del paciente.<sup>71</sup>

IV.7. La escala RACHS en cirugía cardiovascular pediátrica: una herramienta para la estratificación del riesgo.

La cirugía cardiovascular pediátrica es una disciplina médica compleja que se ocupa de los defectos congénitos del corazón en pacientes jóvenes. Estos procedimientos quirúrgicos son altamente especializados y conllevan un riesgo inherente debido a la naturaleza crítica y delicada del corazón en desarrollo. En este contexto, es fundamental contar con herramientas precisas y confiables para evaluar el riesgo preoperatorio y predecir los resultados postoperatorios. (Ver anexo XIV.4.1)

La escala RACHS ha surgido como un sistema de estratificación del riesgo específico para la cirugía cardiovascular pediátrica. Desarrollada por Jenkins K *et al.* 2002, Esta escala clasifica las cirugías en seis categorías, teniendo en cuenta la complejidad anatómica y funcional del defecto congénito, así como la necesidad de intervenciones adicionales, como circulación extracorpórea, reparación de válvulas o injertos.<sup>72,73</sup>

La escala RACHS ha demostrado ser una herramienta útil y ampliamente aceptada en la evaluación del riesgo en cirugía cardiovascular pediátrica. Permite a los clínicos e investigadores seleccionar de manera sistemática y uniforme los procedimientos quirúrgicos según su complejidad y riesgo, lo que facilita la comparación de resultados y la identificación de tendencias en diferentes cohortes de pacientes.

La estratificación del riesgo mediante la escala RACHS se basa en la combinación de variables clínicas y quirúrgicas específicas. Estas variables incluyen el diagnóstico anatómico, la edad del paciente, la presencia de

cardiopatías congénitas asociadas, la necesidad de circulación extracorpórea y la presencia de otras anomalías o defectos adicionales. La escala asigna un puntaje a cada procedimiento quirúrgico en función de estas variables, lo que permite una clasificación más precisa y una estimación del riesgo asociado.

La aplicación de la escala RACHS en la práctica clínica y la investigación ha demostrado su utilidad en la evaluación del riesgo preoperatorio y en la predicción de resultados postoperatorios. Permite identificar procedimientos de mayor complejidad y riesgo, lo que puede ayudar a guiar la toma de decisiones clínicas, la estimación de recursos y la planificación del cuidado perioperatorio.

Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones y considerar al utilizar la escala RACHS. Si bien proporciona una estratificación general del riesgo, no tiene en cuenta las características individuales del paciente, como comorbilidades específicas o factores de riesgo adicionales. Además, la escala RACHS se presentó inicialmente en el contexto de la cirugía cardíaca congénita.

## **V. HIPÓTESIS**

Hipótesis nula: No existe una diferencia en el uso de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada (SMUFAV) en diferentes grupos etarios de la población pediátrica, considerando el tiempo de circulación extracorpórea, la escala de estratificación de riesgo quirúrgico RACHS, la superficie corporal y su impacto en el aumento del hematocrito, la disminución del lactato, el comportamiento del bicarbonato, potasio y la glucemia además del volumen de ultrafiltrado respecto al grupo que no recibió ultrafiltración modificada en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea en el periodo de mayo 2021 a mayo 2023 en el centro cardiovascular CEDIMAT en Santo Domingo, República Dominicana.

Hipótesis alterna: Existe una diferencia en el uso de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada en diferentes grupos etarios de la población

pediátrica, considerando el tiempo de circulación extracorpórea, la escala de estratificación de riesgo quirúrgico RACHS, la superficie corporal y su impacto en el aumento del hematocrito, la disminución del lactato, el comportamiento del bicarbonato, potasio y la glucemia además del volumen de ultrafiltrado respecto al grupo que no recibió ultrafiltración modificada en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea en el periodo de mayo 2021 a mayo 2023 en el centro cardiovascular CEDIMAT en Santo Domingo, República Dominicana.

## VI. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Concepto	Indicador	Escala
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la realización del estudio.	Años cumplidos	Numérica
Sexo	Es el conjunto de peculiaridades biológicas (fenotípicas y genotípicas) que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos.	Femenino Masculino	Nominal
Peso	Masa total del paciente pesado en una báscula del hospital	Valor en Kilogramos (kg)	Numérica
Talla	Altura o longitud del paciente desde los pies a la cabeza, medido con un tallímetro pediátrico según corresponda	Valor en centímetros (cm)	Numérica

Área de superficie corporal	Cálculo de la superficie total del cuerpo humano con la fórmula de Mosteller  $x = \sqrt{\frac{\text{Peso (kg)} \times \text{Altura (cm)}}{3600}}$	Valor en metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	Numérica
Grupo etario de la población pediátrica	Segmento de la población pediátrica a evaluar	Recien Nacido: (< un mes), Lactante Mayor: (un año a once meses) Lactante menor: (un año veintitrés meses), Escolares: (dos a seis años), Preadolescentes: (siete a once años) Adolescentes: (doce a diecisiete años)	Ordinal
Diagnóstico	Cardiopatía congénita consignada en el expediente clínico motivo de intervención quirúrgica	CIV, CIA OS, CIA OP, TOF, DVAPP, DVAPT, CAVC, CAVP, Tronco Arterioso, DAP, DSVD, CoAo	Nominal
Tipo de cirugía	Cirugía realizada al paciente portador de cardiopatía congénita, con técnica descrita en el protocolo quirúrgico	Cierre de CIV, Cierre de DAP, Cierre de CIA, Cirugía de Rastelli, Cirugía de Senning, Cirugía de Ozaki, Cirugía correctora de TOF	Nominal
MUF	Tiempo transcurrido desde que inicia hasta que termina la técnica de Ultrafiltración Modificada	Tiempo de MUF, valor en min	Numérica
Volumen de MUF	Cantidad del ultrafiltrado obtenido al final de la técnica de ultrafiltración modificada posterior a la CEC	Valor en cc/kg	Numérica
Tiempo de CEC	Tiempo transcurrido desde el inicio de la bomba al término del procedimiento en circulación extracorpórea	Tiempo de cirugía menor o igual a 100 min y mayor 100 min	Numérica

RACHS-1	Escala de estratificación de riesgo de mortalidad en cirugía cardiovascular pediátrica, según el tipo de cirugía realizada.	RACHS 1 – 6 Donde 1 es menor riesgo de mortalidad y 6 mayor riesgo de mortalidad	Ordinal
Volumen de CUF	Volumen de ultrafiltrado convencional medido al final de la CEC	Valor en cc/kg	Numérica
Hematocrito	Cantidad de eritrocito que ocupa un Porcentaje (%), volumen determinado de sangre entera, obteniendo de muestra arterial o venosa del paciente al ser procesada en un gasómetro.	Valor en porcentaje de hematocrito	Numérica
Delta Hematocrito de salida – Hematocrito de entrada	Incremento del hematocrito desde el momento previo a la salida de CEC al último control de gasometría previo al ingreso de la unidad de cuidados intensivos	Valor en porcentaje del incremento del hematocrito (%) $HctS - HctE = \Delta Hct(\%)$	Numérica
Transfusión de paquete globular	Volumen de paquete globular de la unidad de banco de sangre administrado al paciente durante la CEC	Valor del volumen de TPG expresado en cc/kg	Numérica
Lactato	Cantidad de lactato obtenido en una muestra por capilaridad expresado en mmol/L	Valor de lactato en mmol/L	Numérica
Delta lactato de Salida – lactato de entrada	Incremento del lactato tomando como referencia el primer control gasométrico durante la inducción anestésica, hasta el último control gasométrico, antes del ingreso a la unidad de cuidados intensivos cardiovascular pediátrico.	Valor en mmol/L del incremento del valor del lactato $LacS - LacE = \Delta Lac(mmol/L)$	Numérica

Volumen de MUF	Cantidad del ultrafiltrado obtenido al final de la técnica de ultrafiltración modificada posterior a la CEC	Valor en cc/kg	Numérica
Delta bicarbonato de salida – bicarbonato de entrada	Aumento o disminución del bicarbonato tomando como referencia el ultimo control gasométrico antes de salir de CEC, hasta el último control gasométrico, antes del ingreso a la unidad de cuidados intensivos cardiovascular pediátrico.	Valor en meq/L del incremento o disminución del valor del bicarbonato $BicS - BicE$ $= \Delta Bic(meq/L)$	Numérica
Delta potasio de salida – potasio de entrada	Aumento o disminución del potasio tomando como referencia el ultimo control gasométrico antes de salir de CEC, hasta el último control gasométrico, antes del ingreso a la unidad de cuidados intensivos cardiovascular pediátrico.	Valor en meq/L del incremento o disminución del valor del potasio $PotS - PotE$ $= \Delta Pot(mmol/L)$	Numérica
Delta glucemia de salida – glucemia de entrada	Incremento de la glucemia tomando como referencia el primer control gasométrico durante la inducción anestésica, hasta el último control gasométrico, antes del ingreso a la unidad de cuidados intensivos cardiovascular pediátrico.	Valor en mg/dl del incremento del valor de la glucemia $GlicS - GlicE$ $= \Delta Lac(mmol/L)$	Numérica

## VII. MATERIAL Y MÉTODOS

### VII.1. Aspectos generales del estudio

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo de los pacientes intervenidos de cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea en el Centro de Diagnóstico y Medicina Avanzada y de Conferencias Médicas y Telemedicina (CEDIMAT), en el periodo de mayo 2021 a mayo 2023. Se obtuvieron 166 registros de perfusión de pacientes pediátricos que fueron sometidos a cirugía cardíaca, con el uso de circulación extracorpórea a los que se les realizó ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada (SMUFAV) al salir de bomba incluyendo también a los

que no se les realizó SMUFAV. Se determinó el tiempo de MUF previamente con el cirujano y el anestesiólogo según las condiciones hemodinámicas del paciente.

Este enfoque metodológico permitió obtener una amplia muestra de casos clínicos, proporcionando un panorama integral de la utilización de la ultrafiltración en la cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea. Los datos recopilados y analizados en este estudio proporcionarán una base para evaluar la efectividad y los beneficios potenciales de la ultrafiltración en este grupo de pacientes, así como para identificar posibles desafíos y áreas de mejora en el proceso quirúrgico.

De estos 166 pacientes, 81 (48,8%) pertenecieron al grupo SMUFAV y 85 (51,2%) al grupo no SMUFAV. Los grupos fueron estadísticamente comparables de acuerdo al sexo ( $p = 0,865$ ) como también de acuerdo a la edad ( $p = 0,983$ ) e igualmente según el tiempo de CEC ( $p = 0,537$ ).

Una vez categorizados los pacientes los dividimos en seis grupos etarios. Grupo MUF: Neonatos (< un mes n:2), lactantes menores (un mes a 11 meses n:19), lactantes mayores (desde el año a un año 11 meses n:15) escolares (dos a seis años n:22), preadolescentes (siete a 11 años n:15) y adolescentes (12 a 17 años n:8). Grupo no MUF: Neonatos (<1 mes n:2), lactantes menores (un mes a 11 meses n:19), lactantes mayores (desde el año a un año 11 meses n:15), escolares (2 a 6 años n:22), preadolescentes (7 a 11 años n:15) y adolescentes (12 a 17 años n:12). También consideramos importante evaluar las variables relevantes en el contexto de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada propuesta en este estudio con la escala de estratificación de riesgo (RACHS), tiempo de CEC, superficie corporal y el sexo de los pacientes. Ver tabla 1. En primer lugar, la estratificación por grupo etario nos permitió comprender cómo se distribuyen las variables de interés en cada grupo, requerirá una visión más completa de los patrones observados. A través de este enfoque, pudimos evaluar los cambios y las diferencias específicas en las variables analizadas dentro de cada grupo, lo que nos brindó información valiosa sobre los factores posibles que influyeron en los resultados obtenidos. Esta aproximación nos permitió explorar más a fondo los efectos de la técnica de MUF en pacientes pediátricos, teniendo

en cuenta aspectos clave como la edad, el tiempo de CEC, la superficie corporal y el sexo.

Tabla 1. Características clínicas y basales de los dos grupos SMUFAV y no SMUFAV

Variables	Respuestas	MUF		NO MUF		p	phi
		n	%	n	%		
Sexo	Femenino	38	46,9	41	48,2	0,865	0,013
	Masculino	43	53,1	44	51,8		
Edad	RN	2	2,5	2	2,4	0,983	0,065
	Lactante menor	19	23,5	19	22,4		
	Lactante mayor	15	18,5	15	17,6		
	Escolares	22	27,2	22	25,9		
	Preadolescente	15	18,5	15	17,6		
	Adolescente	8	9,9	12	14,1		
RACHS	RACHS 1	0	0,0	1	1,2	0,267	0,177
	RACHS 2	61	75,3	57	67,1		
	RACHS 3	15	18,5	25	29,4		
	RACHS 4	4	4,9	0	0,0		
	RACHS 5	1	1,2	0	0,0		
Tiempo de CEC	> 100 min	42	51,9	40	47,1	0,537	0,048
	≤ 100 min	39	48,1	45	52,9		
Superficie corporal	≥ 0,53	39	48,1	47	55,3	0,357	0,071
	< 0,53	42	51,9	38	44,7		

La tabla 1 comparó las variables clínicas y basales entre MUF y no MUF. En el sexo, en grupo MUF (38F/43M) y en el grupo no MUF (41F/44M) sin diferencia estadística significativa ( $p = 0,865$ ;  $\phi = 0,013$ ). En edad, en el grupo MUF, los casos más frecuentes correspondieron a 22 (27,2%) escolares, seguidos por 19 (23,5%) lactantes menores, el grupo con menor número de pacientes fueron recién nacidos, 2 (2,5%), mientras que, en el grupo no MUF, 22 (25,9%) fueron escolares, 19 (22,4%) lactantes menores, los adolescentes representaron 12 (14,1%) en este grupo, no hubo diferencia estadística significativa al comparar estos valores ( $p = 0,983$ ;  $\phi = 0,065$ ). En la escala RACHS, 61 (75,3%) de RACHS 2 pertenecieron al grupo MUF, mientras que, 15 (18,5%) fueron RACHS 3 en el mismo grupo; mientras que, en el grupo no MUF, 57 (67,1%) fueron RACHS 2 y 25 (29,4%) fueron RACHS 3, no hubo diferencia estadística al comparar estos porcentajes ( $p = 0,267$ ;  $\phi = 0,177$ ). En el tiempo de CEC, en el grupo MUF, 42 (51,9%) fueron >

100 minutos mientras que, en el grupo no MUF, 40 (47,1%) también > 100 minutos, no hubo diferencia estadística al comparar estos porcentajes ( $p = 0,537$ ;  $\phi = 0,048$ ). En superficie corporal, 42 (51,9%) con  $SC < 0,53 \text{ m}^2$  en el grupo SMUF, mientras que, 47 (55,3%) fue  $SC \geq 0,53$  en el grupo no MUF, sin diferencia estadística significativa al comparar estos porcentajes ( $p = 0,357$ ;  $\phi = 0,071$ )

En la segunda etapa del análisis, se realizó una subdivisión de las variables de estudio en los grupos MUF y no MUF, con el objetivo de examinar en mayor detalle el impacto de estas variables en el estudio. Estas variables son el delta de hematocrito de salida de CEC menos la pre salida de CEC, que nos indica el aumento del valor del hematocrito en la última gasometría antes de salir de bomba y la última gasometría realizada antes de ir a la unidad de cuidados intensivos. También evaluaremos el láctico de entrada y de salida, en un delta para evaluar el incremento de este biomarcador durante la primera gasometría en la inducción anestésica y la última medición en el momento de ir a la unidad de cuidados intensivos. Se midieron los requerimientos de transfusión de paquetes globulares (TPG) durante la CEC en cc/kg en ambos grupos de estudio. También se medirán el potasio sérico ( $K^+$ ) y el bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) en la última gasometría antes de salir de CEC y en la última antes de ir a la unidad de cuidados intensivos cardiovascular pediátrico, para poder interpretar las variaciones de estos electrolitos según el empleo de la MUF, también se medirá la glucemia en el primer control gasométrico y en el último antes de salir de quirófano, y por último el volumen de ultrafiltrado convencional que se medirá durante la CEC en cc/kg para evaluar si hubo variaciones durante el empleo de la SMUFAV. Ver tabla 2.

Tabla 2. Comparación de las variables de estudios entre grupos SMUFAV y no SMUFAV

<b>VARIABLES</b>	<b>MUF</b>	<b>NO MUF</b>
n	81	85
Delta HS - pre salida CEC (%)	$4,6 \pm 0,5$	$4,7 \pm 0,6$
Delta L salida - L entrada (mmol/L)	$0,78 \pm 0,06$	$1,07 \pm 0,21$
TPG (cc/kg)	$11,9 \pm 1,5$	$11,5 \pm 1,6$
Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/L)	$-0,54 \pm 0,06$	$-0,46 \pm 0,07$
Delta $HCO_3$ post CEC - pre salida CEC (meq/L)	$-0,35 \pm 0,31$	$-0,04 \pm 0,32$
Glicemia salida-entrada (mg/dl)	$40 \pm 4$	$41 \pm 4$
VUC (cc/kg)	$22,5 \pm 1,7$	$23,8 \pm 2,0$

El material utilizado para este estudio será la máquina de circulación extracorpórea LivaNova Stockert S5, jeringas de 3 cc, Interfaz de la Stockert S5 para monitorizar tiempo de SMUFAV, y flujo durante la realización de la técnica. Gasómetro EDAN. Jeringas de 3 cc Nipro. Cintas de medición de lactatemia capilar. Recipiente estéril para medición del hemoconcentrador de la SMUFAV. Los datos se recopilaron en un formulario de Microsoft Excel para su debida tabulación y Software para el procesamiento estadístico como es SPSS.

Según el protocolo del departamento de perfusión pediátrica CEDIMAT, se elige el modelo del oxigenador de acuerdo al flujo requerido por el paciente. Para pacientes con un flujo máximo de hasta 0.7 L/min se utiliza el Oxigenador KIDS100, para pacientes que necesitan flujos hasta 1.5 L/min se utiliza el oxigenador de lactantes Capiox RX 05 o FX 05 (Terumo, Elkton, aprobado por FDA) según la disponibilidad del centro y para pacientes que requieren flujos de hasta 2.5 L/min se utiliza KIDS101, flujos hasta 4 L/min RX 15 o FX 15 de terumo y hasta 6 L/min Inspire 6 de LivaNova.

Los hemoconcentradores utilizados son del fabricante TERUMO® el modelo HC05, que tiene un área de superficie de polisulfona de 0.5 m<sup>2</sup>, este se incluye en el pack del circuito pediátrico del oxigenador RX05 – FX05. El Hemocor® HPH Junior, este viene incorporado en el circuito del oxigenador de LivaNova, KIDS100™ que tiene un área de superficie de polisulfona de 0.09 m<sup>2</sup> y el Hemocor® HPH-1000 que viene incorporado en el circuito del oxigenador de LivaNova KIDS101™ que tiene un área de superficie de polisulfona de 1.06 m<sup>2</sup>

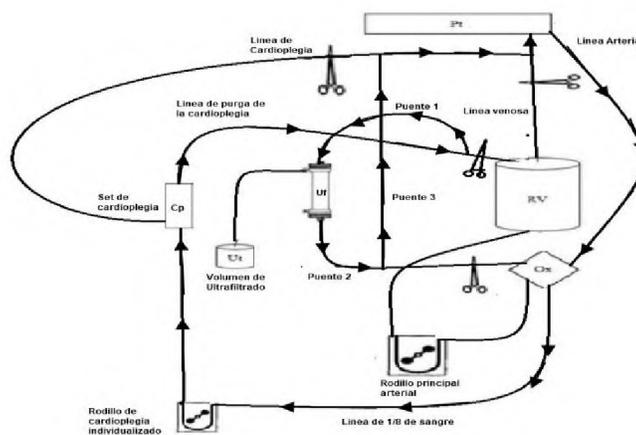
Para mejorar el rendimiento de la ultrafiltración, proponemos una modificación al circuito de ultrafiltración modificada simplificada descrita por el grupo de Halifax en el año 2000, ya que esta técnica está descrita en su modalidad venoarterial. (ver anexo figura 3). En este trabajo se realizará una modificación al circuito para dejarlo en modalidad arteriovenosa. Para este propósito modificamos la posición del hemofiltro en el circuito de CEC. Sacamos desde el circuito arterial una línea que va al set de cardioplejía en «Y» junto al hemoconcentrador o pre filtro arterial si el oxigenador no posee filtro integrado y luego a la línea de purga de esta, para posteriormente pasar por el hemofiltro en dirección contraria a la ultrafiltración

convencional, esto con el objetivo de que al pasar la sangre si hay una burbuja, este quede en la superficie del hemofiltro, hasta un puente que conecta la derivación del hemofiltro a la línea de cardioplejía, que será utilizada al finalizar la CEC. El cebado fue hemático en los pacientes que con hematocrito dilucional caía a menos del 25 por ciento y utilizaremos cardioplejía del nido, la primera dosis a 20 cc/kg, la segunda dosis de mantención a 10 cc/kg con repeticiones cada una hora.

Empleamos esta técnica de ultrafiltración modificada en modalidad arteriovenosa simplificada en los minutos inmediatamente después de la CEC. Con esta técnica garantizamos que no se enfríen nuestros pacientes ya que el circuito de MUF está preparado previamente con 37°C en el heater cooler.

El diseño del circuito propone que la sangre arterial pase por el rodillo de la cardioplejia y sea calentada a 37 °C por el intercambiador de temperatura del set de cardioplejia y que sea la línea de purga de este circuito quien alimente al hemoconcentrador en sentido Norte Sur (de arriba hacia abajo) para que cualquier burbuja quede en la parte superior del hemoconcentrador y no sea empujada por la presión positiva del rodillo. Ver figura 5.

Figura 5. Diseño del circuito de ultrafiltración modificada simplificada arteriovenosa de la unidad de cirugía de cardiovascular CEDIMAT



## VII.2. Área de estudio

Este estudio será realizado en la unidad de cirugía cardiovascular pediátrica de CEDIMAT, localizado en la calle Arturo Logroño, Plaza de la Salud, Dr. Juan Manuel Taveras Rodríguez, Santo Domingo, Ensanche la fe, Distrito nacional, República Dominicana, está delimitado al norte por las calles Licenciado Arturo Logroño y calle Recta Final, al este, por la avenida Ortega y Gasset, al sur por la calle San Martín y al Oeste por la Calle Pepillo Salcedo (ver mapa cartográfico y vista aérea. Figura 6 y 7.)

Figura 6. Mapa cartografico de CEDIMAT

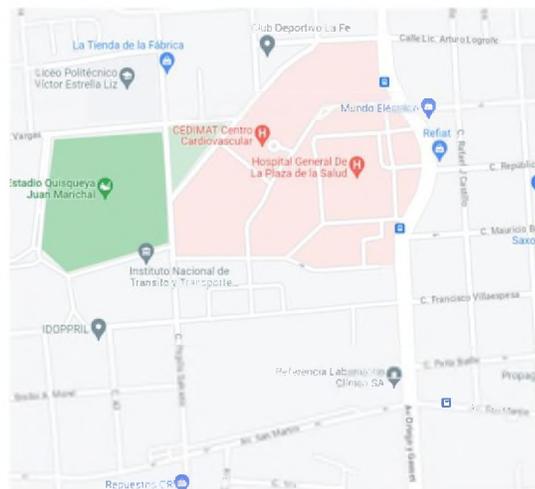
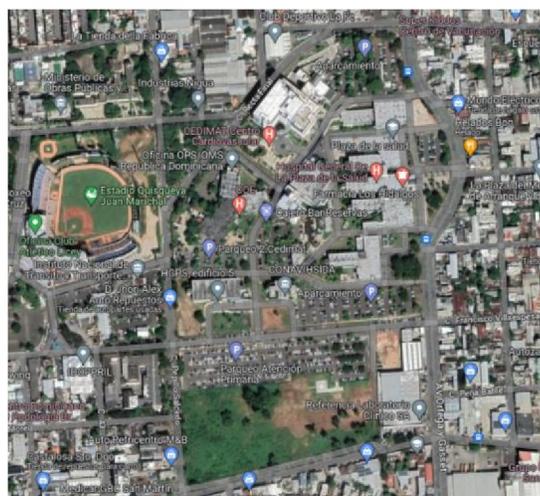


Figura 7. Vista aérea de CEDIMAT



### VII.3. Universo

El universo estará representado por todos los procedimientos quirúrgicos realizados en el quirófano de cirugía cardiovascular pediátrico de CEDIMAT

### VII.4. Muestra

El estudio incluirá una muestra por conveniencia, y esta estará representada por todos los pacientes menores de 18 años, sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea a los que se les realizó ultrafiltración modificada y a los que no se les realizó esta técnica en CEDIMAT en el periodo de mayo de 2021 a mayo de 2023. Los datos para el estudio se obtendrán a partir de una base de datos consolidada a través del registro de perfusión, con sus distintas variables; entre ellas, los valores antropométricos del paciente, diagnóstico y procedimiento, Escala de estratificación del riesgo RACHS, valores de gasometría antes y después de la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada.

### VII.5. Criterios

#### VII.5.1. De inclusión

1. Se incluyen a todos los pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca.
2. Se incluyen a todos los pacientes a los que se les realizó MUF al término de la cirugía
3. Se incluyen a todos los pacientes con registros legibles de valores del lactato, hematocrito, volumen de ultrafiltrado de los pacientes que se les realizó cirugía cardíaca con circulación extracorpórea en el periodo de estudio

#### VII.5.2. De exclusión

1. Paciente mayor de 18 años

2. pacientes en los que los cirujanos quirúrgicos no prefirieron realizar MUF.
3. Interrupción de la técnica de la MUF por las condiciones hemodinámicas del paciente.
4. Expediente clínico no localizable
5. Expediente clínico incompleto
6. pacientes hemodinámicamente inestables después de la finalización de la CEC

#### VII.6. Instrumento de recolección de datos

Se elaboro un método de recolección de datos en una plantilla de Excel que contiene los siguientes elementos. (Ver anexo IX.2).

1. Datos generales del paciente CEC
2. Hemoderivados utilizados
3. MUF (Ultrafiltración modificada)
4. Gases previa salida de CEC
5. Gases post CEC
6. Deltas de las variables de estudio

#### VII.7. Procedimiento

El instrumento será recolectado de la siguiente manera.

1. Será llenado a través de la revisión de los expedientes clínicos de forma retrospectiva.
2. Se revisarán los protocolos de perfusión desde la fecha que comprende el presente estudio
3. Esta fase será ejecutada por el sustentante en mayo de 2023 (ver anexo VIII.1 cronograma)

## VII.8. Tabulación

La tabulación de los datos fue realizada por el programa computarizado Excel, Microsoft Office 365, Windows 10 Home Single. La versatilidad y funcionalidad de Excel permitieron organizar y presentar los resultados de forma clara y comprensible.

Utilizando las herramientas disponibles en Excel, se realizaron cálculos estadísticos, gráficos y análisis de datos que facilitaron la interpretación de los hallazgos. La capacidad de generar tablas dinámicas, filtros y funciones personalizadas permitió un análisis más detallado y una exploración exhaustiva de los datos recopilados.

Además, la integración con otras aplicaciones de Microsoft Office 365, como Word y PowerPoint, facilitó la creación de informes y presentaciones profesionales basadas en los resultados obtenidos. La posibilidad de exportar los datos a diferentes formatos también amplió las opciones de análisis y compartición de la información con otros investigadores y profesionales del campo de la perfusión

## VII.9. Análisis

Se realizan estadísticos de normalidad de acuerdo a la prueba Shapiro-Wilk (S-W), se determinó que, partiendo del supuesto de la hipótesis nula que los datos de escala siguen una distribución gaussiana, las variables delta hematocrito salida y presalida de CEC, y la glucemia salida-entrada, tuvieron de acuerdo a la prueba S-W una distribución normal, las otras variables, que resultaron estadísticamente significativas, no tuvieron distribución normal, así, los parámetros de las escalas evaluadas, se expresarán como media aritmética y error estándar de la media, que si bien no es un indicador de variabilidad, se justifica su uso por el hecho de tener precisión de variación respecto al parámetro muestral analizado.

Se determinó si los deltas o diferenciales de las variables a estudiar seguían una distribución gaussiana, para ello se aplicó la prueba no paramétrica Shapiro-Wilk. Ver tabla 3. Si el valor p resultante de la prueba fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) se decidía que la distribución no era gaussiana (no paramétrica), en caso

contrario, y por razones prácticas, se transformó las variables de distribución no gaussianas mediante el procedimiento Box-Cox<sup>74</sup>, y las medidas transformadas se incorporaron al modelo lineal general de efecto multivariable (GLM). Las variables en escala nominal u ordinal, se expresaron mediante frecuencias y porcentajes, mientras que, las variables en escala continuas o discretas, se calculó su media y error estándar de la media. Para evaluar el efecto de los deltas o diferenciales con las variables analizadas, se llevó a cabo un modelo lineal general multivariante<sup>75</sup>. Se comprobó a su vez, para cada modelo evaluados, si se cumplían los supuestos del GLM que fueron linealidad, homocedasticidad y normalidad. Los efectos se reportaron mediante el estadístico F y su correspondiente valor-p, mientras que, el tamaño del efecto, se expresó mediante el estadístico eta parcial al cuadrado ( $h^2$ ), que de acuerdo a Trigo-Sánchez<sup>76</sup>:

$h^2 = 0,01$  indica un efecto pequeño

$h^2 = 0,06$  indica un efecto medio

$h^2 = 0,14$  indica un efecto grande

Se consideró un valor significativo de contraste si  $p < 0,05$ . Los datos fueron tabulados y procesados con R Studio, versión 4.3.1 (2023, mayo).

Tabla 3. Pruebas de normalidad de las variables relacionadas a la ultrafiltración modificada

<b>Variables</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>p</b>	<b>Normal</b>
Delta hematocrito salida - presalida de CEC	0,986	81	0,506	si
MUF (cc/kg)	0,825	81	< 0,001	no
Delta láctico salida - láctico de entrada	0,918	81	< 0,001	no
Delta láctico de efluente - láctico de salida	0,949	81	0,003	no
Transfusion paquetes globulares (cc/kg)	0,841	81	< 0,001	no
Delta K post MUF - pre salida de CEC (Mmol/L)	0,934	81	< 0,001	no
Delta HCO <sub>3</sub> - post MUF - pre salida de CEC (Mmol/L)	0,950	81	0,003	no
Glicemia salida - entrada (mg/dl)	0,971	81	0,062	si
Volumen ultrafiltrado convencional (cc/kg)	0,852	81	< 0,001	no

Los datos obtenidos también serán analizados en frecuencia simple.

Las variables serán evaluadas en chi cuadrado considerando de significación estadística cuando  $p$  sea  $< 0.05$  con software estadístico SPSS v26

#### VII.10. Aspectos éticos.

El presente estudio fue ejecutado con apego a las normativas éticas internacionales, incluyendo los aspectos relevantes de la Declaración de Helsinki y las pautas del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS).<sup>77</sup> El protocolo del estudio y los instrumentos diseñados para el mismo serán sometidos a la revisión del Comité de Ética de la Universidad, a través de la Escuela de Medicina y de la coordinación de la Unidad de Investigación de la Universidad, así como al departamento de investigaciones científicas de CEDIMAT, cuya aprobación será el requisito para el inicio del proceso de recopilación y verificación de datos.

El estudio implica el manejo de datos identificatorios ofrecidos por personal que labora en el centro de salud (departamento de estadística). Los mismos serán manejados con suma cautela, e introducidos en las bases de datos creadas con esta información y protegidas por una clave asignada y manejada únicamente por la investigadora. Todos los informantes identificados durante esta etapa serán abordados de manera personal con el fin de obtener su permiso para ser contactadas en las etapas subsecuentes del estudio.

Todos los datos recopilados en este estudio serán manejados con el estricto apego a la confidencialidad. A la vez, la identidad de los/as contenida en los expedientes clínicos será protegida en todo momento, manejándose los datos que potencialmente puedan identificar a cada persona de manera desvinculada del resto de la información proporcionada contenida en el instrumento.

Finalmente, toda información incluida en el texto del presente anteproyecto, tomada en otros autores, será justificada por su llamada correspondiente.

## VIII. RESULTADOS

### VIII.1. Aspectos generales de las cardiopatías congénitas del estudio.

El estudio se realizó en un total de 166 pacientes con cardiopatías congénitas. Se observaron diferentes tipos de cardiopatías congénitas y se aumentó la frecuencia de cada una de ellas. Ver tabla 4.

Tabla 4. Frecuencias observadas de las cardiopatías frecuentes en el estudio

Cardiopatía congénita	Frecuencia	Porcentaje
CIV	52	31,3
TOF	35	21,1
Canal AV completo	11	6,6
Insuficiencia Mitral	9	5,4
CIA	8	4,8
Atresia Tricuspea	6	3,6
Canal AV parcial	6	3,6
DCVD	6	3,6
Insuficiencia Ao	4	2,4
Estenosis infundibular	3	1,8
ALCAPA	3	1,8
DTGA	3	1,8
Tronco Arterioso	3	1,8
Membrana Subvalvular Ao	2	1,2
DSVD	2	1,2
Estenosis Valvular Ao	2	1,2
LTGA	1	0,6
APSI	1	0,6
Atresia Mitral	1	0,6
VCSIP	1	0,6
Dextrocardia con SI	1	0,6
DVAPT	1	0,6
DVAPP	1	0,6
Estenosis supra valvular aortica	1	0,6
Estenosis Subvalvular Ao	1	0,6
Tromboembolismo Pulmonar	1	0,6
Origen Anomalo RPD	1	0,6
Total	166	

La cardiopatía congénita más común en la muestra fue la Comunicación Interventricular (CIV), presente en el 31,33% de los pacientes. Le siguió la Tetralogía de Fallot (TOF) con una frecuencia del 21,08%.

En menor proporción, se encontraron las siguientes cardiopatías: Canal AV completo (6,63%), Insuficiencia Mitral (5,42%), CIA (4,82%), Atresia Tricuspeida (3,61%), Canal AV parcial (3,61%), DCVD (3,61%), Insuficiencia Aórtica (2,41%), Estenosis Infundibular (1,81%), ALCAPA (1,81%), DTGA (1,81%), Tronco Arterioso (1,81%), Membrana Subvalvular Aórtica (1,20%), DSVD (1,2%), Estenosis Valvular Aórtica (1,2%), y otras menos frecuentes, cada una con una frecuencia del 0,6%.

Estos resultados concluyeron información sobre la distribución de diferentes tipos de cardiopatías congénitas en la población estudiada. La CIV y TOF representan las dos cardiopatías más predominantes en esta muestra.

A continuación, se dividen las cardiopatías congénitas observadas en este estudio por grupo etario. La tabla 5 presenta la frecuencia de cardiopatías congénitas en recién nacidos que fueron sometidos a la técnica de SMUFAV y aquellos recién nacidos que no recibieron esta técnica (no SMUFAV). Se descubrió un recién nacido con Tronco Arterioso que fue sometido a SMUFAV.: Se identificó un recién nacido con ALCAPA (Arteria coronaria izquierda anómala de la arteria pulmonar) en el grupo SMUFAV. Hubo un caso de APSI (Atresia Pulmonar con Septum Intacto) en el grupo no SMUFAV. Se encontró un caso de Atresia Mitral en el grupo no SMUFAV.

Tabla 5. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en recién nacidos del estudio

Cardiopatía Congénita	MUF (Frecuencia)	Sin MUF (Frecuencia)	Total (Frecuencia)
Tronco Arterioso	1	0	1
ALCAPA	1	0	1
APSI	0	1	1
atresia mitral	0	1	1

En los lactantes menores se observan las siguientes frecuencias observadas y divididos por grupo de estudio, tanto en el grupo SMUFAV como en el no SMUFAV. Los porcentajes se expresan como un valor entre 0% y 100%, lo que indica la

proporción de cada cardiopatía en relación con el total de casos observados en lactantes menores. Se observa que en el grupo MUF, la cardiopatía más frecuente es la CIV con un 52,63% del total de casos en ese grupo. Del mismo modo, en el grupo no MUF, la CIV también es la más frecuente con un 57,89% del total de casos en ese grupo. Ver tabla 6.

Tabla 6. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en lactantes menores del estudio

		MUF	no MUF	Total
Lactantes Menores	CIV	10 (52,63%)	11 (57,89%)	21 (55,26%)
	Canal AV completo	5 (13,16%)	4 (10,53%)	9 (23,68%)
	TOF	2 (5,26%)	1 (2,63)	3 (7,89%)
	Atresia tricuspidea	1 (2,63%)	0 (0%)	1 (2,63%)
	DTGA	1 (2,63%)	0 (0%)	1 (2,63%)
	ALCAPA	0 (0%)	1 (2,63%)	1 (2,63%)
	VCSIP	0 (0%)	1 (2,63%)	1 (2,63%)
	DVAPT SC	0 (0%)	1 (2,63%)	1 (2,63%)

En los lactantes mayores la cardiopatía más frecuente es la Tetralogía de Fallot, que corresponde al 33,3% de los casos. En el grupo SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son CIV (20%) y TOF (10%). En el grupo no SMUFAV, la cardiopatía congénita más frecuente es TOF (23,33%), seguida por CIV (10%). Canal AV parcial, DTGA y Atresia tricúspidea tienen una frecuencia del 10%, 3,33% y 3,33% respectivamente en el grupo MUF, mientras que en el grupo no SMUFAV, Canal AV parcial, DTGA y Atresia tricúspidea tienen una frecuencia del 0%, 3,33% y 3,33% respectivamente. Otras cardiopatías congénitas como Doble Cámara del VD, Insuficiencia Mitral, L-TGA y Estenosis infundibular pulmonar tienen una frecuencia del 3,33% cada una en el grupo SMUFAV, mientras que en el grupo no MUF, Insuficiencia Mitral, LTGA y Estenosis infundibular pulmonar tienen una frecuencia del 3,33% cada una. Ver tabla 7.

Tabla 7. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en lactantes mayores del estudio

		MUF	no MUF	Total
Lactantes Mayores	TOF	3 (10%)	7 (23,33%)	10 (33,33%)
	CIV	6 (20%)	3 (10%)	9 (30%)
	Canal AV parcial	3 (10%)	0	3 (10%)
	DTGA	1 (3,33%)	1 (3,33%)	2 (6,67%)
	Atresia tricuspidea	1 (3,33%)	1 (3,33%)	2 (6,67%)
	DCVD	1 (3,33%)	0	1 (3,33%)
	Insf Mitral	0	1 (3,33%)	1 (3,33%)
	LTGA	0	1 (3,33%)	1 (3,33%)
	Estenosis infundibular pu	0	1 (3,33%)	1 (3,33%)

A continuación, en la tabla 8 se presentan los resultados de la tabla de frecuencia y porcentaje de cardiopatías congénitas en escolares en los grupos SMUFAV y no SMUFAV (n=44), observemos los datos, La cardiopatía más frecuente observada en el grupo de estudio fue la CIV con (31,8%) de los casos. En el grupo SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son CIV y TOF, ambas con un 15,91% de los casos. En el grupo no SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son CIV (15,91%) y TOF (11,36%), también con un alto porcentaje. Otras cardiopatías congénitas observadas son DCVD, Atresia Tricuspidea, DSVD, Canal AV parcial, CIA, Origen Anomalo de RPD, Dextrocardia con Situs Inversus, Tronco Arterioso, DVAPP y estenosis infundibular pulmonar, cada una con una frecuencia menor.

Tabla 8. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en escolares del estudio

Cardiopatía Congénita	MUF	Sin MUF	Total
CIV	7 (15,91%)	7 (15,91%)	14 (31,82%)
TOF	7 (15,91%)	5 (11,36%)	12 (27,27%)
DCVD	1 (2,27%)	3 (6,82%)	4 (9,09%)
atresia tricuspidea	1 (2,27%)	2 (4,55%)	3 (6,82%)
DSVD	1 (2,27%)	1 (2,27%)	2 (4,55%)
Canal AV parcial	0 (0,00%)	2 (4,55%)	2 (4,55%)
CIA	2 (4,55%)	0 (0,00%)	2 (4,55%)
Origen anómalo de RPD	1 (2,27%)	0 (0,00%)	1 (2,27%)
Dextrocardia con SI	1 (2,27%)	0 (0,00%)	1 (2,27%)
Tronco Arterioso	0 (0,00%)	1 (2,27%)	1 (2,27%)
DVAPP	0 (0,00%)	1 (2,27%)	1 (2,27%)
Estenosis Infundibular Pulmonar	1 (2,27%)	0 (0,00%)	1 (2,27%)

A continuación, se presentan los resultados de la tabla de frecuencia y porcentaje de cardiopatías congénitas en preadolescentes en los grupos SMUFAV y no SMUFAV. (n=30), La cardiopatía más frecuente en este grupo etario es la CIV con un 23,3% de los datos. En el grupo SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son CIV 6,67%, TOF 10,00%, y CIA 10,00%. En el grupo no SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son CIV 16,67% y TOF 10,00%. Otras cardiopatías congénitas observadas son Insuficiencia Mitral, Membrana subvalvular Ao, Canal AV parcial, Estenosis infundibular pulmonar, Estenosis Supravalvular AO, Estenosis Subvalvular Ao, ALCAPA, Tronco Arterioso y Canal AV completo, cada una con una frecuencia menor. Ver tabla 9.

Tabla 9. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en preadolescentes del estudio

Cardiopatía Congénita	MUF	Sin MUF	Total
CIV	2 (6,67%)	5 (16,67%)	7 (23,33%)
TOF	3 (10,00%)	3 (10,00%)	6 (20,00%)
CIA	3 (10,00%)	2 (6,67%)	5 (16,67%)
En.s. Mitral	2 (6,67%)	1 (3,33%)	3 (10,00%)
Membrana subvalvular Ao	1 (3,33%)	1 (3,33%)	2 (6,67%)
Canal AV parcial	1 (3,33%)	0 (0,00%)	1 (3,33%)
Estenosis infundibular pulmonar	1 (3,33%)	0 (0,00%)	1 (3,33%)
Estenosis supravalvular AO	1 (3,33%)	0 (0,00%)	1 (3,33%)
Estenosis Subvalvular Ao	0 (0,00%)	1 (3,33%)	1 (3,33%)
ALCAPA	1 (3,33%)	0 (0,00%)	1 (3,33%)
Tronco Arterioso	0 (0,00%)	1 (3,33%)	1 (3,33%)
Canal AV completo	0 (0,00%)	1 (3,33%)	1 (3,33%)

Se presentan los resultados de la tabla de frecuencia y porcentaje de cardiopatías congénitas en adolescentes en los grupos SMUFAV y no SMUFAV (n=20) del presente estudio, la cardiopatía más frecuente observada es la Insuficiencia Mitral con un 25% de los casos. En el grupo SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son TOF (15,00%). En el grupo no SMUFAV, las cardiopatías congénitas más frecuentes son Insuficiencia Mitral (25,00%) e Insuficiencia Aortica (20,00%). Otras cardiopatías congénitas observadas en ambos grupos son Estenosis Valvular Aortica, CIA,

Tromboembolismo Pulmonar, DCVD, Canal AV completo y CIV PM, cada una con una frecuencia menor. Ver tabla 10.

Tabla 10. Frecuencias observadas de cardiopatías congénitas en adolescentes del estudio

Cardiopatía Congénita	MUF	Sin MUF	Total
insuficiencia mitral	0 (0,00%)	5 (25,00%)	5 (25,00%)
Insuficiencia Ao	0 (0,00%)	4 (20,00%)	4 (20,00%)
TOF	3 (15,00%)	1 (5,00%)	4 (20,00%)
Estenosis Valvular Ao	1 (5,00%)	1 (5,00%)	2 (10,00%)
CIA	1 (5,00%)	0 (0,00%)	1 (5,00%)
Tromboembolismo Pulmonar	1 (5,00%)	0 (0,00%)	1 (5,00%)
DCVD	1 (5,00%)	0 (0,00%)	1 (5,00%)
Canal AV completo	1 (5,00%)	0 (0,00%)	1 (5,00%)
CIV PM	0 (0,00%)	1 (5,00%)	1 (5,00%)

### VIII.2. Efectos de las diferencias de sexo en las variables analizadas del estudio.

Se evaluaron los efectos del sexo (femenino y masculino) en las variables analizadas. Se presentó una distribución por sexo, con un total 47,6% para femenino y 52,4% para masculino y se dividió por grupo de estudio para SMUFAV y no SMUFAV. Ver tabla 11. Distribución porcentual por sexo de la muestra del estudio

Tabla 11. Distribución porcentual por sexo y grupo de la muestra del estudio

Tabla cruzada Sexo * Grupos					
Sexo			Grupos		Total
			SMUFAV	No SMUFAV	
Femenino	Recuento		38	41	79
	% dentro de Grupos		46,9%	48,2%	47,6%
Masculino	Recuento		43	44	87
	% dentro de Grupos		53,1%	51,8%	52,4%
Total	Recuento		81	85	166
	% dentro de Grupos		100,0%	100,0%	100,0%

En delta HS-presalida CEC [femenino =  $4,5 \pm 0,5$  vs masculino =  $4,5 \pm 0,6$ ; F = 0,074 (p = 0,786), h2 = 0,000]. En delta L (salida) y L (entrada) los valores fueron

[femenino =  $0,94 \pm 0,18$  vs masculino =  $0,92 \pm 0,14$ ;  $F = 0,004$  ( $p = 0,952$ ),  $h2 = 0,000$ ]. En la variable, TPG los valores fueron [femenino =  $12,8 \pm 1,7$  vs masculino =  $10,7 \pm 1,4$ ;  $F = 0,916$  ( $p = 0,340$ ),  $h2 = 0,006$ ]. En delta K post CEC y presalida CEC los cambios fueron [femenino =  $-0,41 \pm 0,06$  vs masculino =  $-0,58 \pm 0,07$ ;  $F = 3,839$  ( $p = 0,052$ ),  $h2 = 0,023$ ]. Y en delta HCO<sub>3</sub> post MUF y presalida CEC, los cambios fueron [femenino =  $-0,43 \pm 0,35$  vs masculino =  $0,02 \pm 0,29$ ;  $F = 1,038$  ( $p = 0,310$ ),  $h2 = 0,006$ ]. En los cambios de la glucemia [femenino =  $39 \pm 4$  vs masculino =  $42 \pm 4$ ;  $F = 0,355$  ( $p = 0,552$ ),  $h2 = 0,002$ ] y, por último, en VUC [femenino =  $22,7 \pm 1,8$  vs CUF =  $23,5 \pm 1,9$ ;  $F = 0,099$  ( $p = 0,754$ ),  $h2 = 0,001$ ]. Ver Tabla 12.

Tabla 12. Comparación de deltas por sexo

Variables	Femenino	Masculino	F	p	h2
n	79	87	-	-	-
Delta HS - pre salida CEC (%)	$4,5 \pm 0,5$	$4,5 \pm 0,6$	0,074	0,786	0,000
Delta L salida - L entrada (mmol/L)	$0,94 \pm 0,18$	$0,92 \pm 0,14$	0,004	0,952	0,000
TPG (cc/kg)	$12,8 \pm 1,7$	$10,7 \pm 1,4$	0,916	0,340	0,006
Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/l)	$-0,41 \pm 0,06$	$-0,58 \pm 0,07$	3,839	0,052	0,023
Delta HCO <sub>3</sub> post CEC - pre salida CEC (n)	$-0,43 \pm 0,35$	$0,02 \pm 0,29$	1,038	0,310	0,006
Glicemia salida-entrada (mg/dl)	$39 \pm 4$	$42 \pm 4$	0,355	0,552	0,002
VUC (cc/kg)	$22,7 \pm 1,8$	$23,5 \pm 1,9$	0,099	0,754	0,001

Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas entre los sexos en ninguna de las variables estudiadas.

En relación al delta HS-presalida CEC, que evalúa los cambios en el hematocrito antes de salir de CEC y después de la CEC, no se encontraron diferencias significativas entre los sexos. Tanto en el sexo femenino como en el masculino, los valores promedio de delta HS-presalida CEC fueron similares.

En cuanto al delta L (salida) y L (entrada), que mide los cambios en los niveles de lactato durante la primera gasometria y después de salida de la CEC, tampoco

se observaron diferencias significativas entre los sexos. Los valores promedio de delta L fueron similares en ambos sexos.

En la variable TPG, que evalúa el valor en cc/kg de paquete globular transfundido, no se encontraron diferencias significativas entre los sexos. Tanto en mujeres como en hombres, los valores promedio de TPG fueron similares.

En relación a los cambios en delta K<sup>+</sup> post CEC y presalida CEC, que miden los cambios en los niveles de potasio antes de salir de bomba y después de la circulación extracorpórea, se demostró una tendencia hacia diferencias significativas entre los sexos ( $p = 0,052$ ). Sin embargo, el valor de  $p$  no alcanzó significancia estadística. Aunque se observaron diferencias numéricas en los cambios de potasio entre los sexos, estas diferencias no fueron lo suficientemente grandes como para ser consideradas estadísticamente significativas. En cuanto a los cambios en delta HCO<sub>3</sub> post MUF y presalida CEC, que evaluaron los cambios en los niveles de bicarbonato antes y después del uso de la ultrafiltración modificada simplificada arteriovenosa, no se encontraron diferencias significativas entre los sexos. Tanto en mujeres como en hombres, los cambios promedio en los niveles de bicarbonato fueron similares. En relación a los cambios en los niveles de glucemia, no se encontraron diferencias significativas entre los sexos. Los valores promedio de los cambios en la glucemia fueron similares tanto en mujeres como en hombres. Por último, en la variable VUC, que mide el volumen de ultrafiltrado convencional, tampoco se observaron diferencias significativas entre los sexos. Los valores promedio de VUC similares fueron tanto en mujeres como en hombres. Los resultados indican que no se encontraron diferencias significativas entre los sexos en las variables analizadas.

VIII.3. Distribución de los grupos etarios en las variables de estudio según empleo de la técnica SMUFAV.

La edad de las variables diferenciales o deltas, se compararon entre grupos de edades (recién nacido, lactante menor, lactante mayor, escolares, preadolescente y adolescente). Solo se reportaron las diferencias estadísticas significativas.

Esta muestra se caracterizó por tener un rango de edad desde los 28 días hasta los 17 años, en agrupados en distintos grupos etarios descritos como recién nacidos, lactantes menores, lactantes mayores, escolares, preadolescentes y adolescentes. De esta manera se presentó una distribución por grupos de todos los segmentos de la población pediátricas en los grupos SMUFAV y no SMUFAV. Ver tabla 13.

Tabla 13. cruzada de grupos etarios en SMUFAV y no SMUFAV

Edad	RN		SMUFAV		Total
			No SMUFAV	Total	
		Recuento	2	2	4
		% dentro de Grupos	2,5%	2,4%	2,4%
Lactante menor		Recuento	19	19	38
		% dentro de Grupos	23,5%	22,4%	22,9%
Lactante mayor		Recuento	15	15	30
		% dentro de Grupos	18,5%	17,6%	18,1%
Escolar		Recuento	22	22	44
		% dentro de Grupos	27,2%	25,9%	26,5%
Preadolescente		Recuento	15	15	30
		% dentro de Grupos	18,5%	17,6%	18,1%
Adolescente		Recuento	8	12	20
		% dentro de Grupos	9,9%	14,1%	12,0%
Total		Recuento	81	85	166
		% dentro de Grupos	100,0%	100,0%	100,0%

$$\chi^2 = 0,704 \text{ (p} = 0,983\text{)}$$

El resultado de la prueba de chi cuadrado ( $\chi^2$ ) con un valor de 0,704 y un valor p de 0,983 indica que no hay una diferencia significativa entre los grupos etarios (recién nacidos, lactantes menores, lactantes mayores, escolares, preadolescentes y adolescentes) en cuanto a su distribución entre los grupos MUF y no MUF en este estudio.

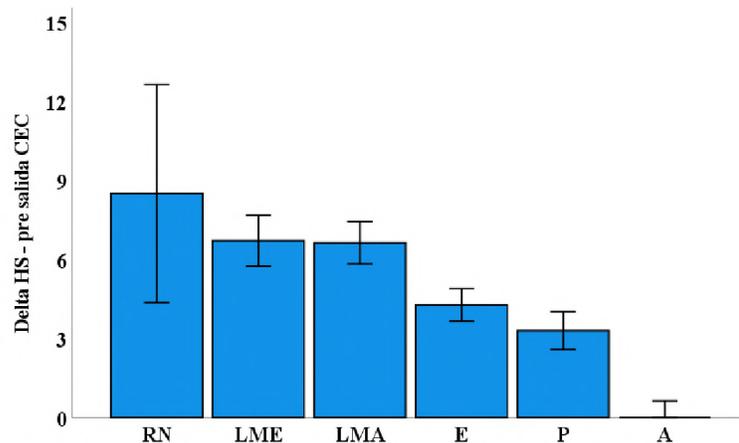
El valor p en una prueba de chi cuadrado representa la probabilidad de obtener los resultados observados si la variable en estudio no tiene ningún efecto significativo en la distribución. En este caso, el valor p es 0,983, lo que significa que existe una probabilidad muy alta de que las diferencias en la distribución de los grupos etarios entre SMUFAV y no SMUFAV sean simplemente aleatorias y no tengan una relación significativa con la variable que se está evaluando, en este caso, la utilización de SMUFAV.

VIII.4. Impacto del hematocrito en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.

VIII.4.1. Análisis del delta hematocrito por grupo etario.

En primer lugar, se analizaron las siguientes variables tomando el número total de casos SMUFAV y no SMUFAV en cada grupo etario, como el delta del hematocrito de salida de quirófano menos el hematocrito antes de salir de CEC (Delta HS- pre salida CEC) para determinar el aumento del hematocrito en porcentaje tomando como referencia el momento previo a salir de CEC y después de la CEC. En el caso del delta HS-presalida CEC, el valor delta más alto fue en recién nacidos ( $8,5 \pm 4,1$ ) y el más pequeño correspondió al grupo de adolescentes ( $-0,20 \pm 0,80$ ), los valores medios en lactantes, en el caso de los menores ( $6,7 \pm 1,0$ ) y en mayores ( $6,6 \pm 0,8$ ), mientras que, en escolares ( $4,3 \pm 0,6$ ) y preadolescentes ( $3,3 \pm 0,7$ ), hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos por edad [F = 7,891; p < 0,001; h2 = 0,198] Ver gráfico 1.

Gráfico 1. Variable Delta Hematocrito Salida de CEC menos pre salida CEC (%) por grupo etario



Variables	RN	Lac Menor	Lac Mayor	Escolar	Preadolescente	Adolescente	F	p	h2
n	4	38	30	44	30	20	-	-	-
Delta HS - pre salida CEC (%)	8,5 ± 4,1	6,7 ± 1,0	6,6 ± 0,8	4,3 ± 0,6	3,3 ± 0,7	-0,20 ± 0,8	7,891	< 0,001	0,198

Los resultados obtenidos al analizar las diferencias en las variables deltas (cambios) entre diferentes grupos de edad (recién nacidos, lactantes menores, lactantes mayores, escolares, preadolescentes y adolescentes).

En el caso del delta HS-presalida CEC, se demostró que los recién nacidos presentaron el valor delta más alto, mientras que el grupo de adolescentes mostró el valor más pequeño. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas. Además, se encontraron diferencias significativas al comparar las medias entre diferentes grupos de edad.

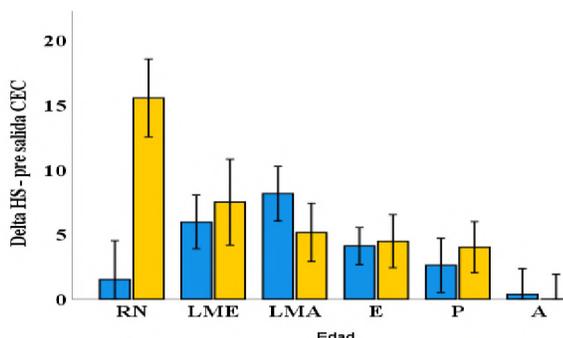
En la tabla 14 evaluamos el comportamiento del hematocrito en dos momentos de la CEC, antes de salir de bomba y antes de la salida del quirófano según los dos grupos estudios a comparar, tanto en SMUFAV como a los que no se les realizó SMUFAV.

Tabla 14. Impacto del hematocrito por grupo etario en los dos grupos de estudio

Grupos	Variables	RN	Lac Men	Lac May	Esc	Pre Adol	Adol	F	p	h2
MUF	n	2	19	15	22	15	8	-	-	-
	Delta HS - pre salida CEC (%)	1,5 ± 1,5	6,0 ± 1,0	8,1 ± 1,1	4,1 ± 0,7	2,6 ± 1,0	0,4 ± 1,0	<b>5,084</b>	<b>0,026</b>	<b>0,032</b>
No MUF	n	2	19	15	22	15	12	-	-	-
	Delta HS - pre salida CEC (%)	15,5 ± 1,5	7,5 ± 1,7	5,1 ± 1,1	4,5 ± 1,	4,0 ± 1,0	-0,58 ± 1,25	5,084	0,026	0,032

Respecto a la variable delta hematocrito de salida – presalida de CEC en el grupo de SMUFAV encontramos un porcentaje mayor del aumento de este en los lactantes mayores, (8,1 ± 1,1) seguido de los lactantes menores (6,0 ± 1,0) y escolares (4,1 ± 0,7) mientras que fue más bajo en preadolescentes (2,6 ± 1,0), seguidos de recién nacidos (1,5 ± 1,5) y más bajos en adolescentes (0,4 ± 1,0). Hubo un efecto estadístico significativo de la edad y el grupo sobre los diferenciales (F = 5,084; p = 0,026; h2 = 0,032). Ver gráfico 2.

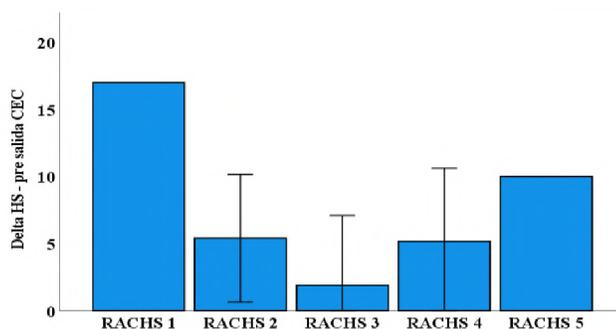
Gráfico 2. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC según grupos de estudio SMUFAV y no SMUFAV (Azul SMUFAV; Amarillo no SMUFAV)



#### VIII.4.2. Análisis del delta hematocrito por escala RACHS.

Al comparar los valores diferenciales de la variable, según escala de RACHS hubo diferencia en delta HS-presalida CEC, los valores más alto correspondieron a RACHS 2 ( $5,4 \pm 0,4$ ) y RACHS 4 ( $5,2 \pm 2,2$ ), en RACHS 1, hubo un solo paciente con un valor de 17,0 e igualmente en RACHS 5, con un valor de 10, en los pacientes con RACHS 3, el valor fue  $1,9 \pm 0,8$ , hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos de la escala RACHS [ $F = 5,769$ ;  $p < 0,001$ ;  $h2 = 0,125$ ]. Ver gráfico 3.

Grafico 3. Comparación de la variable delta hematocrito de salida – pre salida de CEC



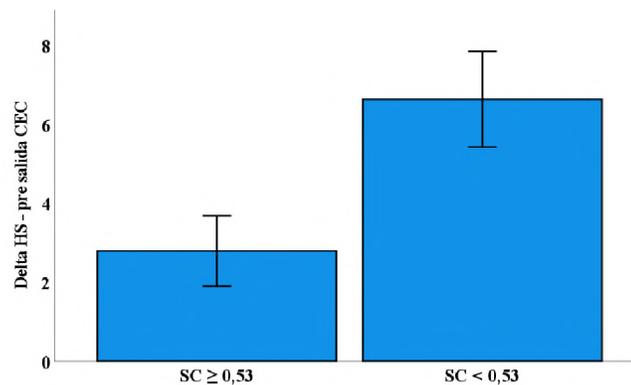
Variables	RACHS 1	RACHS 2	RACHS 3	RACHS 4	RACHS 5	F	p	h2
n	1	118	40	6	1	-	-	-
Delta HS - pre salida CEC (%)	17,0	$5,4 \pm 0,4$	$1,9 \pm 0,8$	$5,2 \pm 2,2$	10,0	5,769	< 0,001	0,125

#### VIII.4.3. Análisis del delta hematocrito por superficie corporal.

En relación al delta HS-presalida CEC, según  $SC < 0,53 \text{ m}^2$  experimentaron un aumento significativamente mayor en el hematocrito. Los pacientes con  $SC \geq 0,53 \text{ m}^2$  presentaron un incremento promedio de  $2,8 \pm 0,4$  en el hematocrito. Por otro lado, los pacientes con  $SC < 0,53 \text{ m}^2$  mostraron un incremento mayor, con un promedio de  $6,6 \pm 0,6$ . Estos resultados indican que la diferencia en el hematocrito entre la salida y la presalida fue más pronunciada en los pacientes con  $SC < 0,53 \text{ m}^2$ . Es importante destacar que estas diferencias fueron estadísticamente significativas, con un valor de  $p < 0,001$  y un efecto moderado según el valor de  $h^2$ .

En el delta hematocrito de salida-presalida CEC, en  $SC \geq 0,53 \text{ m}^2$  ( $2,8 \pm 0,4$ ) y en  $SC < 0,53 \text{ m}^2$  ( $6,6 \pm 0,6$ ) y diferencia estadística significativa ( $F = 26,576$ ;  $p < 0,001$ ;  $h^2 = 0,139$ ). Ver gráfico 4.

Gráfico 4. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC según superficie corporal



Variables	SC $\geq 0,53$	SC $< 0,53$	F	p	h2
n	86	80	-	-	-
Delta HS - pre salida CEC (%)	$2,8 \pm 0,4$	$6,6 \pm 0,6$	<b>26,576</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,139</b>

#### VIII.4.4. Análisis del delta hematocrito según tiempo de CEC.

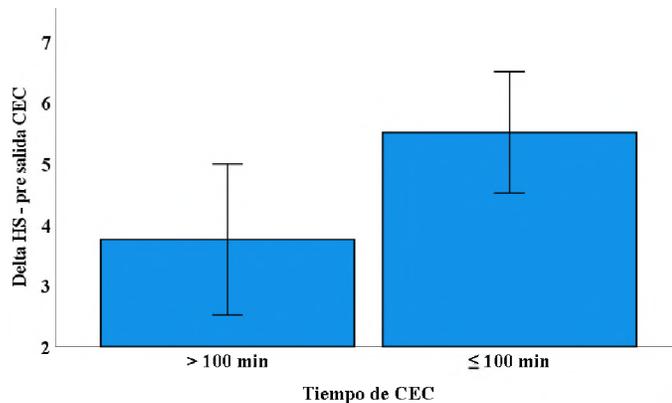
El análisis de los datos presenta una diferencia estadísticamente significativa en el hematocrito de salida (HS) entre dos grupos de pacientes, estratificados según el tiempo de duración de la circulación extracorpórea (CEC).

En el primer grupo, compuesto por todos los pacientes del estudio cuyo tiempo de CEC fue mayor a 100 minutos, se estableció un delta promedio de hematocrito de salida en relación con la presalida CEC de  $3,8 \pm 0,6\%$ . En contraste, en el segundo grupo, que incluyó pacientes con CEC igual o menor a 100 minutos, el delta promedio de hematocrito fue de  $5,5 \pm 0,5\%$ .

El análisis estadístico realizado indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en el cambio del hematocrito de salida en estos dos grupos. El valor del estadístico F es de 4,913 y el valor de p es de 0,028, lo que significa que la probabilidad de que esta diferencia se deba al azar es baja. Además, el coeficiente de determinación  $h^2$  es de 0,029, lo que sugiere que aproximadamente el 2,9% de la conservación en los cambios de HS puede ser explicada por las diferencias en el tiempo de CEC.

Estos resultados indican que el tiempo de duración de la circulación extracorpórea puede tener un efecto significativo en los cambios del hematocrito de salida durante la cirugía. Los pacientes con CEC más prolongados mostraron una menor disminución promedio del hematocrito de salida en comparación con aquellos con CEC más corta.

Gráfico 5. Comparación de la variable delta HS – presalida de CEC según tiempo de CEC.



Variables	> 100 min	≤ 100 min	F	p	h2
n	82	84	-	-	-
Delta HS - pre salida CEC (%)	$3,8 \pm 0,6$	$5,5 \pm 0,5$	<b>4,913</b>	<b>0,028</b>	<b>0,029</b>

En la tabla 15 se analizan dos factores o variables, que son el grupo (SMUFAV y no SMUFAV) y el tiempo de CEC (> 100 min y ≤ 100 min). Al analizar los cambios en las variables, no se encontró diferencias del efecto del grupo y el tiempo de CEC con delta HS-presalida CEC (p = 0,946), los resultados indican que la técnica de SMUFAV y la duración de la CEC no tiene un impacto significativo en los cambios del hematocrito de salida durante la cirugía, al menos según los datos analizados en este estudio específico.

Tabla 15. Comparación de los deltas hematocrito salida menos entrada por grupos de estudio SMUFAV y no SMUFAV según tiempo de circulación extracorpórea

Variables	MUF		No MUF		F	p	h2
	> 100 min	≤ 100 min	> 100 min	≤ 100 min			
n	42	39	40	45	-	-	
Delta HS - pre salida CEC (%)	4,3 ± 0,7	4,9 ± 0,6	3,2 ± 1,0	6,1 ± 0,7	0,005	0,946	0,000

VIII.5. Impacto del lactato en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.

#### VIII.5.1 Análisis del delta láctico de salida menos entrada por grupo etario.

Los datos presentados muestran los resultados obtenidos al analizar la variable delta del láctico de salida - entrada en pacientes de diferentes grupos etarios. Esta variable representa el cambio en los niveles de ácido láctico en la sangre entre la primera medición (láctico de entrada) y la última medición antes de salir a la unidad de cuidados intensivos (láctico de salida) en milimoles por litro (mmol/L).

A continuación, se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables: Láctico de entrada: F = 1,762, p = 0,139. Láctico de salida: F = 1,073, p = 0,372. Delta de láctico entrada-salida: F = 0,985, p = 0,417

El valor de F en el ANOVA indica la necesidad de los datos en relación con los grupos etarios y se utiliza para evaluar si hay diferencias significativas entre los grupos. El valor de p, por otro lado, es el valor de probabilidad asociado con el

estadístico F y se utiliza para determinar la significancia estadística de los resultados. Un valor de p menor que el nivel de significancia (generalmente 0,05) indica que hay diferencias significativas entre los grupos. En este caso, los valores de p para todas las variables son mayores que 0,05, lo que significa que no hay diferencias estadísticamente significativas en los niveles de ácido láctico de entrada, láctico de salida y el cambio en los niveles de ácido láctico (delta) entre los diferentes grupos etarios. Esto sugiere que la edad de los pacientes no tiene un efecto significativo en los niveles de ácido láctico en la sangre al momento de ingresar a la cirugía (láctico de entrada), ni en los niveles de ácido láctico al momento de salir de la cirugía (láctico de salida), ni en el cambio de estos niveles durante la cirugía (delta de láctico entrada-salida). Ver tabla 16.

Tabla 16. Resúmenes de casos por grupos etarios en la variable delta láctico de salida menos láctico de entrada

Edad		Láctico entrada (mmol/L)	Láctico salida (mmol/L)	Delta Láctico salida - Láctico de entrada
RN	N	4	4	4
	Media	1,150	2,100	0,950
	Desv. Desviación	0,1291	0,7394	0,6758
Lactante	N	68	68	68
	Media	0,788	1,490	0,701
	Desv. Desviación	0,3423	1,0211	0,9451
Escolar	N	44	44	44
	Media	0,759	1,948	1,189
	Desv. Desviación	0,3230	2,3932	2,3392
Preadolescente	N	30	30	30
	Media	0,770	1,640	0,870
	Desv. Desviación	0,2781	0,7417	0,6455
Adolescente	N	20	20	20
	Media	0,900	2,110	1,210
	Desv. Desviación	0,4377	1,2502	1,1557
Total	N	166	166	166
	Media	0,799	1,728	0,928
	Desv. Desviación	0,3400	1,5038	1,4400

Notas. Láctico de entrada: F = 1,762 (p = 0,139) Láctico de salida: F = 1,073 (p = 0,372) Delta de láctico entrada-salida: F = 0,985 (p = 0,417)

En la tabla 17 evaluamos el impacto del delta del lactato por grupos etarios en ambos grupos de estudio tanto SMUFAV como a los pacientes que no se les realizó SMUFAV, los datos obtenidos revelan resultados que no presentan significancia estadística. Al analizar los datos presentados en la tabla, se observa el valor del delta del lactato (L salida - L entrada) para diferentes grupos etarios en el grupo

SMUFAV. Los resultados muestran que los recién nacidos presentaron un delta promedio de  $1,15 \pm 0,55$  mmol/L, mientras que los lactantes menores tuvieron un valor promedio de  $0,55 \pm 0,10$  mmol/L. Los lactantes mayores registraron un delta promedio de  $0,63 \pm 0,13$  mmol/L, y los escolares mostraron un valor promedio de  $0,75 \pm 0,09$  mmol/L. En el caso de los preadolescentes, el delta promedio fue de  $1,00 \pm 0,16$  mmol/L, y los adolescentes presentaron el mayor valor promedio con  $1,21 \pm 0,33$  mmol/L. En el grupo no SMUFAV al analizar los datos de los deltas del lactato (L salida - L entrada) en diferentes grupos etarios, se observarán diferencias en los valores promedio y en las desviaciones estándar. Los recién nacidos presentaron un delta promedio de  $0,75 \pm 0,55$  mmol/L, lo que indica una relativa alta en los resultados. Los lactantes menores mostraron un delta promedio ligeramente más alto, con  $0,98 \pm 0,38$  mmol/L, mientras que los lactantes mayores tuvieron un valor promedio de  $0,61 \pm 0,10$  mmol/L. Los escolares exhibieron el mayor delta promedio con  $1,63 \pm 0,69$  mmol/L, y tanto los preadolescentes como los adolescentes mostraron deltas promedio de  $0,75 \pm 0,17$  mmol/L y  $1,21 \pm 0,39$  mmol/L, respectivamente.

Para determinar la significancia de las diferencias entre los grupos etarios, se realizó un análisis estadístico. El valor obtenido para la prueba F fue de 0,112, indicando que no se encontraron diferencias significativas en los deltas del lactato entre los grupos. Además, el valor de p fue de 0,738, lo cual respalda esta conclusión de falta de significancia estadística.

El coeficiente de determinación  $h^2$ , que indica la proporción de varianza explicada por la variable independiente, mostró un valor de 0,001. Esto sugiere que la necesidad en los deltas del lactato no está influenciada significativamente por los grupos etarios.

Los resultados indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los deltas del lactato entre los diferentes grupos etarios evaluados. Esto sugiere que, en el contexto de esta investigación, la edad no parece ser un factor determinante en las variaciones del lactato entre la entrada y la salida.

Tabla 17. Comportamiento de la lactatemia por grupo etario en los dos grupos de estudio

Grupos	Variables	RN	Lac Men	Lac May	Esc	Pre Adol	Adol	F	p	h2
MUF	n	2	19	15	22	15	8	-	-	-
	Delta L salida - L entrada (mmol/L)	1,15 ± 0,55	0,55 ± 0,10	0,63 ± 0,13	0,75 ± 0,09	1,00 ± 0,16	1,21 ± 0,33	0,112	0,738	0,001
No MUF	n	2	19	15	22	15	12	-	-	-
	Delta L salida - L entrada (mmol/L)	0,75 ± 0,55	0,98 ± 0,38	0,61 ± 0,10	1,63 ± 0,69	0,75 ± 0,17	1,21 ± 0,39	0,112	0,738	0,001

El resto de las variables relacionadas con Sexo, RACHS, Tiempo de CEC, SC, no muestran significancia estadística.

VIII.6. Impacto del volumen de ultrafiltrado convencional en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV.

VIII.6.1. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional por grupo etario.

Se realiza una comparación de los resultados obtenidos en los diferentes grupos etarios de la población pediátrica del estudio para evaluar la efectividad del volumen de ultrafiltrado convencional en cc/kg en los grupos que recibieron SMUFAV y no SMUFAV.

En primer lugar, se realiza un análisis general de todos los pacientes sometidos al estudio. Respecto al VUC, el valor medio más alto estuvo en el grupo de recién nacidos ( $44,5 \pm 12,4$ ), mientras que los valores más bajos en escolares ( $17,1 \pm 1,5$ ) y preadolescentes ( $18,0 \pm 1,8$ ), en adolescentes ( $28,4 \pm 4,3$ ) hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos por edad [F = 4,884; p < 0,001; h2 = 0,132]. Ver tabla 18.

Tabla 18. Comparación de la variable VUC de todos los pacientes según grupo etario

Variabes	RN	Lac Menor	Lac Mayor	Escolar	Preadolescente	Adolescente	F	p	h2
n	4	38	30	44	30	20	-	-	-
VUC (cc/kg)	44,5 ± 12,4	29,6 ± 3,2	22,5 ± 3,5	17,1 ± 1,5	18,0 ± 1,8	28,4 ± 4,3	4,884	< 0,001	0,132

Luego dividimos los grupos etarios en aquellos que recibieron SMUFAV y quienes no recibieron la técnica al finalizar la CEC. Al examinar los datos del volumen de ultrafiltrado convencional (VUC) del grupo SMUFAV y no SMUFAV en diferentes grupos etarios, se observan diferencias en los valores promedio y en las desviaciones estándar. Ver tabla 19.

Tabla 19. Impacto del volumen de VUC en cc/kg en los dos grupos de estudio

Grupos	Variables	RN	Lac Men	Lac May	Esc	Pre Adol	Adol	F	p	h2
MUF	n	2	19	15	22	15	8	-	-	-
	VUC (cc/kg)	65,9 ± 3,4	27,7 ± 3,9	23,6 ± 4,5	16,2 ± 2,0	20,8 ± 3,0	17,4 ± 3,6	1,724	0,191	0,011
No MUF	n	2	19	15	22	15	12	-	-	-
	VUC (cc/kg)	23,1 ± 0,0	31,4 ± 5,1	21,4 ± 5,6	18,1 ± 2,4	15,3 ± 1,7	35,7 ± 6,0	1,724	0,191	0,011

Los recién nacidos presentaron un VUC promedio de  $65,9 \pm 3,4$  cc/kg, lo que indica un ultrafiltrado en CEC mayor en relación con su peso corporal. Los lactantes menores mostraron un VUC promedio de  $27,7 \pm 3,9$  cc/kg, mientras que los lactantes mayores tuvieron un valor promedio de  $23,6 \pm 4,5$  cc/kg. A medida que los niños crecen, el VUC disminuye, ya que los escolares aparecieron un promedio de  $16,2 \pm 2,0$  cc/kg, los preadolescentes mostraron un promedio de  $20,8 \pm 3,0$  cc/kg y los adolescentes registraron un promedio de  $17,4 \pm 3,6$  cc/kg. En el grupo no MUF Los recién nacidos presentaron un VUC promedio de  $23,1 \pm 0,0$  cc/kg. Por otro lado, los lactantes menores mostraron un VUC promedio de  $31,4 \pm 5,1$  cc/kg, mientras que los lactantes mayores presentaron un valor promedio de  $21,4 \pm 5,6$  cc/kg. Los escolares tuvieron un promedio de  $18,1 \pm 2,4$  cc/kg, los preadolescentes registraron un promedio de  $15,3 \pm 1,7$  cc/kg, y los adolescentes mostraron el valor promedio más alto de  $35,7 \pm 6,0$  cc/kg.

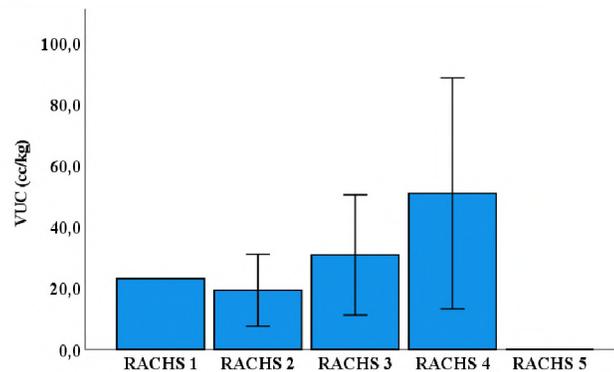
Al realizar el análisis estadístico, se encontró que el valor de la prueba F fue de 1,724 y el valor de p obtenido fue de 0,191, tanto para el grupo MUF como para el grupo no MUF. Esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en los valores de VUC entre los grupos SMUFAV y no SMUFAV en los diferentes grupos etarios evaluados.

El coeficiente de determinación  $h^2$ , con un valor de 0,011, sugiere que la edad del paciente tiene una influencia mínima en la concentración observada en los volúmenes de ultrafiltrado por el tipo de tratamiento (SMUFAV y no SMUFAV).

### VIII.6.2. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional según escala RACHS.

El volumen de ultrafiltrado convencional estuvo más elevado en pacientes RACHS 4 ( $50,9 \pm 15,4$ ) y más bajo en pacientes con RACHS 2 ( $19,3 \pm 1,1$ ) y en RACHS 3 ( $30,8 \pm 3,1$ ), hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos de la escala RACHS [ $F = 9,697$ ;  $p < 0,001$ ;  $h^2 = 0,194$ ]. Ver gráfico 6.

Gráfico 6. Comparación de la variable VUC en cc/kg según escala RACHS.



Variables	RACHS 1	RACHS 2	RACHS 3	RACHS 4	RACHS 5	F	p	$h^2$
n	1	118	40	6	1	-	-	-
VUC (cc/kg)	23,1	19,3 ± 1,1	30,8 ± 3,1	50,9 ± 15,4	0,0	9,697	< 0,001	0,194

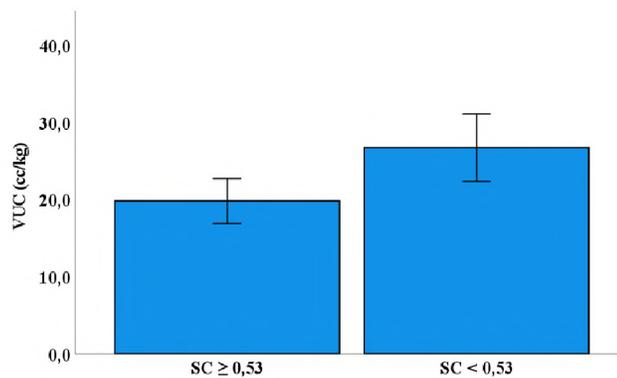
### . VIII.6.3. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional según superficie corporal.

Los datos presentados muestran una diferencia estadísticamente significativa en el volumen de ultrafiltración convencional entre dos subgrupos de pacientes que fueron estratificados según su superficie corporal (SC).

En el primer subgrupo, compuesto por pacientes con una superficie corporal (SC) mayor o igual a 0,53 m<sup>2</sup>, el volumen promedio de ultrafiltración convencional fue de 19,8 ± 1,5 cc/kg. Mientras tanto, en el segundo subgrupo, conformado por pacientes con una superficie corporal menor a 0,53 m<sup>2</sup>, el volumen promedio de ultrafiltración convencional fue de 26,8 ± 2,2 ml/kg.

El análisis estadístico realizado indica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos subgrupos en cuanto al volumen de ultrafiltración convencional aplicado. El valor del estadístico F es de 7,135 y el valor de p es de 0,008. Además, el coeficiente de determinación h<sup>2</sup> es de 0,042, lo que significa que aproximadamente el 4,2% de la necesidad en los volúmenes de ultrafiltración convencional puede ser explicada por las diferencias en la superficie corporal. Ver gráfico 7.

Gráfico 7. Comparación de la variable VUC en cc/kg según superficie corporal.



Variables	SC ≥ 0,53	SC < 0,53	F	p	h <sup>2</sup>
n	86	80	-	-	-
VUC (cc/kg)	19,8 ± 1,5	26,8 ± 2,2	7,135	0,008	0,042

#### VIII.6.4. Análisis del volumen de ultrafiltrado convencional en cc/kg según tiempo de CEC.

Los resultados presentados muestran una diferencia estadísticamente significativa en el volumen de ultrafiltrado convencional (VUC) entre dos grupos de pacientes, estratificados según el tiempo de duración de la circulación

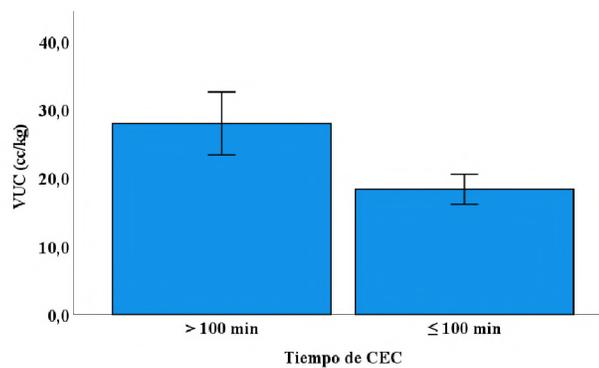
extracorpórea (CEC). En el primer grupo, compuesto por pacientes cuyo CEC fue mayor a 100 minutos, el volumen promedio de ultrafiltrado convencional fue de  $28,0 \pm 2,3$  cc/kg.

En contraste, en el segundo grupo, que incluyó pacientes con CEC igual o menor a 100 minutos, el volumen promedio de ultrafiltrado convencional fue de  $18,7 \pm 1,2$  cc/kg.

El análisis estadístico realizado indica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos grupos en cuanto al volumen de ultrafiltrado convencional aplicado.

El valor del estadístico F es de 14,440 y el valor de p es menor a 0,001, lo que significa que la probabilidad de que esta diferencia sea debido al azar es extremadamente baja. Además, el coeficiente de determinación  $h^2$  es de 0,081, lo que indica que alrededor del 8,1% de los volúmenes de ultrafiltrado convencional puede ser explicada por las diferencias en el tiempo de CEC. Ver gráfico 8.

Gráfico 8. Comparación de la variable VUC según tiempo de CEC.



Variables	> 100 min	≤ 100 min	F	p	h <sup>2</sup>
n	82	84	-	-	-
VUC (cc/kg)	28,0 ± 2,3	18,7 ± 1,1	<b>14,440</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,081</b>

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al analizar el volumen de ultrafiltración convencional (VUC) en relación con dos factores: el tiempo de duración de la circulación extracorpórea (CEC) y si se obtuvo o no la técnica de ultrafiltración modificada simplificada arteriovenosa. SMUFAV mayor a 100 minutos: VUC =  $25,4 \pm 3,1$  cc/kg; MUF menor o igual a 100 minutos: VUC =  $19,3 \pm 1,3$  cc/kg; No MUF mayor a 100 minutos: VUC =  $30,8 \pm 3,4$  cc/kg; No MUF menor o igual a 100 minutos: VUC =  $17,6 \pm 1,8$  cc/kg. El valor de F (0,502) obtenido del análisis de varianza (ANOVA) indica la pérdida de los datos en relación con los dos factores (MUF y tiempo de CEC). El valor de p (0,479) es el valor de probabilidad asociado con el estadístico F y se utiliza para determinar la significancia estadística de los resultados.

El valor de h2 (0,003) representa la proporción de la varianza total que es explicada por la interacción entre los factores. En este caso, el valor de p es mayor que el nivel de significancia normalmente utilizado (generalmente 0,05), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en el volumen de ultrafiltrado convencional entre los diferentes grupos definidos por el tiempo de CEC y el uso de la técnica de SMUFAV. Ver tabla 20.

Tabla 20. Comparación del VUC en cc/kg según tiempo de CEC en SMUFAV y no SMUFAV

Variables	SMUFAV		No SMUFAV		F	p	h2
	> 100 min	≤ 100 min	> 100 min	≤ 100 min			
n	42	39	40	45	-	-	
VUC (cc/kg)	$25,4 \pm 3,1$	$19,3 \pm 1,3$	$30,8 \pm 3,4$	$17,6 \pm 1,8$	0,502	0,479	0,003

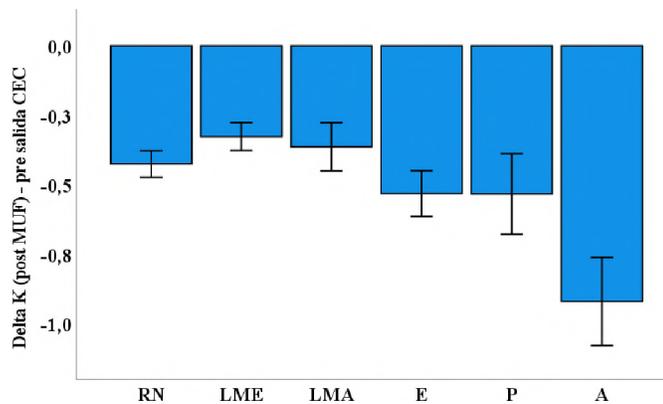
VIII.7. Comportamiento del potasio en las variables de estudio durante MUF y no MUF.

VIII.7.1. Análisis de los resultados del potasio en meq/L por grupo etario

Se determina el delta del potasio post CEC menos el potasio previo a salir de bomba en meq/L (Delta K post MUF/CEC – pre salida CEC) para determinar la

variación de este electrolito en esos dos tiempos quirúrgicos, incluyendo la técnica de ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada por grupo etario. En relación al delta K post CEC, pre salida CEC, se encontraron diferencias significativas entre los grupos de edad. Los adolescentes mostraron la mayor diferencia en los niveles de potasio, mientras que los lactantes menores y lactantes mayores presentaron las diferencias de menor valor. Ver gráfico 9.

Gráfico 9. Variable delta K<sup>+</sup> (Salida) – K<sup>+</sup> (Entrada) en meq/L por grupo etario



Variabes	RN	Lac Menor	Lac Mayor	Escolar	Preadolescente	Adolescente	F	p	h2
n	4	38	30	44	30	20	-	-	-
Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/L)	-0,43 ± 0,05	-0,33 ± 0,05	-0,36 ± 0,09	-0,53 ± 0,08	-0,53 ± 0,15	-0,92 ± 0,16	3,347	0,007	0,095

En delta K<sup>+</sup> post MUF/CEC - pre salida CEC, la mayor diferencia se observó en adolescentes (-0,92 ± 0,16) mientras que, las diferencias de menor valor fueron en lactante menor (-0,33 ± 0,05) y el lactante mayor (-0,36 ± 0,09), en el caso de escolares y preadolescentes, la media de diferencia fue similares, siendo -0,53 ± 0,15 y -0,53 ± 0,15, respectivamente, y en los RN, -0,43 ± 0,05, hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos por edad [F = 3,347; p= 0,007; h2 = 0,095].

Respecto al comportamiento del potasio según la técnica empleada. Los resultados muestran los cambios en los niveles de potasio (K) entre dos grupos de

pacientes sometidos a cirugía cardiovascular pediátrica, uno con el uso de la técnica de ultrafiltración modificada y otro sin esta técnica.

En ambos grupos SMUFAV y no SMUFAV, se observaron disminuciones en los niveles de potasio desde después de la circulación extracorpórea (CEC) hasta antes de la salida del quirófano. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas en los cambios de potasio entre los grupos etarios en ambos MUF y no MUF ( $F = 0,759$ ,  $p = 0,385$ ). En el grupo MUF, el cambio promedio en los niveles de potasio es más pronunciado en los adolescentes ( $-1,09 \pm 0,25$  meq/L) y menos pronunciado en los lactantes mayores ( $-0,29 \pm 0,11$  meq/L). Por otro lado, en el grupo no MUF, el cambio promedio en los niveles de potasio es más notable en los adolescentes ( $-0,81 \pm 0,21$  meq/L) y menos en los lactantes menores ( $-0,24 \pm 0,07$  meq/L). El valor del coeficiente de determinación ( $h^2 = 0,005$ ) es muy bajo, lo que indica que solo un pequeño porcentaje en los cambios de potasio puede ser explicado por los grupos etarios. En general, los resultados sugieren que la edad de los pacientes no influye significativamente en las variaciones de potasio entre la pre salida y la salida de la circulación extracorpórea en ambos grupos MUF y no MUF. Ver tabla 21.

Tabla 21. Comparación de la variable  $K^+$  post CEC – pre salida de CEC según grupo etario y empleo de SMUFAV

Grupos	Variables	RN	Lac Men	Lac May	Esc	Pre Adol	Adol	F	p	h2
SMUFAV	n	2	19	15	22	15	8	-	-	-
	Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/L)	$-0,45 \pm 0,05$	$-0,41 \pm 0,07$	$-0,29 \pm 0,11$	$-0,60 \pm 0,11$	$-0,61 \pm 0,18$	$-1,09 \pm 0,25$	0,759	0,385	0,005
No SMUFAV	n	2	19	15	22	15	12	-	-	-
	Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/L)	$-0,40 \pm 0,10$	$-0,24 \pm 0,07$	$-0,43 \pm 0,13$	$-0,46 \pm 0,12$	$-0,46 \pm 0,23$	$-0,81 \pm 0,21$	0,759	0,385	0,005

### VIII.7.2. Análisis de los resultados del potasio en meq/L por tiempo de CEC y según empleo de la técnica SMUFAV

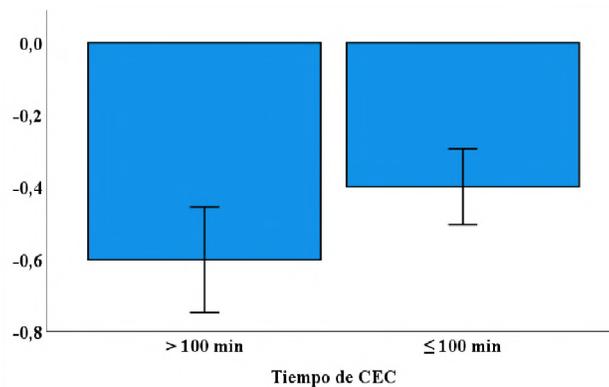
Los datos muestran que hay una diferencia estadísticamente significativa en los cambios de los niveles de potasio ( $K^+$ ) entre todos los pacientes del estudio que fueron sometidos a cirugía cardiovascular con una duración de circulación

extracorpórea (CEC) mayor a 100 minutos y aquellos con una duración de CEC igual o menor a 100 minutos.

En el grupo de pacientes con una duración de CEC mayor a 100 minutos, se observa un cambio promedio en los niveles de potasio de  $-0,60 \pm 0,07$  meq/L desde después de la CEC hasta antes de la salida del quirófano. Por otro lado, en el grupo de pacientes con una duración de CEC igual o menor a 100 minutos, el cambio promedio en los niveles de potasio es de  $-0,11 \pm 0,32$  meq/L.

El valor del estadístico F es de 5,103 y el valor de p es de 0,025. Estos indican que existe una diferencia significativa entre los dos grupos en términos de los cambios de valores de potasio. Además, el coeficiente de determinación h2 es de 0,030, lo que sugiere que aproximadamente el 3% de la conservación en los cambios de potasio puede ser explicada por la duración de la CEC. Ver gráfico 10.

Gráfico 10. Comparación de la variable delta K post CEC – presalida de CEC según tiempo de CEC



Variables	> 100 min	≤ 100 min	F	p	h2
n	82	84	-	-	-
Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/L)	$-0,60 \pm 0,07$	$-0,40 \pm 0,05$	<b>5,103</b>	<b>0,025</b>	<b>0,030</b>

A continuación, presentamos los datos que muestran los resultados obtenidos al analizar la diferencia entre los niveles de potasio (K+) después de la circulación extracorpórea (CEC) y antes de la salida a la unidad de cuidados intensivos

(presalida CEC) en pacientes que fueron sometidos a diferentes condiciones: tiempo de CEC y uso de la técnica de ultrafiltración modificada (MUF). Los resultados para cada grupo son: MUF mayor a 100 minutos: Delta K =  $-0,66 \pm 0,09$  meq/L; MUF menor o igual a 100 minutos: Delta K =  $-0,42 \pm 0,08$  meq/L; No SMUFAV mayor a 100 minutos: Delta K =  $-0,54 \pm 0,12$  meq/L; No MUF menor o igual a 100 minutos: Delta K =  $-0,38 \pm 0,07$  meq/L. El valor de p es mayor que el nivel de significancia normalmente utilizado (generalmente 0,05), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en la diferencia de niveles de potasio (Delta K) entre los diferentes grupos definidos por el tiempo de CEC y el uso de la técnica de SMUFAV

No se encontraron diferencias significativas en los cambios de niveles de potasio entre aquellos pacientes que tuvieron una duración de CEC mayor a 100 minutos y aquellos con duración menor o igual a 100 minutos, independientemente de si se produjo o no la técnica de ultrafiltración modificada. Tampoco hubo diferencias significativas entre los grupos que utilizaron SMUFAV y los que no la utilizaron, independientemente de la duración de CEC. Ver tabla 22.

Tabla 22. Comparación de la variable delta K<sup>+</sup> pos CEC – pre salida CEC según tiempo de cirugía y empleo de técnica SMUFAV

Variables	MUF		No MUF		F	p	h2
	> 100 min	≤ 100 min	> 100 min	≤ 100 min			
n	42	39	40	45	-	-	
Delta K post CEC - pre salida CEC (meq/L)	$-0,66 \pm 0,09$	$-0,42 \pm 0,08$	$-0,54 \pm 0,12$	$-0,38 \pm 0,07$	0,790	0,375	0,005

VIII.8. Comportamiento del bicarbonato en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.

VIII.8.1 Análisis de la variable delta bicarbonato según grupo etario.

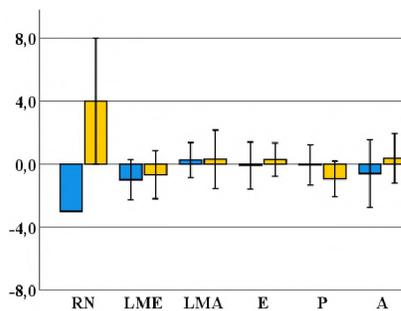
Se evalúa el delta del bicarbonato post CEC menos el previo a salir de CEC en meq/L (Delta HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> post CEC – pre salida CEC) para determinar la variación del equilibrio acido base durante la fase final de la cirugía.

Los resultados muestran que hay una diferencia significativa en los cambios de los niveles de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) entre los grupos de pacientes divididos por grupos etarios, después de aplicar la técnica de SMUFAV y antes de salir del quirófano durante la cirugía con CEC. En el grupo de recién nacidos, se demostró la mayor diferencia en los niveles de bicarbonato con un promedio de  $-3,00 \pm 0,00$  mmol/L entre después de la SMUFAV y antes de la salida de CEC. Por otro lado, en el grupo de preadolescentes, se demostró la menor diferencia con un promedio de  $-0,06 \pm 0,64$  mmol/L. Los escolares presentaron una diferencia promedio de  $-0,09 \pm 0,75$  mmol/L, mientras que, en el grupo de lactantes menores, la diferencia promedio fue de  $-0,99 \pm 0,63$  mmol/L. El análisis estadístico reveló que existe un efecto estadísticamente significativo de la edad y el grupo sobre las diferencias en los niveles de  $\text{HCO}_3^-$  después de aplicar la SMUFAV y antes de la salida de CEC. El valor del estadístico F es de 4,438 y el valor de p es de 0,037. Además, el coeficiente de determinación  $h^2$  es de 0,028, lo que sugiere que aproximadamente el 2,8% en los cambios de bicarbonato puede ser explicado por la edad y el grupo.

Estos resultados indican que la técnica de ultrafiltración modificada tiene un efecto diferencial en los niveles de bicarbonato según la edad de los pacientes. Los recién nacidos presentan la mayor disminución en los niveles de bicarbonato, mientras que los preadolescentes muestran la menor disminución.

Las diferencias en los cambios de bicarbonato entre los grupos etarios pueden deberse a las diferencias fisiológicas y metabólicas propias de cada grupo de edad. Ver gráfico 11.

Gráfico 11. Comparación de la variable delta  $\text{HCO}_3^-$  según grupo MUF y no MUF



Notas: Azul MUF; Amarillo No MUF

Grupos	Variables	RN	Lac Mes	Lac May	Esc	Pre Adol	Adol	F	p	h2
MUF	n	2	19	15	22	15	8	.	.	.
	Delta HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> post CEC - pre salida CEC (meq/L)	-3.00 ± 0.00	-0.99 ± 0.63	0.25 ± 0.56	-0.09 ± 0.75	-0.06 ± 0.64	-0.60 ± 1.08	4.438	0.037	0.028
No MUF	n	2	19	15	22	15	12	.	.	.
	Delta HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> post CEC - pre salida CEC (meq/L)	4.00 ± 2.00	-0.67 ± 0.76	0.31 ± 0.93	0.29 ± 0.53	-0.94 ± 0.57	0.37 ± 0.78	4.438	0.037	0.028

### VIII.8.2. Análisis del delta bicarbonato según tiempo de CEC en el empleo de SMUFAV y no SMUFAV

Los datos muestran los resultados del análisis de la diferencia en los niveles de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> entre el momento posterior a la CEC y antes de la salida de bomba (presalida CEC) en función de dos factores: el tiempo de CEC y el uso de la técnica de MUF.

Se realizó un análisis de varianza para evaluar si existen diferencias significativas en la variable Delta HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> entre los diferentes grupos definidos por los factores mencionados. Los resultados muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas en la variable Delta HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> entre los grupos.

El valor de F obtenido del ANOVA (F = 0.455). Un valor de F cercano a 1 sugiere que la conveniencia dentro de los grupos es similar a la coincidencia entre los grupos, lo que es consistente con nuestros resultados donde no se observaron diferencias significativas.

El valor de p asociado al estadístico F (p = 0.501) representa la probabilidad de obtener una diferencia tan grande o más grande que la observada, asumiendo que no hay diferencias reales entre los grupos. Dado que el valor de p es mayor que el nivel de significancia establecido (por ejemplo,  $\alpha = 0.05$ ), no podemos rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas en los niveles de bicarbonato entre los grupos. Además, el valor de h2 (h2 = 0,003) indica la proporción de la varianza total en la variable Delta HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> que se explica por la interacción entre los factores. Un valor de h2 cercano a cero sugiere que la interacción entre los factores no tiene un efecto importante en la variable analizada. Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable Delta HCO<sub>3</sub> entre los grupos definidos por el tiempo de CEC y el uso de la técnica de ultrafiltración modificada. Esto sugiere que, en el contexto del estudio y la población analizada, estos factores no tienen un impacto significativo en los

cambios de los niveles de bicarbonato antes de salir de CEC y después de la circulación extracorpórea. Ver tabla 23.

Tabla 23. Comparación de la variable  $\text{HCO}_3^-$  según tiempo de CEC y empleo de la técnica SMUFAV.

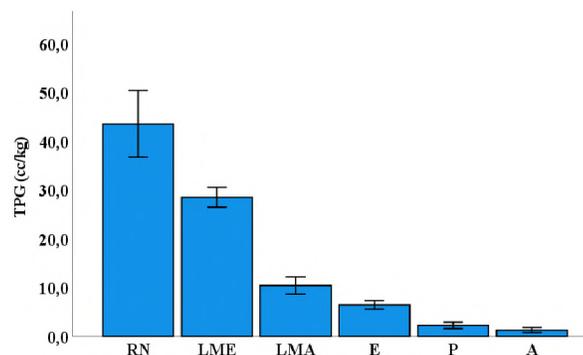
Variables	MUF		No MUF		F	p	h2
	> 100 min	≤ 100 min	> 100 min	≤ 100 min			
n	42	39	40	45	-	-	
Delta $\text{HCO}_3^-$ post CEC - pre salida CEC (meq/L)	-0,36 ± 0,47	-0,35 ± 0,42	-0,21 ± 0,43	0,10 ± 0,47	0,455	0,501	0,003

VIII.9. Análisis del requerimiento de transfusiones de paquetes globulares según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.

#### VIII.9.1. Análisis de la variable TPG según grupo etario

. En TPG, el valor más pequeño correspondió a adolescentes ( $1,2 \pm 0,5$ ) seguido por preadolescentes ( $2,2 \pm 0,7$ ), la media más alta estuvo en el grupo de recién nacidos ( $43,6 \pm 6,8$ ) y luego en lactantes menores ( $28,5 \pm 2,0$ ) y en lactantes mayores ( $10,4 \pm 1,8$ ) hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos por edad [F = 61,123; p < 0,001; h2 = 0,656]. En cuanto a la variable TPG, Estas diferencias fueron estadísticamente significativas la transfusión de paquetes globulares en cc/kg (TPG), para determinar los requerimientos de sangre de banco por grupo etario. Ver gráfico 12.

Gráfico 12. Trasfusión de paquetes globulares en cc/kg por grupo etario.



Variables	RN	Lac Menor	Lac Mayor	Escolar	Preadolescente	Adolescente	F	p	h2
n	4	38	30	44	30	20	-	-	-
TPG (cc/kg)	43,6 ± 6,8	28,5 ± 2,0	10,4 ± 1,8	6,4 ± 1,0	2,2 ± 0,7	1,2 ± 0,5	61,123	< 0,001	0,656

Para analizar si hay diferencias significativas en la cantidad de transfusión de paquetes globulares entre los grupos etarios dentro de cada grupo (SMUFAV y no SMUFAV), se realizó un análisis de varianza (ANOVA).

Los resultados muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de transfusión de paquetes globulares entre los grupos etarios dentro del Grupo SMUFAV y el Grupo no SMUFAV. Esto se evidencia por el valor de F obtenido en ambos grupos, que es de 1,132, y los valores asociados de p, que son mayores que el nivel de significancia establecido previamente (por ejemplo,  $\alpha = 0,05$ ).

El valor de h2 (0,007) cercano a cero sugiere que los grupos etarios no tienen un efecto importante en la cantidad de transfusión de paquetes globulares.

En resumen, según los datos y el análisis realizado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de transfusión de paquetes globulares por kg de peso corporal entre los diferentes grupos etarios dentro del Grupo SMUFAV y el Grupo no SMUFAV. Esto sugiere que, en el contexto del estudio y la población analizada, la edad de los pacientes no parece influir significativamente en la cantidad de transfusiones de paquetes globulares que se administran. Ver tabla 24.

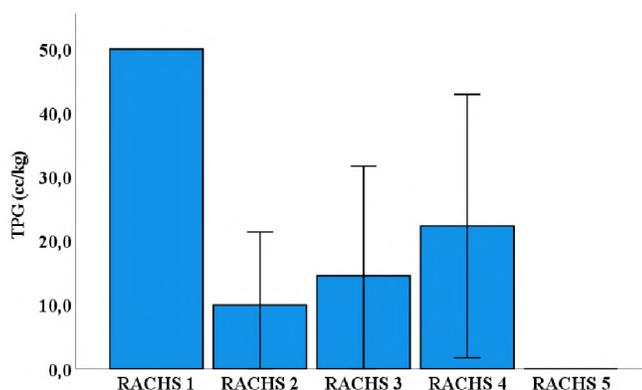
Tabla 24. Comparación de la variable TPG según grupos etarios y empleo de la técnica SMUFAV.

Grupos	Variables	RN	Lac Men	Lac May	Esc	Pre Adol	Adol	F	p	h2
MUF	n	2	19	15	22	15	8	-	-	-
	TPG (cc/kg)	50,4 ± 3,5	27,0 ± 2,2	10,7 ± 5,6	6,9 ± 1,5	2,4 ± 0,9	0,5 ± 0,3	1,132	0,289	0,007
No MUF	n	2	19	15	22	15	12	-	-	-
	TPG (cc/kg)	36,8 ± 13,3	30,0 ± 3,4	10,1 ± 2,4	5,9 ± 1,0	2,0 ± 1,0	1,7 ± 0,8	1,132	0,289	0,007

### VIII.9.2. Análisis de la variable TPG según escala RACHS

En cuanto a la variable TPG, se obtuvo que los pacientes clasificados en RACHS 4 ( $22,3 \pm 8,4$ ) tuvieron el valor más alto, seguidos por aquellos en RACHS 3 ( $14,6 \pm 2,7$ ). Por otro lado, los pacientes en RACHS 2 ( $10,0 \pm 1,2$ ) presentaron el valor medio más bajo. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas al comparar estas medias entre diferentes grupos de la escala RACHS [ $F = 4,124$ ;  $p = 0,003$ ;  $h2 = 0,093$ ]. Ver gráfico 13.

Gráfico 13. Comparación de la variable transfusión de paquetes globulares según escala RACHS



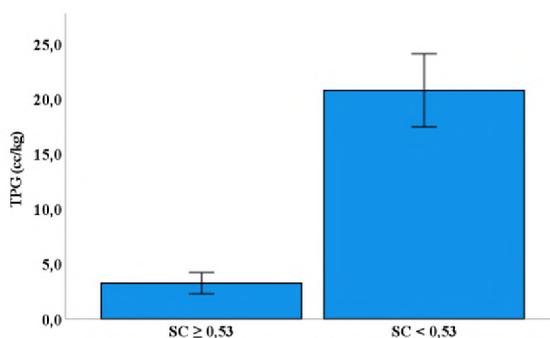
Variables	RACHS 1	RACHS 2	RACHS 3	RACHS 4	RACHS 5	F	p	h2
n	1	118	40	6	1	-	-	-
TPG (cc/kg)	50,0	10,0 ± 1,1	14,6 ± 2,7	22,3 ± 8,4	0,0	4,124	0,003	0,093

### VIII.9.3. Análisis de la variable TPG según superficie corporal

En cuanto a la variable de TPG según superficie corporal, nuevamente se observaron diferencias significativas. Los pacientes con  $SC \geq 0,53 \text{ m}^2$  tuvieron una media de  $3,2 \pm 0,5 \text{ cc/kg}$  de transfusiones de paquetes globulares, mientras que aquellos con  $SC < 0,53 \text{ m}^2$  mostraron una media con mayor, con  $20,8 \pm 1,7 \text{ cc/kg}$  de TPG. Estos resultados indican que los pacientes con  $SC < 0,53 \text{ m}^2$  requerían un mayor número de transfusiones en  $SC \geq 0,53 \text{ m}^2$  ( $3,2 \pm 0,5$ ) y en  $SC < 0,53 \text{ m}^2$

( $20,8 \pm 1,7$ ) y diferencia estadística significativa ( $F = 109,101$ ;  $p < 0,001$ ;  $h2 = 0,399$ ). Ver gráfico 14.

Gráfico 14. Comparación de la variable TPG según superficie corporal.



Variables	SC $\geq 0,53$	SC $< 0,53$	F	p	h2
n	86	80	-	-	-
TPG (cc/kg)	$3,2 \pm 0,5$	$20,8 \pm 1,7$	<b>109,101</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,399</b>

#### VIII.9.4. Análisis de la variable TPG según tiempo de CEC en el empleo de SMUFAV y no SMUFAV

Se realiza un análisis de los datos presentados sobre la variable de transfusión de paquetes globulares (cc/kg) en función del tiempo de CEC y la clasificación en grupos MUF y no MUF. MUF con CEC mayor a 100 minutos: La media de transfusión de paquetes globulares por kg de peso corporal es de 13,0 cc, con una adición de  $\pm 2,4$  cc/kg. MUF con CEC menor o igual a 100 minutos: La media de transfusión de paquetes globulares por kg de peso corporal es de 10,7 cc, con una DE de  $\pm 1,8$  cc/kg. No MUF con CEC mayor a 100 minutos: La media de transfusión de paquetes globulares por kg de peso corporal es de 10,7 cc, con una DE de  $\pm 2,5$  cc/kg. No MUF con CEC menor o igual a 100 minutos: La media de transfusión de paquetes globulares por kg de peso corporal es de 12,1 cc, con una DE de  $\pm 2,0$  cc/kg. Para analizar si existen diferencias significativas entre los grupos en función del tiempo de CEC, se obtuvo un análisis de varianza (ANOVA). Los

resultados muestran que el valor de F obtenido es de 0,044 y el valor de p asociado es de 0,834, lo cual indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. El valor de h2 es de 0,000, lo que indica que la diferencia entre los grupos en función del tiempo de CEC no explica una proporción importante de la diferencia total en la cantidad de transfusiones de paquetes globulares por kg de peso corporal. Según el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de transfusiones de paquetes globulares por kg de peso según tiempo de CEC y el empleo de la técnica MUF. Ver tabla 25.

Tabla 25. Comparación de la variable TPG según tiempo de CEC y empleo de la técnica MUF

Variables	MUF		No MUF		F	p	h2
	> 100 min	≤ 100 min	> 100 min	≤ 100 min			
n	42	39	40	45	-	-	
TPG (cc/kg)	13,0 ± 2,4	10,7 ± 1,8	10,7 ± 2,5	12,1 ± 2,0	0,044	0,834	0,000

VIII.10. Impacto de la glucemia según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.

VIII.10.1. Análisis de la variable glucemia según grupo etario.

Los resultados muestran que hay diferencias en la variable "delta glucemia" entre los distintos grupos etarios (recién nacidos, lactantes menores, lactantes mayores, escolares, preadolescentes y adolescentes). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas, ya que el valor de p es de 0,057, lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia real entre los grupos. El valor de h2 = 0,064 sugiere que el efecto del grupo etario sobre la variable es bajo, lo que significa que las diferencias observadas en las medias de "delta glucemia" entre los grupos son pequeños. En resumen, aunque hay ciertas diferencias en los valores de "delta glucemia" entre los grupos etarios, estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para ser consideradas estadísticamente significativas. Ver tabla 26.

Tabla 26. Comparación de la variable glucemia salida-entrada según grupo etario.

Variables	RN	Lac Menor	Lac Mayor	Escolar	Preadolescente	Adolescente	F	p	h2
n	4	38	30	44	30	20	-	-	-
Glucemia salida-entrada (mg/dl)	74 ± 13	47 ± 5	36 ± 9	29 ± 5	47 ± 6	43 ± 8	2.199	0,057	0,064

Se evalúa la glucemia de salida de quirófano menos la primera glucemia medida en el primer control gasométrico en mg/dl (Glucemia salida – entrada) de todos los pacientes del estudio tanto MUF y no MUF. En el análisis de estos datos no hubo diferencia estadísticamente significativa, lo que nos indica que tanto en MUF y no MUF, no hubo diferencias respecto a la diferencia de la glucemia por grupo etario con una  $p = 0,856$  y un impacto nulo sobre esta variable con un  $h2 = 0,000$ . Ver tabla 27.

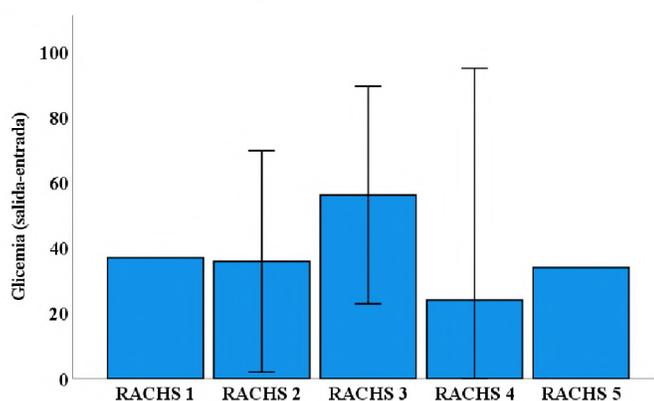
Tabla 27. Comparación de la variable glucemia de entrada – salida según grupo etario y técnica empleo de técnica MUF

Grupos	Variables	RN	Lac Men	Lac May	Ese	Pre Adol	Adol	F	p	h2
MUF	n	2	19	15	22	15	8	-	-	-
	Glucemia salida-entrada (mg/dl)	82 ± 12	45 ± 8	43 ± 12	29 ± 7	43 ± 6	37 ± 8	0,033	0,856	0,000
No MUF	n	2	19	15	22	15	12	-	-	-
	Glucemia salida-entrada (mg/dl)	66 ± 29	49 ± 8	29 ± 12	28 ± 6	50 ± 10	48 ± 12	0,033	0,856	0,000

#### VIII.10.2. Análisis de la variable glucemia según escala RACHS.

En glucemia, estuvo aumentada en pacientes con RACHS 3 ( $56 \pm 5$ ) mientras que en pacientes con RACHS 2 ( $36 \pm 3$ ), en pacientes con RACHS 4 ( $24 \pm 15$ ), así, hubo diferencia estadística significativa al comparar estas medias entre diferentes grupos de la escala RACHS [ $F = 2,785$ ;  $p = 0,028$ ;  $h2 = 0,125$ ]. Ver gráfico 15.

Gráfico 15. Comparación de la variable glucemia entrada menos salida según escala RACHS

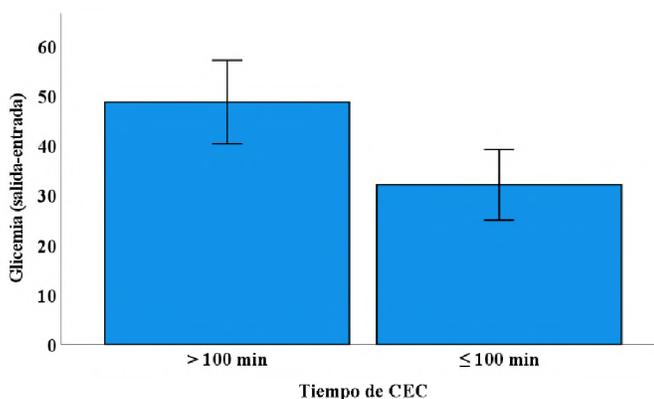


Variables	RACHS 1	RACHS 2	RACHS 3	RACHS 4	RACHS 5	F	p	h2
n	1	118	40	6	1	-	-	-
Glucemia salida-entrada (mg/dl)	37	36 ± 3	56 ± 5	24 ± 15	34	2,785	0,028	0,065

### VIII.10.3. Análisis de la variable glucemia según tiempo de CEC.

En glucemia, en pacientes con CEC > 100 minutos ( $49 \pm 4$ ) y en CEC  $\leq 100$  minutos ( $32 \pm 4$ ) y con diferencia estadística significativa (F = 9,186; p = 0,003; h2 = 0,053). Ver gráfico 16.

Gráfico 16. Comparación de la variable glucemia salida – entrada según tiempo de CEC



Variables	> 100 min	≤ 100 min	F	p	h2
n	82	84	-	-	-
Glucemia salida-entrada (mg/dl)	49 ± 4	32 ± 4	9,186	0,003	0,053

Al analizar los datos de esta variable por grupo etario y según el empleo de la técnica MUF, podemos observar que no hubo diferencia estadísticamente significativa  $p = 0,830$  y un impacto nulo  $h2 = 0,000$  lo que nos indica que los resultados de la glucemia no varían según la técnica empleada. Ver tabla 28.

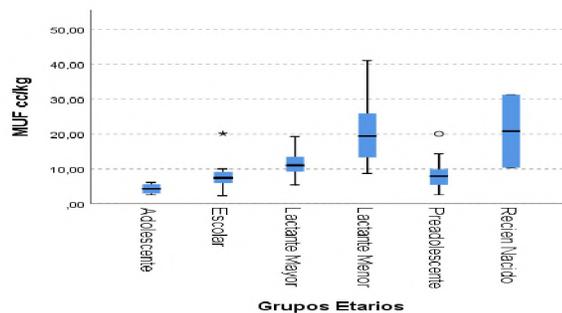
Tabla 28. Comparación de la variable glucemia salida – entrada en mg/dl según tiempo de CEC y empleo de técnica MUF

Variables	MUF		No MUF		F	p	h2
	> 100 min	≤ 100 min	> 100 min	≤ 100 min			
n	42	39	40	45	-	-	
Glicemia salida-entrada (mg/dl)	50 ± 6	29 ± 4	47 ± 6	35 ± 5	0,046	0,830	0,000

### VIII.11. Aspectos generales de la Ultrafiltración Modificada Arteriovenosa Simplificada

A continuación, se presentan los datos de los siguientes pacientes sometidos a la SMUFAV, ordenados por grupo etario, cabe destacar que en las variables medidas a continuación pacientes que más se ultrafiltraron por cc/kg fueron los recién nacidos 20,8 cc/kg y los que menos se ultrafiltraron en cc/kg fueron los adolescentes con 4,3 cc/kg. Estos resultados dieron estadísticamente significativo con  $p < 0,05$ . Ver gráfico 17.

Gráfico 17. Distribución de cantidad de ultrafiltrado modificado en cc/kg por grupo etario



Respecto al lactato del efluente, que nos indica la variación de cuanto es lo que se ultrafiltró del lactato medido directamente en el líquido ultrafiltrado menos el último lactato medido antes de salir de quirófano al mismo tiempo. Apreciamos que el delta del lactato fue similar en Lactantes menores, escolares, preescolares y adolescentes con 0,5mmol/L, en recién nacidos se obtuvo el valor más bajo de variación con 0,1 mmol/L. Los resultados de esta variable por grupo etario no tuvieron significancia estadística. Respecto al tiempo de MUF. Los lactantes mayores tuvieron el mayor tiempo de MUF con 12,3 min, y los que menos recibieron tiempo de MUF fueron los preadolescentes con 9,9 min promedio, la medición de esta variable tiene significancia estadística. Respecto a las variables hemodinámicas medidas en el estudio, los que tuvieron PAM y PVC promedio más baja fueron los recién nacidos con 53,5 mmHg y 8 mmHg respectivamente y los adolescentes tuvieron PAM y PVC promedio más altas con 62,23 mmHg y 10,8 mmHg respectivamente, los resultados de estas variables no tienen significancia estadística por grupo etario. Ver tabla 29.

Tabla 29. Comparación de los grupos etarios con las variables durante la SMUFAV

	Recien Nacidos	Lactantes Menores	Lactantes Mayores	Escolares	Preadolescentes	Adolescentes
n	2	19	15	22	15	8
MUF (cc/kg)	20,8	20,6	11,3	7,8	8,3	4,3
Lactato Efluente (mmol/L)	0,1	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Tiempo de MUF (min)	10	10,6	12,3	10,6	9,9	11
PVC promedio (mmHg)	8	8,6	8,1	9,1	9,9	10,8
PAM promedio (mmHg)	53,5	57,4	59,5	59,8	62,2	62,3

	Variables	Sig.
1	Tiempo de MUF por grupo etario	,002
2	PVC por grupo etario	,106
3	PAM por grupo etario.	,404
4	Volumen de MUF cc/kg por grupo etario	,000
5	Lactato del efluente por grupo etario.	,634

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

## IX. DISCUSIÓN

### IX.1. Efectos de las variables estudiadas según sexo y grupo etario.

Tanto mujeres como hombres mostraron valores similares en todos los parámetros evaluados. Estas demuestran que el sexo no parece influir de manera significativa en las respuestas fisiológicas y metabólicas estudiadas en el contexto de este estudio. Sin embargo, es importante destacar que se requiere de más investigación para confirmar estos resultados y considerar otros posibles factores que podrían estar relacionados con las diferencias observadas.

La falta de diferencias significativas entre mujeres y hombres en las respuestas fisiológicas y metabólicas evaluadas en este estudio puede diferir con algunos estudios previos en el campo de la medicina y la cirugía cardiovascular como por ejemplo, un estudio realizado por Tersalvi *et al.* 2023 observaron diferencias entre hombres y mujeres en términos de la incidencia, hallazgos patológicos mecanismos fisiopatológicos y vías de diagnóstico de la insuficiencia mitral no reumática.<sup>78</sup> En otro estudio de Brescia *et al.* 2019 sobre el efecto del hematocrito nadir y las tasas de lesión renal aguda no tuvieron relación con el sexo en cirugía de revascularización coronaria.<sup>79</sup>

En un estudio realizado por Varadarajan *et al.* 2023,<sup>80</sup> se analizó la respuesta biológica a la insuficiencia aórtica (AR) en pacientes sometidos a reemplazo valvular aórtico (AVR). Los resultados mostraron que el género femenino estaba asociado con respuestas biológicas distintas en comparación con los hombres. Aunque las mujeres presentaron una tasa de AVR más baja, lograron una supervivencia similar a la de los hombres después del AVR. Esto sugiere que el género puede influir en la progresión y el manejo de la AR, lo que podría tener implicaciones importantes para el tratamiento y el seguimiento clínico. En otro estudio realizado por Pawlik *et al.* (2023)<sup>81</sup>, se centró en evaluar el impacto del género en los resultados de pacientes sometidos a reemplazo quirúrgico de la válvula aórtica. Los hallazgos revelaron que, aunque las mujeres enfrentaron un mayor riesgo operatorio y presentaron más comorbilidades no cardíacas, no mostraron una mayor tasa de mortalidad hospitalaria y tardía en comparación con los hombres. En un reciente estudio de Bárcena *et al.* (2023)<sup>82</sup> se investigaron las

diferencias de sexo y edad en la homeostasis mitocondrial, la inflamación y la senescencia celular en pacientes con miocardiopatía dilatada inflamatoria (DCMI). Los resultados mostraron que las mujeres mayores con DCMI experimentaron trastornos inmunometabólicos más pronunciados a nivel celular que los hombres mayores con la misma condición. Esto podría sugerir que la respuesta biológica a la inflamación y la disfunción mitocondrial difieren según el género y la edad en el contexto de la DCMI, lo que podría tener implicaciones en la progresión de la enfermedad y las opciones de tratamiento. Cabe destacar que todos estos estudios recientes fueron realizados en pacientes mayores, y no se encontraron estudios que contrasten con la realidad pediátrica presente en nuestro estudio.

Respecto al hematocrito que es una medida importante del volumen de eritrocitos en la sangre, se debe tener en cuenta que el hematocrito medido no representa el volumen total de eritrocitos en la sangre, ya que alrededor de un 3-4% del plasma queda atrapado entre las células, lo que significa que el hematocrito verdadero es aproximadamente un 96% del valor medido. Dado que el hematocrito es una medida relacionada con la concentración de eritrocitos en la sangre, es importante tener en cuenta que existen diferencias normales en los valores de hematocrito entre hombres y mujeres. Los hombres generalmente tienen un hematocrito medido alrededor de 40 por ciento, mientras que en las mujeres es alrededor de 36 por ciento Hall *et al.* 2016.<sup>83</sup> Esto puede ser relevante en el contexto del estudio y la discusión anterior, ya que las diferencias en los valores de hematocrito entre hombres y mujeres pueden influir en algunas de las respuestas fisiológicas y metabólicas evaluadas. Por lo tanto, es importante tener en cuenta esta diferencia de base al analizar los resultados y al considerar cómo el sexo puede influir en las variables estudiadas.

El conocimiento sobre el hematocrito y sus diferencias normales entre hombres y mujeres puede proporcionar un contexto adicional para entender los resultados del estudio y su relación con la discusión sobre la falta de diferencias significativas en las respuestas fisiológicas y metabólicas entre ambos sexos considerando la edad de los individuos<sup>84</sup>. Sin embargo, se necesita más investigación para determinar si estas diferencias en el hematocrito pueden tener un impacto

significativo en las variables evaluadas en el estudio. La evidencia de estudios previos sugiere que el sexo no parece influir de manera significativa en las respuestas fisiológicas y metabólicas durante la circulación extracorpórea. Sin embargo, se necesitan más investigaciones que incluyan muestras más grandes y consideren otros factores para confirmar estos resultados y obtener una comprensión más completa de cómo diferentes factores pueden afectar las respuestas del organismo a la circulación extracorpórea.

En base a los resultados obtenidos la respuesta en el nivel del hematocrito antes de salir de CEC y después de la CEC varía según la edad del individuo. Esto podría deberse a que los pacientes más pequeños tienen más superficie de contacto con el circuito y podrían requerir paquetes globulares para evitar el descenso del hematocrito por la hemodilución.<sup>85</sup> Con respecto a las consecuencias clínicas negativas de la hemodilución en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca CEC destaca que los neonatos, lactantes y preescolares son especialmente vulnerables a estas consecuencias debido a su mayor susceptibilidad a la hemodilución en comparación con pacientes más grandes.<sup>86</sup> Las principales consecuencias clínicas de la hemodilución en pacientes pediátricos sometidos a CEC son la anemia por dilución que resulta en una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno a los tejidos, lo que puede llevar a una mayor necesidad de transfusiones sanguíneas para combatir la anemia. La dilución de factores de coagulación y plaquetas aumentando el riesgo de coagulopatía y hemorragia en el postoperatorio inmediato, lo que implica un mayor requerimiento de transfusiones de hemoderivados para controlarla. La dilución de proteínas plasmática que resulta en la disminución de la presión oncótica plasmática provocando la aparición de edema intersticial, especialmente en neonatos. Esto puede requerir el uso de diuréticos a altas dosis y aumentar el riesgo de desequilibrios hidroelectrolíticos. Se ha observado que la hemodilución se asocia con una mayor activación del complemento y una liberación más marcada de hormonas del estrés en respuesta a la CEC en pacientes pediátricos, lo que podría explicar en parte la respuesta inflamatoria sistémica más pronunciada en esta población en comparación con los

adultos. La dilución de inmunoglobulinas puede aumentar el riesgo de infecciones en pacientes pediátricos sometidos a CEC.<sup>87</sup>

IX.2. impacto del hematocrito en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea sometidos a SMUFAV y no SMUFAV.

El hematocrito en pacientes sometidos a técnicas de SMUFAV y no SMUFAV durante cirugías cardíacas nos proporciona información relevante sobre las variaciones en diferentes grupos etarios, según la escala RACHS, la superficie corporal y el tiempo de circulación extracorpórea (CEC). A continuación, se discuten los resultados en el contexto de la literatura científica existente.

En este estudio, se encontró que los recién nacidos presentaron el mayor aumento en el hematocrito después de la CEC, mientras que el grupo de adolescentes mostró el menor incremento. Estos resultados están en concordancia con la literatura que indica que los recién nacidos tienen una mayor capacidad de respuesta hematológica en comparación con los adolescentes debido a la inmadurez del sistema cardiovascular y la mayor tasa de producción de glóbulos rojos en esta etapa temprana de la vida<sup>88</sup>.

El estudio encontró diferencias significativas en los cambios del hematocrito de salida entre los grupos de SMUFAV y no SMUFAV. Específicamente, los lactantes mayores mostraron una mejor respuesta al aumento del hematocrito en comparación con otros grupos etarios lo cual indica que la ultrafiltración modificada tuvo un efecto más pronunciado en estos pacientes. Por el contrario, en los adolescentes apareció el menor cambio en esta variable, lo que sugiere una menor respuesta del hematocrito a la ultrafiltración en este grupo.

Existen posibles explicaciones para estas diferencias observadas en el comportamiento del hematocrito según el grupo etario. Uno de los factores puede ser la capacidad de compensación y regulación del hematocrito en respuesta a la ultrafiltración.<sup>89</sup> Los lactantes mayores, pueden tener una mayor capacidad para responder a la ultrafiltración dada la hemodilución producida durante la CEC, por

lo que se hizo necesario realizar SMUFAV para alcanzar un hematocrito adecuado. Por otro lado, los adolescentes pueden tener una respuesta menos pronunciada debido a su mayor madurez fisiológica y capacidad para mantener un equilibrio homeostático, además el priming no es tan grande en relación a los pacientes más pequeños, por lo que se pudieron favorecer más de la ultrafiltración convencional, para sacar el exceso de volumen intravascular. Además, otros factores como la carga de enfermedad, la respuesta inflamatoria y la distribución de fluidos pueden influir en el comportamiento del hematocrito en respuesta a la ultrafiltración modificada en cada grupo etario. Los resultados de este estudio demostraron que el impacto del hematocrito en el empleo de ultrafiltración modificado durante la CEC puede variar según el grupo etario. Estas resoluciones resaltan la importancia de considerar el grupo etario al planificar y realizar procedimientos de ultrafiltración modificados pacientes en sometidos a circulación extracorpórea. Aunque no se hallaron estudios sobre el impacto del hematocrito por grupo etario en pediatría este hallazgo puede tener importantes implicaciones clínicas, ya que sugiere que la técnica de ultrafiltración modificada puede ser especialmente beneficiosa en ciertos grupos de pacientes de la población pediátrica sometidos a cirugías cardiorácicas, aunque hay autores que defienden la idea de que la ultrafiltración modificada ya no es necesaria.<sup>90</sup>

Otros autores como Gaynor (2003) proporcionan una contribución relevante a la discusión anterior sobre el impacto de la técnica de MUF en pacientes sometidos a cirugías cardiorácicas. El uso de MUF puede revertir la hemodilución y reducir el edema tisular después, lo que a su vez conduce a una serie de beneficios en la recuperación posoperatoria, entre ellos el aumento del hematocrito.<sup>89</sup>

Además, el estudio de Gaynor resalta que el uso de MUF se asocia con una menor duración de la ventilación posoperatoria, una mejor función del ventrículo izquierdo, una disminución del sangrado posoperatorio y una reducción en la incidencia y duración de derrames pleurales. Estas conclusiones son coherentes con la idea de que la MUF puede mejorar la respuesta hematológica y reducir las complicaciones posoperatorias.

El estudio encontró que los pacientes con puntajes de RACHS 2 y RACHS 4 tuvieron los valores más altos en el delta hematocrito post-CEC, mientras que aquellos con puntajes de RACHS 1 y RACHS 5 presentaron los valores más bajos. Esto podría explicarse por la complejidad y gravedad de las cirugías cardiorácicas, donde los procedimientos más complejos pueden requerir una mayor dilución sanguínea y, por lo tanto, una disminución más significativa en los niveles de hematocrito después de la CEC<sup>73</sup>.

Los pacientes con una superficie corporal menor a 0,53 m<sup>2</sup> experimentaron un aumento mayor en el hematocrito después de la CEC en comparación con aquellos con una superficie corporal mayor o igual a 0,53 m<sup>2</sup>. Esto puede atribuirse al hecho de que los pacientes con menor superficie corporal tienen un volumen sanguíneo total más bajo, lo que puede llevar a cambios más marcados en los niveles de hematocrito después de la CEC. El análisis mostró que los pacientes con CEC más prolongados mostraron una menor disminución promedio del hematocrito de salida en comparación con aquellos con CEC más corta. Esto es consistente con estudios previos que han demostrado que una CEC prolongada puede provocar una mayor hemodilución y, por lo tanto, una disminución menos pronunciada en los niveles de hematocrito después de la CEC. Otro aspecto importante a considerar es la duración prolongada de la CEC que puede estar asociada a una menor dificultad de mantener en niveles adecuados el hematocrito, dada la duración de la CEC y la necesidad del perfusionista de mantener niveles adecuados de hemoglobina para asegurar DO<sub>2</sub> dentro de rangos en la población pediátrica, lo que indica una relación clara entre el tiempo de CEC y los cambios en el hematocrito. En nuestro estudio se deja en evidencia que la presencia de ultrafiltración modificado o la ausencia de esta técnica según el tiempo de CEC no influyeron de manera significativa en los cambios en el hematocrito de los pacientes.

IX.3. impacto del lactato en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea sometidos a SMUFAV y no SMUFAV.

Aunque la utilización de la técnica de ultrafiltración y el tiempo de CEC no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en los cambios en los niveles de lactato intraoperatorio durante el empleo de MUF en este estudio, es importante considerar que la presencia de lactato en el torrente sanguíneo puede tener varias consecuencias negativas para el paciente<sup>91</sup>. En primer lugar, el aumento de lactato puede indicar una mala oxigenación tisular, lo que puede resultar en daño celular y disfunción orgánica. Además, la acumulación del lactato en el torrente sanguíneo puede provocar acidosis láctica, lo que altera el equilibrio ácido-base del cuerpo y puede afectar el funcionamiento normal de varios sistemas fisiológicos. Los estudios han demostrado que la MUF puede tener efectos beneficiosos en la reducción de los niveles de lactato durante la CEC. Un estudio realizado por Papadopoulos *et al.* 2013 demostró que el empleo de la técnica puede reducir significativamente los niveles del lactato.<sup>92</sup> Al eliminar selectivamente los componentes sanguíneos que pueden contribuir al aumento de lactato, la MUF puede ayudar a mantener un equilibrio adecuado entre la oferta y la demanda de oxígeno en los tejidos, lo que resulta en una menor producción de lactato. Además, la SMUFAV también puede ayudar a eliminar otros metabolitos y sustancias inflamatorias que pueden contribuir a la acidosis metabólica y el daño tisular.

IX.4. impacto del volumen de ultrafiltrado en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea sometidos a SMUFAV y no SMUFAV.

Los resultados sugieren que el volumen de ultrafiltrado convencional varía según la edad y puede estar influenciado por factores como el peso corporal y la hemodilución presente en el circuito, que agregó la necesidad de hemoconcentrar más durante la CEC, ya sea por la adición de volumen al priming, por el volumen aspirado del campo quirúrgico y por la administración de la cardioplejía con el objetivo de acercar los valores del hematocrito que necesita el paciente. En cuanto al VUC, se encontró que los pacientes clasificados en RACHS 4 tuvieron el valor medio más elevado, mientras que los pacientes en RACHS 2 y RACHS 3

mostraron valores más bajos. Estos resultados indican que el volumen de ultrafiltrado convencional varía según la complejidad de la cirugía cardíaca congénita y puede estar influenciado por factores como la carga de volumen intraoperatoria y la función renal comprometida. Un metaanálisis de Eynde *et al.* 2022 se centró en la identificación de factores de riesgo clínico asociados con la lesión renal aguda (IRA) en la población pediátrica sometida a cirugía cardíaca. Se descartaron que la incidencia estimada de IRA fue del 34,3%, y se identificaron varios factores de riesgo significativos y consistentes con AKI (Acute Kidney Injury), como la presencia de hipertensión pulmonar, cardiopatía cianótica, corazón univentricular, puntuación RACHS  $\geq 3$ <sup>93</sup>. Factores que son importantes de considerar al momento de tratar a estos pacientes con riesgo quirúrgico elevado, así como la necesidad de ultrafiltrar más durante la CEC. La superficie corporal puede influir en la magnitud del volumen de ultrafiltración convencional durante la circulación extracorpórea. Es probable que la variación en la superficie corporal tenga un impacto en la capacidad de ultrafiltrado de los pacientes debido hay que hay más volumen presente en el circuito, ya sea por el tamaño de las tuberías y la hemodilución añadida de la administración de la cardioplejía. Es importante destacar que la cantidad de ultrafiltrado convencional eliminado durante la circulación extracorpórea tiene implicaciones clínicas significativas. Un mayor volumen de ultrafiltración convencional puede estar relacionado con una mayor pérdida de líquido y electrolitos, lo que puede afectar el equilibrio hemodinámico del paciente y requiere una mayor intervención para mantener una estabilidad hemodinámica adecuada. Por otro lado, un menor volumen de ultrafiltración convencional puede indicar una menor capacidad de filtración del hemoconcentrador ya sea por aumento del hematocrito, por menos hemodilución en el priming, lo que puede tener implicaciones en la eliminación de productos de desecho y la regulación de los niveles de líquidos y electrolitos en el cuerpo. los resultados de este estudio sugieren que la superficie corporal influye en la magnitud del volumen de ultrafiltración convencional durante la circulación extracorpórea. La superficie corporal puede estar relacionada con la eliminación de líquidos y electrolitos en los pacientes sometidos a este procedimiento. Estas

resoluciones resaltan la importancia de considerar la superficie corporal al planificar y administrar la circulación extracorpórea, con el objetivo de optimizar los resultados clínicos y mantener la estabilidad hemodinámica de los pacientes. Los pacientes con CEC > 100 minutos tuvieron un VUC más elevado en comparación con aquellos con CEC ≤ 100 minutos. Esto puede indicar una mayor acumulación de líquidos en los pacientes con CEC más prolongada, posiblemente debido a la respuesta inflamatoria y la disfunción del sistema de regulación de líquidos durante la CEC.

IX.5. comportamiento del potasio en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.

El comportamiento del potasio en el contexto de la cirugía cardiovascular pediátrica puede ser influenciado por diversos factores, como la edad de los pacientes y la utilización de la MUF. En el estudio analizado, se encontraron diferencias significativas en los niveles de potasio entre los grupos de edad en relación al delta de potasio post CEC y pre salida CEC. Los adolescentes mostraron la mayor diferencia en los niveles de potasio, mientras que los lactantes menores y lactantes mayores presentaron las diferencias de menor valor.

Estos resultados pueden ser explicados por las diferencias fisiológicas y metabólicas que existen entre los distintos grupos de edad. Por ejemplo, los adolescentes suelen tener una mayor demanda metabólica y un mayor tamaño corporal en comparación con los lactantes, lo que puede resultar en una mayor utilización de potasio en la cirugía cardíaca y, por lo tanto, en una mayor diferencia en los niveles de potasio post CEC y pre salida CEC.

Además, la utilización de la técnica de ultrafiltración modificada puede tener un impacto en los niveles de potasio. En el estudio, se observaron disminuciones en los niveles de potasio en ambos grupos (MUF y no MUF) desde después de la circulación extracorpórea (CEC) hasta antes de la salida del quirófano. Estos hallazgos coinciden con un estudio realizado por López *et al.* 2012 en donde se

evidenció que a los pacientes pediátricos que se les efectuó MUF redujeron sus niveles de potasio en sangre en alrededor de un 13 por ciento<sup>94</sup>

Aunque la edad de los pacientes no parece influir significativamente en las variaciones de potasio en este estudio, es importante destacar que existen otros factores que pueden afectar los niveles de potasio la cirugía cardíaca, como la duración de la circulación extracorpórea, la administración de cardioplejía del nido el tiempo de isquemia y reperfusión, y la administración de medicamentos y soluciones intravenosas. Estos factores pueden interactuar de manera compleja y contribuir a las variaciones observadas en los niveles de potasio.

Los pacientes con una duración más prolongada de la CEC presentaron una mayor disminución en los niveles de potasio en comparación con aquellos con una duración más corta de la CEC. Esto puede deberse en estos casos a la utilización de más cardioplejía del nido y la necesidad de ultrafiltrar más este volumen del priming.<sup>95</sup>

IX.6. comportamiento del bicarbonato en las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.

La edad como la presencia de ultrafiltración tuvieron un impacto en los cambios en los niveles de bicarbonato en los pacientes.

Estas diferencias pueden atribuirse a las variaciones fisiológicas y metabólicas propias de cada grupo de edad. La explicación de estos resultados puede estar relacionada con las diferencias fisiológicas y metabólicas entre los diferentes grupos de edad. Los recién nacidos son especialmente vulnerables a los cambios en el equilibrio ácido-base debido a su inmadurez fisiológica y a la presencia de enfermedades congénitas del corazón. Por lo tanto, es posible que los recién nacidos presenten una mayor emisión en los niveles de bicarbonato dado su menor volumen intravascular después de la ultrafiltración. Por otro lado, los preadolescentes, que se encuentran en una etapa de desarrollo más avanzada, pueden tener una mayor capacidad de compensación y regulación ácido-base, lo que explica la menor diferencia en los niveles de bicarbonato en este grupo. Los

resultados también pueden estar influenciados por las características específicas de cada grupo, como la respuesta metabólica y la distribución de fluidos, así como las diferencias en la carga de enfermedad entre los diferentes grupos de edad. Para evitar este desbalance electrolítico y ácido base, hay autores que proponen ultrafiltración taponada con bicarbonato<sup>96</sup> siendo un método eficaz, sencillo y seguro para realizar la ultrafiltración, tanto de la solución de cebado como durante todo el tiempo de derivación.

IX.7. requerimiento de transfusiones de paquetes globulares según las variables de estudio durante SMUFAV y no SMUFAV.

La superficie corporal se relaciona directamente con el tamaño del organismo y su masa total. Los pacientes con  $SC \geq 0,53 \text{ m}^2$  representan individuos de mayor tamaño y masa corporal en comparación con aquellos con  $SC < 0,53 \text{ m}^2$ . Esta diferencia en el tamaño y la masa puede influir en la distribución de fluidos y la respuesta hemodinámica en el contexto de la terapia de ultrafiltración y transfusión sanguínea. Los resultados sugieren que la transfusión de paquetes globulares varía según el nivel de complejidad de la cirugía cardíaca congénita y puede verse afectada por factores como el sangrado intraoperatorio y la alteración de los factores de la coagulación por la hipotermia.<sup>97,98</sup> Como pudimos observar en los resultados la transfusión de paquetes globulares en cc/kg varía según la edad y puede verse afectada por el tamaño del paciente, mientras más pequeño, estas necesidades son mayores, ya sea por el tamaño de las tuberías y los volúmenes que requiere el cebado de cada componente del circuito además otras características fisiológicas propias de cada grupo de edad. Respecto a si se benefician más con la técnica convencional o con la modificada en relación a la necesidad de transfusión de paquetes globulares, nuestros resultados difieren con algunos estudios, como en un metaanálisis reciente publicado por Hensley *et al.* 2023 sugiere que la MUF se asocia con menos transfusiones intraoperatorias de glóbulos rojos y CUF no parece estar asociado con una diferencia en la transfusión de glóbulos rojos intraoperatoria, al menos en pacientes pediátricos. En ambas

alternativas propuestas en este estudio tanto para SMUFAV y no SMUFAV los requerimientos de paquetes globulares no fueron muy distintos.

IX.8. Impacto de la glucemia en todas las variables estudiadas de todos los pacientes pediátricos por grupo etario sometidos a circulación extracorpórea en SMUFAV y no SMUFAV

La hiperglucemia de estrés incrementa la morbimortalidad en el paciente crítico y se ha reconocido a la variabilidad de la glucemia como un predictor independiente de mortalidad<sup>99</sup>. En relación a la glucemia, los pacientes clasificados en RACHS 3 aparecieron niveles más elevados, estos resultados podrían estar relacionados con la respuesta metabólica y el estrés fisiológico asociado con cirugías cardíacas de mayor complejidad según nos muestra un estudio Los pacientes con CEC > 100 minutos tuvieron niveles de glucemia más elevados en comparación con aquellos con CEC ≤ 100 minutos. Esto puede estar relacionado con el estrés metabólico y la respuesta inflamatoria asociada a una CEC prolongada, que puede afectar el control de la glucemia en estos pacientes. Es importante destacar que estos hallazgos son consistentes con la literatura científica existente. Varios estudios han demostrado que la complejidad de las cirugías cardíacas congénitas se asocia con respuestas metabólicas, hemodinámicas y de estrés diferenciadas. Tanto en SMUFAV como sin ella no hubo diferencias en la hiperglucemia de estrés y los valores manejados por ambos grupos fueron casi similares por grupo etario y fueron concordantes con hallazgos mencionados en el estudio de Tejerina M *et al.* 2003 en donde no hubo variaciones por grupos de edad<sup>100</sup>

IX.9. Aspectos generales de la técnica de SMUFAV

Es importante mencionar que los recién nacidos fueron los pacientes que más se ultrafiltraron por cc/kg, mientras que los adolescentes fueron los que menos se ultrafiltraron. Estas diferencias pueden deberse a las variaciones fisiológicas y metabólicas propias de cada grupo de edad, ya que los recién nacidos tienen una

menor capacidad de adaptación y regulación en comparación con los adolescentes, lo que podría afectar la cantidad de ultrafiltrado obtenido. Es importante mencionar que según el autor Gravlee *et al.* 2015 ultrafiltrar a los pacientes con flujos que alcanzan más de los 20cc/kg puede comprometer el flujo cerebral, por ende, es necesario controlar lo ultrafiltrado evaluando las variables hemodinámicas y vigilando los NIRS, ya que la técnica al ser efectuada via arteriovenosa puede existir robo de flujo cerebral evidenciado por el descenso de este parámetro. También es importante mencionar que el control del flujo durante la MUF es vital, ya que la cánula arterial puede pegarse a la pared de la aorta y producir el fenómeno de cavitación<sup>2,101</sup>

Además, se demostró una variación similar en el lactato del efluente en lactantes menores, escolares, preadolescentes y adolescentes, con un delta de 0,5 mmol/L, mientras que en los recién nacidos, esta variación fue menor, con un delta de 0,1mmol/L. Estos resultados indican que los niveles de lactato en el ultrafiltrado se mantuvieron relativamente estables en la mayoría de los grupos etarios, pero fue más bajo en los recién nacidos. La estabilidad en los niveles de lactato puede ser un indicador de una adecuada función metabólica durante la MUF en la mayoría de los grupos, y la menor variación en los recién nacidos podría ser una señal de una respuesta metabólica diferente o una menor producción de lactato en esta población. En relación al tiempo de SMUFAV, los lactantes mayores tuvieron el mayor tiempo de SMUFAV con un promedio de 12,3 minutos, mientras que los preadolescentes recibieron el menor tiempo de SMUFAV con un promedio de 9,9 minutos. Estas diferencias en el tiempo de SMUFAV pueden deberse a las necesidades individuales de cada paciente, así como a las características específicas de la cirugía y la enfermedad cardíaca. Es importante mencionar que el autor Gravlee advierte que ultrafiltrados mayores a 20cc/kg podrían dañar el flujo cerebral, lo que indica la necesidad de tener precaución al aplicar la técnica de MUF y monitorear cuidadosamente el ultrafiltrado en relación con el peso corporal del paciente para evitar complicaciones.

En cuanto a las variables hemodinámicas medidas en el estudio, se observaron diferencias en la presión arterial media (PAM) y la presión venosa central (PVC)

entre los diferentes grupos etarios. Los recién nacidos presentaron la PAM y la PVC promedio más baja, mientras que los adolescentes mostraron la PAM y la PVC promedio más alta. Estas diferencias pueden estar relacionadas con las diferencias en el tamaño corporal y la madurez cardiovascular entre los grupos etarios. Los recién nacidos, al ser más pequeños y tener un sistema cardiovascular inmaduro, pueden tener presiones más bajas en comparación con los adolescentes, que están más desarrollados y tienen un mayor volumen sanguíneo.

## **X. CONCLUSIONES**

La ultrafiltración modificada arteriovenosa simplificada propuesta en este trabajo, es una técnica útil y segura para emplear en los pacientes pediátricos más pequeños al finalizar la CEC. Con la modificación realizada al circuito se logra extraer la sangre desde la cánula arterial, calentándola a 37°C con el set de cardioplejía y pasándola por el hemofiltro en dirección norte-sur como sistema de seguridad para prevenir la presencia de burbujas en el recorrido. Con respecto a las variables que fueron estudiadas por grupo etario los lactantes mayores fueron los que más se beneficiaron de la técnica con mejores resultados en el hematocrito al momento de salir de quirófano versus el grupo que no recibió SMUFAV.

La evaluación del lactato en el intraoperatorio es un indicador valioso para comprender la oxigenación tisular y los efectos de la circulación extracorpórea en la cirugía cardíaca, si bien la SMUFAV no fue un factor determinante en los cambios del lactato es importante considerarlo en estudios que consideren la medición de este biomarcador en el postoperatorio. El comportamiento del bicarbonato durante el empleo de la técnica de SMUFAV puede estar influenciado por la edad de los pacientes y otros factores perioperatorios como el volumen de ultrafiltrado. Los recién nacidos pueden ser más susceptibles a los cambios en el equilibrio ácido-base debido a su inmadurez fisiológica. Por otro lado, los preadolescentes pueden tener una mayor capacidad de regulación y compensación, lo que resulta en una menor diferencia en los niveles de bicarbonato. Sin embargo, se requieren más investigaciones para comprender

completamente el impacto clínico de estas diferencias y cómo pueden influir en los resultados y la evolución postoperatoria de los pacientes. La técnica de SMUFAV no tuvo un impacto significativo en los niveles de glucemia, aunque se observaron algunas diferencias en los valores entre los grupos etarios. Por otro lado, la complejidad de la cirugía efectuada estratificada en la escala RACHS y el tiempo de CEC demostraron tener un impacto significativo en los niveles de glucemia resultando en un mayor aumento en aquellos pacientes con tiempo de CEC mayor a 100 minutos. Estos resultados resaltan la importancia de considerar factores como la gravedad de la enfermedad, el estrés quirúrgico y el tiempo de duración de la cirugía que puede ser un factor determinante en los cambios metabólicos que puedan tener los pacientes. En todos los pacientes estudiados los requerimientos de paquetes globulares fueron decreciendo con la edad, destacando a una mayor necesidad de transfusión en los pacientes con superficie corporal menor a  $0,53\text{m}^2$ , esto se debió al volumen del priming en pacientes más pequeños que hizo requerir cebado hemático durante la SMUFAV. También se requirió más paquetes globulares en cc/kg según la complejidad de la cirugía.

## **XI. RECOMENDACIONES**

Para avanzar en el conocimiento sobre la técnica MUF y su impacto en los cambios del hematocrito durante la cirugía cardíaca, se requiere la realización de investigaciones adicionales con muestras más grandes y controladas. Estos estudios futuros deben confirmar y ampliar los resultados presentados en este trabajo, validando la eficacia y seguridad de la técnica MUF en diferentes poblaciones y contextos clínicos. Además, sería esencial evaluar en detalle otros factores que podrían influir en los resultados, como la función renal preoperatoria, la presencia de comorbilidades y la administración de medicamentos específicos.

Asimismo, se sugiere llevar a cabo estudios prospectivos a largo plazo que permitan evidenciar el impacto a largo plazo de la técnica MUF en la recuperación y evolución de los pacientes sometidos a una cirugía cardíaca. Esto proporcionaría una visión más completa de los beneficios y posibles riesgos asociados con esta

técnica. En última instancia, el objetivo sería establecer protocolos óptimos para la utilización de la técnica MUF en la práctica clínica, identificando de manera precisa a los pacientes que podrían evitar más de esta estrategia y optimizando su aplicación para mejorar los resultados perioperatorios en cirugía cardíaca. Aunque este estudio brinda una visión importante sobre la técnica MUF y sus relaciones con los cambios del hematocrito, se requiere más investigación y estudio para comprender completamente su potencial y aplicabilidad clínica. Una de las limitaciones de este estudio fue no haber incorporado la medición de biomarcadores en el postoperatorio durante las primeras 48 hrs postoperatorias debido a los recursos disponibles para el estudio. Para esto se sugiere realizar una estrategia que permita realizar estudios longitudinales que sigan a los pacientes después de la cirugía cardíaca y evalúen los niveles de lactato y otros biomarcadores en diferentes puntos del postoperatorio. Al comparar los resultados del grupo sometido a MUF con un grupo de control que no recibió esta técnica, se podría analizar cómo los niveles de lactato evolucionan a lo largo del tiempo y si la MUF tiene un efecto significativo en su reducción a corto y largo plazo. Además, sería relevante incorporar un análisis de otros biomarcadores relacionados con el estrés oxidativo, la inflamación y el daño tisular, para obtener una imagen más completa de los efectos de la MUF en la cascada fisiopatológica que se desencadena durante la circulación extracorpórea. Estos biomarcadores podrían incluir el nivel de troponinas, las citocinas proinflamatorias y antioxidantes, y los productos finales de la peroxidación lipídica, entre otros. Asimismo, sería de gran utilidad realizar estudios con un tamaño de muestra más amplio que incluya diferentes subgrupos de pacientes según su estado de salud, edad y tipo de cirugía cardíaca realizada. Esto permitiría identificar posibles variaciones en la eficacia de la MUF según las características individuales de los pacientes, lo que ayudaría a personalizar su aplicación y obtener resultados más precisos y relevantes. Además, sería valioso explorar cómo otros factores perioperatorios, como la temperatura durante la cirugía, el tiempo de isquemia y reperfusión, y la administración de agentes cardioprotectores, pueden interactuar con la MUF y su impacto en los niveles de lactato. Aunque el presente estudio ha proporcionado

información valiosa sobre la técnica de ultrafiltración modificada y su relación con el hematocrito, los niveles de lactato en el intraoperatorio, el volumen de ultrafiltrado, el comportamiento de electrolitos como el bicarbonato y el potasio y la respuesta al estrés quirúrgico con la medición de la glucemia, se necesitan más investigaciones para validar y ampliar estas conclusiones. Complementar este estudio con otros en diferentes momentos del postoperatorio y explorar otros biomarcadores relacionados, así como incluir una muestra más amplia y diversa de pacientes, ayudaría a fortalecer la evidencia sobre la eficacia de la MUF y su relevancia clínica en la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. Con el tiempo, estos avances en la investigación podrían conducir a la optimización de la técnica de ultrafiltración modificada y mejorar la atención perioperatoria de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

Si bien los resultados obtenidos en este trabajo son coherentes con la literatura previa, y es necesario profundizar en más estudios que puedan ayudar al clínico a tomar decisiones importantes en la gestión perioperatoria de estos pacientes. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este estudio tiene ciertas limitaciones, como el tamaño de la muestra y la heterogeneidad de los grupos de edad. Además, existen otros factores no contemplados en este estudio, como la clasificación por patologías, y las variables postoperatorias, como el tiempo de estadía en la unidad de cuidados intensivos, tiempo de ventilación mecánica y mortalidad al alta. La monitorización hemodinámica el empleo de la Ultrafiltración modificada es de vital importancia para garantizar la seguridad durante y eficacia del tratamiento. La evaluación adecuada de parámetros como la presión venosa central (PVC), la presión arterial, la presión diastólica para evaluar el flujo coronario, la presión arterial media (PAM), la espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS), el electrocardiograma (ECG) y las variaciones del ritmo, así como la temperatura, permite una atención óptima de los pacientes y mejora los resultados del procedimiento. El uso de tecnologías avanzadas, como la NIRS, complementa la monitorización convencional y proporciona información adicional sobre la oxigenación tisular en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones clínicas adecuadas.

### XIII. REFERENCIAS

1. Tassani P, Richter JA, Eising GP, et al. Influence of combined zero-balanced and modified ultrafiltration on the systemic inflammatory response during coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13(3):285–291; doi: 10.1016/S1053-0770(99)90265-3.
2. Gravlee GP, Davis RF, Hammon JW, et al. *Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and Practice*. M - Medicine Series. Wolters Kluwer; 2015.
3. Matte GS. Perfusion for congenital heart surgery : notes on cardiopulmonary bypass in a complex patient population. n.d.
4. Banerjee A. C Walton Lillehei (1918-99): the versatile pioneer of open-heart surgery. *J Med Biogr* 2008;16(3):150–154; doi: 10.1258/JMB.2007.007031.
5. Kermode-Scott B. Wilfred G Bigelow. *BMJ: British Medical Journal* 2005;330(7497):967.
6. Kenneth G. Shann, Eugene A. Hessel II, Glenn P. Gravlee. Blood Pumps, Circuitry, and Cannulation Techniques in Cardiopulmonary Bypass. In: *Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and Practice*. (LWW. ed) 2015; p. 79.
7. Anonymous. Monitores de Hemodiálisis: Evolución Histórica | Nefrología al Día. n.d. Available from: <https://nefrologiaaldia.org/es-articulo-monitores-hemodialisis-evolucion-historica-261> [Last accessed: 2/20/2023].
8. Chew MS. Does modified ultrafiltration reduce the systemic inflammatory response to cardiac surgery with cardiopulmonary bypass? <http://dx.doi.org/10.1191/0267659104pf719oa> 2004;19(SUPPL. 1); doi: 10.1191/0267659104PF719OA.
9. Durandy Y. Minimizing Systemic Inflammation During Cardiopulmonary Bypass in the Pediatric Population. *Artif Organs* 2014;38(1):11–18; doi: 10.1111/AOR.12195.
10. Sargent J G. Principles and Biophysics of Dialysis. In: *Replacement of Renal Function by Dialysis*. (Kjellstrand CM KKWJ. ed) 1996; pp. 34–102.

11. Naik SK, Knight A, Elliott MJ. A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion* 1991;6(1):41–50; doi: 10.1177/026765919100600106.
12. Bierer J, Stanzel R, Henderson M, et al. Ultrafiltration in Pediatric Cardiac Surgery Review. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2019;10(6):778–788; doi: 10.1177/2150135119870176.
13. Talwar S, Sujith NS, Rajashekar P, et al. Modified ultrafiltration and postoperative course in patients undergoing repair of tetralogy of fallot. *J Card Surg* 2021;36(10):3679–3687; doi: 10.1111/JOCS.15841.
14. Sadek Dorgham A. Ultrafiltración modificada en cirugía cardiaca pediátrica. 2005.
15. Milovanovic V, Bisenic D, Mimic B, et al. Reevaluating the Importance of Modified Ultrafiltration in Contemporary Pediatric Cardiac Surgery. *J Clin Med* 2018;7(12); doi: 10.3390/JCM7120498.
16. Howlett DrLD. *Osmosis: The Molecular Theory* - Softcover. 2013.
17. Pickstone J V. Discovering the movement of life: osmosis and microstructure in 1826. *Int J Microcirc Clin Exp* 1994;14(1–2):77–82; doi: 10.1159/000178212.
18. WILSON JW. Dutochet and the cell theory. *Isis* 1947;37(107–108):14–21; doi: 10.1086/347960.
19. Wisniak J. Thomas Graham. II. Contributions to diffusion of gases and liquids, colloids, dialysis, and osmosis. *Educación Química* 2013;24(EXTRAORD. 2):506–515; doi: 10.1016/S0187-893X(13)72521-7.
20. De La Barrera E. On the sesquicentennial of Fick's laws of diffusion. *Nat Struct Mol Biol* 2005;12(4):280; doi: 10.1038/NSMB0405-280.
21. Rivett G. J S Cameron, *A history of the treatment of renal failure by dialysis*, Oxford University Press, 2002, pp. xiv, 353, illus, £45.00 (hardback 0-19-851547-2). *Med Hist* 2003;47(4):536–537; doi: 10.1017/S0025727300057495.
22. Markwardt F. Hirudin as alternative anticoagulant--a historical review. *Semin Thromb Hemost* 2002;28(5):405–413; doi: 10.1055/S-2002-35292.

23. Benedum J. [The early history of the artificial kidney]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2003;38(11):681–688; doi: 10.1055/S-2003-43386.
24. Barrowcliffe TW. History of heparin. *Handb Exp Pharmacol* 2012;207(207):3–22; doi: 10.1007/978-3-642-23056-1\_1.
25. Vienken J, Klinkmann H, Rakhorst G. “Inventions can’t wait”: a tribute to Willem Johan Kolff. *Int J Artif Organs* 2009;32(4):191–198; doi: 10.1177/039139880903200402.
26. Leonards JR, Heisler CR. Artificial Kidney. II. Construction and Operation of an Improved Continuous Dialyzer.\*. <https://doi.org/10.3181/00379727-72-17491> 1949;72(3):539–543; doi: 10.3181/00379727-72-17491.
27. Montenegro L, Beck J. *On Bypass: Advanced Perfusion Techniques Current Cardiac Surgery*. Springer Science & Business Media, 2009; 2008.
28. Naik SK, Knight A, Elliott M. A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. *Circulation* 1991;84(5 Suppl).
29. Solís C, Vélez C, Ramírez C. Membrane technology: Ultrafiltration. *ACS Symposium Series* 1985;508.
30. Robin G. Sutton, David M. Rothenberg. Ultrafiltration and Dialysis. In: *Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and Practice* 2015; p. 112.
31. Pecoits-Filho R. Ultrafiltración. *Medwave* 2007;7(10); doi: 10.5867/MEDWAVE.2007.10.3606.
32. Mongero LB, Beck JR. Ultrafiltration. In: *On Bypass Advanced Perfusion Techniques* Humana Press: Totowa, NJ; 2008.
33. Elliott mj, Hamilton J, Clark I. Review article : Perfusion for paediatric open-heart surgery. *Perfusion* 1990;5(1):1–8; doi: 10.1177/026765919000500102/ASSET/026765919000500102.FP.PNG\_V03.
34. Ridley PD, Ratcliffe JM, Alberti KGMM, et al. The metabolic consequences of a “washed” cardiopulmonary bypass pump-priming fluid in children

- undergoing cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;100(4):528–537; doi: 10.1016/S0022-5223(19)35497-2.
35. Nagatsu M, Harada Y, Takeuchi T, et al. [Initial ultrafiltration to the priming solution with preserved blood for cardiopulmonary bypass in infants]. *Kyobu Geka* 1995;48(4):281–285.
  36. Sakurai H, Maeda M, Murase M, et al. Hemofiltration removes bradykinin generated in the priming blood in cardiopulmonary bypass during circulation. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 1998;4(2):59–63.
  37. Delaney M, Axdorff-Dickey RL, Crockett GI, et al. Risk of extracorporeal life support circuit-related hyperkalemia is reduced by prebypass ultrafiltration. *Pediatr Crit Care Med* 2013;14(6); doi: 10.1097/PCC.0B013E31828A70C5.
  38. Magilligan DJ. Indications for ultrafiltration in the cardiac surgical patient. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985;89(2):183–189; doi: 10.1016/S0022-5223(19)38812-9.
  39. Elayashy M, Madkour MA, Mahmoud AAA, et al. Effect of ultrafiltration on extravascular lung water assessed by lung ultrasound in children undergoing cardiac surgery: A randomized prospective study. *BMC Anesthesiol* 2019;19(1):1–9; doi: 10.1186/S12871-019-0771-1/TABLES/4.
  40. Mullane R, Fristoe L, Markin NW, et al. Zero balance ultrafiltration using dialysate during nationwide bicarbonate shortage: a retrospective analysis. *J Cardiothorac Surg* 2019;14(1); doi: 10.1186/S13019-019-0986-8.
  41. Heath M, Raghunathan K, Welsby I, et al. Using zero balance ultrafiltration with dialysate as a replacement fluid for hyperkalemia during cardiopulmonary bypass. *Journal of Extra-Corporeal Technology* 2014;46(3):262–266.
  42. Stammers AH, Tesdahl EA, Mongero LB, et al. Zero-Balance Ultrafiltration during Cardiopulmonary Bypass Is Associated with Decreased Urine Output. *J Extra Corpor Technol* 2021;53(1):27–37; doi: 10.1182/ject-2000016.
  43. José Curi-Curi P, Calderón-Colmenero J, Ramírez- Marroquín S, et al. Utility of Modified Ultrafiltration in Congenital Heart Disease Patients Operated with

- Cardiopulmonary Bypass. *Advances in Extra-corporeal Perfusion Therapies* 2019; doi: 10.5772/INTECHOPEN.77122.
44. Rivera Tocancipá D, Ferrer AP. blood-Saving techniques in Surgery. *Rev Colomb Anesthesiol* Noviembre 2011;39(4):545–559; doi: 10.5554/rca.v39i4.148.
  45. Wang W, Huang H. Benefits of Ultrafiltration for Pulmonary Function. *Principles of Pulmonary Protection in Heart Surgery* 2010;251–261; doi: 10.1007/978-1-84996-308-4\_27.
  46. Elliott MJ. Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart operations. *Ann Thorac Surg* 1993;56(6):1518–1522; doi: 10.1016/0003-4975(93)90744-3.
  47. Portela F, Español R, Quintáns J, et al. Ultrafiltración combinada perioperatoria en cirugía cardíaca pediátrica. Resultados preliminares. *Rev Esp Cardiol* 1999;52(12):1075–1082.
  48. Mohanlall R, Adam J, Nemlander A. Venoarterial modified ultrafiltration versus conventional arteriovenous modified ultrafiltration during cardiopulmonary bypass surgery. *Ann Saudi Med* 2014;34(1):18–30; doi: 10.5144/0256-4947.2014.18.
  49. Myers GJ, Leadon RB, Mitchell LB, et al. Simple modified ultrafiltration. *Perfusion* 2000;15(5):447–452; doi: 10.1177/026765910001500507.
  50. Keenan HT, Thiagarajan R, Stephens KE, et al. Pulmonary function after modified venovenous ultrafiltration in infants: a prospective, randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119(3):501–507; doi: 10.1016/S0022-5223(00)70129-2.
  51. Hennein HA, Kiziltepe U, Barst S, et al. Venovenous modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass in children: a prospective randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117(3):496–505.
  52. Robin G. Sutton, David M. Rothenberg. Modified Ultrafiltration. In: *Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and Practice* 2015; p. 116.

53. Zakkar M, Guida G, Angelini GD. Modified ultrafiltration in adult patients undergoing cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015;20(3):415–421; doi: 10.1093/ICVTS/IVU388.
54. Adenwala AY, Cios TJ. Con: Modified Ultrafiltration Should Not Be Routinely Used in Adult Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2023;37(6):1053–1056; doi: 10.1053/J.JVCA.2023.01.009.
55. Low ZK, Gao F, Sin KYK, et al. Modified ultrafiltration reduces postoperative blood loss and transfusions in adult cardiac surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2021;32(5):671–682; doi: 10.1093/ICVTS/IVAA330.
56. Zakkar M, Guida G, Angelini GD. Modified ultrafiltration in adult patients undergoing cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015;20(3):415–421; doi: 10.1093/ICVTS/IVU388.
57. Boldt J, Hempelmann G. Hemodynamic Monitoring in Cardiac Surgery. 1991;125–139; doi: 10.1007/978-3-642-84167-5\_11.
58. Zheng F, Sheinberg R, Yee MS, et al. Cerebral near-infrared spectroscopy monitoring and neurologic outcomes in adult cardiac surgery patients: a systematic review. *Anesth Analg* 2013;116(3):663–676; doi: 10.1213/ANE.0B013E318277A255.
59. Recco DP, Roy N, Gregory AJ, et al. Invasive and noninvasive cardiovascular monitoring options for cardiac surgery. *JTCVS Open* 2022;10:256; doi: 10.1016/J.XJON.2022.02.028.
60. Takala J, Uusaro A, Parviainen I, et al. Lactate metabolism and regional lactate exchange after cardiac surgery. *New Horiz* 1996;4(4):483–492.
61. Shapiro NI, Howell MD, Talmor D, et al. Serum lactate as a predictor of mortality in emergency department patients with infection. *Ann Emerg Med* 2005;45(5):524–528; doi: 10.1016/j.annemergmed.2004.12.006.
62. John E. Hall, Arthur C. Guyton. *Guyton y Hall, Tratado de Fisiología Médica*. 13th ed. (Elsevier. ed). 2016.
63. Dvorkin CI. *Best & Taylor. Bases Fisiológicas de La Práctica Médica*. Médica Panamericana; 2010.

64. FitzGerald DJ, Cecere G. Hemofiltration and inflammatory mediators. *Perfusion* 2002;17 Suppl(SUPPL.):23–28; doi: 10.1191/0267659102PF557OA.
65. Maduell F. Eficacia depurativa de medianas y grandes moléculas en diferentes modalidades de hemodiálisis. *Nefrología (Madrid)* 2005;25(supl.2):15–18.
66. Pérez-García R, Alcázar R, Pérez-García R, et al. El dializador en el año 2017: mucho más que una membrana. *Nefrología (Madrid)* 2018;38(1):4–7; doi: 10.1016/J.NEFRO.2017.08.003.
67. Bergström J, Asaba H, Furst P, et al. Dialysis, ultrafiltration, and blood pressure. *Blood Purif* 2006;24(2):222–229; doi: 10.1159/000091016.
68. Dimpna C, Brotons CA. *Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas Del Niño y Del Adolescente Volumen I*. n.d.
69. Dimpna C, Brotons CA. *Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas Del Niño y Del Adolescente Volumen II*. n.d.
70. Shen I, Giacomuzzi C, Ungerleider RM. Current strategies for optimizing the use of cardiopulmonary bypass in neonates and infants. *Annals of Thoracic Surgery* 2003;75(2):S729–S734; doi: 10.1016/S0003-4975(02)04697-0.
71. Kliegman RM, Blum N, Shah SS, et al. Nelson. *Tratado de Pediatría*. Elsevier Health Sciences; 2020.
72. Larsen SH, Pedersen J, Jacobsen J, et al. The RACHS-1 risk categories reflect mortality and length of stay in a Danish population of children operated for congenital heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;28(6):877–881; doi: 10.1016/J.EJCTS.2005.09.008.
73. Jenkins KJ. Risk adjustment for congenital heart surgery: the RACHS-1 method. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2004;7(1):180–184; doi: 10.1053/J.PCSU.2004.02.009.
74. Box GEP, Cox DR. An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 1964;26(2):211–243; doi: 10.1111/J.2517-6161.1964.TB00553.X.

75. Matos LA, Bandyopadhyay D, Castro LM, et al. Influence assessment in censored mixed-effects models using the multivariate Student's- *t* distribution. *J Multivar Anal* 2015;141:104–117; doi: 10.1016/J.JMVA.2015.06.014.
76. Sánchez MET, Cervantes RJM. Generalized eta squared for multiple comparisons on between-groups designs. *Psicothema* 2016;28(3):340–345; doi: 10.7334/PSICOTHEMA2015.124.
77. Manzini JL. DECLARACIÓN DE HELSINKI: PRINCIPIOS ÉTICOS PARA LA INVESTIGACIÓN MÉDICA SOBRE SUJETOS HUMANOS. *Acta Bioeth* 2000;6(2):321–334; doi: 10.4067/S1726-569X2000000200010.
78. Tersalvi G, Gaiero L, Capriolo M, et al. Sex Differences in Epidemiology, Morphology, Mechanisms, and Treatment of Mitral Valve Regurgitation. *Medicina (Kaunas)* 2023;59(6):1017; doi: 10.3390/MEDICINA59061017.
79. Brescia AA, Wu X, Paone G, et al. Effect of sex on nadir hematocrit and rates of acute kidney injury in coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2019;158(4):1073-1080.e4; doi: 10.1016/J.JTCVS.2019.03.042.
80. Varadarajan P, Pai RG. Gender Effects on Left Ventricular Responses and Survival in Patients with Severe Aortic Regurgitation: Results from a Cohort of 756 Patients with up to 22 Years of Follow-Up. *Med Sci (Basel)* 2023;11(2):36; doi: 10.3390/MEDSCI11020036.
81. Pawlik A, Litwinowicz R, Kowalewski M, et al. The impact of gender on in-hospital mortality and long-term mortality in patients undergoing surgical aortic valve replacement: SAVR and SEX Study. *Kardiol Pol* 2023; doi: 10.33963/KP.A2023.0138.
82. Barcena ML, Tonini G, Haritonow N, et al. Sex and age differences in AMPK phosphorylation, mitochondrial homeostasis, and inflammation in hearts from inflammatory cardiomyopathy patients. *Aging Cell* 2023; doi: 10.1111/ACEL.13894.
83. Hall J, Guyton A. Fisiología Fetal y Neonatal. In: Guyton y Hall. *Tratado de Fisiología Médica*. (Elsiever. ed) 2016.

84. Pabón-Rivera S, Flores RR, Frei-Jones M. The Complete Blood Count: A Practical Tool for the Pediatrician. *Pediatr Rev* 2023;44(7):363–382; doi: 10.1542/PIR.2021-005273.
85. Serrano Martínez F. Circulación extracorpórea y protección miocárdica pediátrica: ¿son especiales? *Cirugía Cardiovascular* 2014;21(2):79–85; doi: 10.1016/J.CIRCV.2014.03.001.
86. Shen I, Giacomuzzi C, Ungerleider RM. Current strategies for optimizing the use of cardiopulmonary bypass in neonates and infants. *Ann Thorac Surg* 2003;75(2); doi: 10.1016/S0003-4975(02)04697-0.
87. Stahl GL, Sherman SK, Smith PK, et al. Complement activation and cardiac surgery: a novel target for improving outcomes. *Anesth Analg* 2012;115(4):759–771; doi: 10.1213/ANE.0B013E3182652B7D.
88. J. Paul Scott, Veronica H. Flood, Leslie J. Raffini. Hemostasia . In: Nelson. *Tratado de Pediatría*. (Elsevier. ed) n.d.; pp. 2589–2594.
89. Gaynor JW. The effect of modified ultrafiltration on the postoperative course in patients with congenital heart disease. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2003;6(1):128–139; doi: 10.1053/PCSU.2003.50006.
90. Mejak BL, Lawson DS, Ing RJ. Con: Modified Ultrafiltration in Pediatric Cardiac Surgery Is No Longer Necessary. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2019;33(3):870–872; doi: 10.1053/J.JVCA.2018.11.018.
91. Barrial Moreno J, Facenda Mederos A, Bravo Pérez LA, et al. LA LACTATEMIA COMO PRONOSTICO INMEDIATO DE SUPERVIVENCIA EN LA CIRUGIA CARDIOVASCULAR PEDIATRICA A CORAZON ABIERTO. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* 2009;8(1):0–0.
92. Papadopoulos N, Bakhtiary F, Grün V, et al. The effect of normovolemic modified ultrafiltration on inflammatory mediators, endotoxins, terminal complement complexes and clinical outcome in high-risk cardiac surgery patients. *Perfusion* 2013;28(4):306–314; doi: 10.1177/0267659113478450.

93. Van den Eynde J, Delpire B, Jacquemyn X, et al. Risk factors for acute kidney injury after pediatric cardiac surgery: a meta-analysis. *Pediatr Nephrol* 2022;37(3):509–519; doi: 10.1007/S00467-021-05297-0.
94. López R, Lema G, González A, et al. Plasma levels of potassium and magnesium after modified ultrafiltration in pediatric cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Perfusion* 2012;27(1):40–42; doi: 10.1177/0267659111424637.
95. Vázquez A, Favieres C, Pérez M, et al. Cardioplejía Del Nido: una estrategia de protección miocárdica segura, eficaz y económica. *Cirugía Cardiovascular* 2015;22(6):287–293; doi: 10.1016/J.CIRCV.2015.05.003.
96. Osthaus WA, Görler H, Sievers J, et al. Bicarbonate-buffered ultrafiltration during pediatric cardiac surgery prevents electrolyte and acid-base balance disturbances. *Perfusion* 2009;24(1):19–25; doi: 10.1177/0267659109106728.
97. Hensley NB, Colao JA, Zorrilla-Vaca A, et al. Ultrafiltration in cardiac surgery: Results of a systematic review and meta-analysis. *Perfusion* 2023; doi: 10.1177/02676591231157970.
98. Curi-Curi PJ, Springall del Villar MR, Gómez-García L, et al. Impacto intraoperatorio de la ultrafiltración modificada en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. *Cirugía Cardiovascular* 2016;23(4):179–186; doi: 10.1016/J.CIRCV.2016.02.003.
99. Manzanares W, Aramendi I. Hiperglucemia de estrés y su control con insulina en el paciente crítico: evidencia actual. *Med Intensiva* 2010;34(4):273–281; doi: 10.1016/j.medin.2009.10.003.
100. Tejerina M H, Castillo D C. Hiperglicemia de estrés en Pediatría. *Rev Chil Pediatr* 2003;74(1):31–36; doi: 10.4067/S0370-41062003000100004.
101. Ziyaeifard M, Alizadehasl A, Massoumi G. Modified Ultrafiltration During Cardiopulmonary Bypass and Postoperative Course of Pediatric Cardiac Surgery. *Res Cardiovasc Med* 2014;3(2):5; doi: 10.5812/CARDIOVASCMED.17830.

## XIV. ANEXOS

### XIV.1. Cronograma

Variables	Tiempo: 2022-2023	
Selección del tema	2022	Octubre
Búsqueda de referencias		Noviembre
Elaboración del anteproyecto		Diciembre -
		Febrero
Sometimiento y aprobación	2023	Marzo
Revisión de los expedientes clínicos (retrospectivo)		Abril
Tabulación y análisis de la información		Mayo
Redacción del informe		Mayo
Revisión del informe		Mayo
Encuadernación		Junio
Presentación		Julio



Datos generales del paciente							C.C.										HO			MUP							
Fecha	ID	Sexo	Edad	Peso	Talla	SC	Diagnostico	RACHS	Ciugía	Tiempo de CEC	Flujo Cump	Puro Circulante	Flujo Cerebral	Índice (ml/min/100g)	Cardiología	debe estar en	CUF	OP	Flema	MUP	Tiempo de MUP	Lado Paciente	Lado Operado	PVC promedio	Flujo de salida	Presión promedio	
<b>LACTANTES MENORES</b>																											
22/05/2022	140896	Femenino	0.58	4.8	55	0.25	Canal AV Restelli A	3	Cororrectora	129	214	0	0	0	297	3	250			150	15	1.1	0	5.7	48	52.7	
18/05/2022		Femenino	0.11	1.2	86	0.19	Trombo A; Triad I	4	Reparación Valvula Tricual y conducto valvulado a A	155	115	0	0	50	575	4	300			150	10	0.6	0	0	0	0	
24/05/2022	143333	Masculino	0.42	4.7	61	0.28	CIV PM, DAP	2	Clere de CIV, DAP	68	53	0	0	3	46	1	120			115	10	0.9	0	0	0	0	
30/05/2022	147188	Masculino	0.42	3.5	52	0.24	CIV PM	2	Clere de CIV	51	49	0	0	120	79	1	150	150		120	10	1	0	0	0	0	
01/06/2022	143281	Masculino	0.67	5.6	69	0.33	Canal AV completo Restelli C	3	Cororrectora	139	124	0	0	300	211	4	150	140		69	10	1.4	2.4	0	0	0	
09/06/2022	140888	Femenino	0.58	5.9	66	0.32	CIV PM	2	Clere de CIV	60	48	0	0	0	112	1	125	150		55	12	1.8	8.8	8	58	68	
12/06/2022	143743	Femenino	0.56	5.5	54	0.21	CIV PM	2	Clere de CIV	58	41	0	0	0	298	3	86	120		66	12	1	2.9	8	58	52	
20/06/2022	143894	Masculino	0.83	1.2	61	0.33	CIV PM	2	Clere de CIV	199	139	0	0	180	115	4	225	150	0	88	10	1.3	1.7	81	50	104	
21/06/2022	149826	Femenino	0.41	5.2	60	0.29	Atresia Tricuspidae	2	Ampliación TVSD	52	38	0	0	0	304	1	150	0	0	75	17	5.4	4	8	37	0	
27/06/2022	149870	Femenino	0.58	4.6	62	0.28	CIV PM	2	Clere de CIV	56	42	0	0	0	223	1	125	130	0	40	10	0.9	1.2	9	55	0	
<b>Lactantes Mayor</b>																											
18/05/2022	139386	Femenino	1	11	85	0.53	TOF	2	Clere de CIV	159	247	0	0	0	1549	4	865			305	20	1.2	0	0	0	0	
10/04/2022	139452	Masculino	1	8.5	75	0.41	D-TGA S/P Septosomia Atrial	4	Ce de Senning	117	83	0	0	0	50	551	3	700		150	10	0	0	0	0	0	
20/04/2022	141845	Femenino	1	8.7	75	0.42	TOF	2	Clere de CIV	148	120	0	0	240	844	3	180			130	17	1.3	0	0	0	0	
22/04/2022	143838	Femenino	1	10.4	83	0.49	DVSD CIV PM	3	Clere de CIV	95	69	0	0	0	358	2	400			100	10	2	0	0	0	0	
15/05/2022	143530	Femenino	1	10	85	0.48	interrupcion Ao	3	Cororrectora	115	0	0	0	50	0	0	0	80		130	10	1.2	0	0	0	0	
15/05/2022	143328	Femenino	1	9	77	0.44	CIV PM	2	Clere de CIV	89	76	0	0	20	433	4	250	150		100	12	1.3	0	0	72	70	
05/06/2022	144669	Masculino	1	8.6	82.5	0.44	Canal AV parcial	3	Cororrectora	113	96	0	0	20	284	3	365	150		95	12	2.7	0	0	0	56	
07/07/2022	140572	Femenino	1	9	77	0.43	D-TGA S/P Septosomia Atrial	4	Ce de Senning	144	114	0	0	3	361	4	100	180	100	12	7.5	3.1	0	48	120		
21/06/2022	140458	Femenino	1	10.9	76	0.48	TOF	2	Clere de CIV	108	75	0	0	0	120	112	1	150	0	0	150	12	1.1	2	8	89	
24/06/2022	142023	Masculino	1	11	80	0.49	Atresia Tricuspidae IB	2	Glenn	56	44	0	0	0	310	1	200	0	0	125	10	1.3	2.1	4	48	0	
<b>Escolares</b>																											
18/05/2022		Masculino	3	11.3	88	0.52	TOF	2	Cororrectora	110	80	0	0	0	846	2	200			150	12	1.1	0	0	0	0	
20/05/2022	144033	Masculino	4	16	100	0.67	DVSD CIV PM	3	Clere de CIV, sección banda muscular VD	75	63	0	0	0	321	1	300			100	10	1.3	0	6	74	0	
28/06/2022	142548	Masculino	2	8	83	0.43	TOF	2	Clere de CIV	135	121	0	0	20	382	4	250	100		110	10	1.8	0	0	0	0	
29/05/2022	145510	Femenino	2	9.4	82	0.45	CIV PM	2	Clere de CIV	58	53	0	0	0	220	2	150	0		50	10	1.2	0	9	52	47	
08/06/2022	133881	Masculino	3	16	103	0.73	TOF	2	Clere de CIV	205	234	0	0	350	837	3	323			120	18	1.4	0	0	0	0	
13/06/2022	145526	Femenino	2	9.4	83	0.48	TOF	2	Clere de CIV	145	116	0	0	120	427	4	250	100	0	48	10	1.2	2	11	55	62	
14/06/2022	133402	Femenino	2	12.2	86	0.58	Estenosis pulmonar severa	2	Clere de CIA, CIV	169	337	0	0	0	438	4	110	0	0	75	12	2.5	4.5	9	47	0	
<b>Prepubescentes</b>																											
18/05/2022	132828	Femenino	5	20	103	0.82	CIV PM	3	Clere de CIV	102	54	0	0	50	496	1	150			150	10	2	0	0	0	0	
24/06/2022		Femenino	5	36.3	180	0.67	Dextrocardia con Situs Inversus	2	Shunt Central 5mm	100	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	130	12	0.8	2.1	8	11	0
<b>Adolescentes</b>																											
31/05/2022	146510	Masculino	16	73	170	1.86	CIA tipo SV, DVPP	2	Clere de CIA, redirección flujo pulmonar	75	53	0	0	0	0	1280	2	700	0	0	180	10	1.1	0	0	0	0

Gases previa salida de CEC														Gases post CEC														Lactico de entrada Paciente		Lactico de salida Paciente		Diferencia Saldo - Producción de L.L.C.		Velocidad de flujo CEC-VO	
PH	PCO2	PO2	HCT	HA	K	lca	HCO3	ED	SAT	Hb	PH	PCO2	PO2	HCT	HA	K	lca	HCO3	ED	SAT	Hb	Glic	Lactico de entrada Paciente	Lactico de salida Paciente	Diferencia Saldo - Producción de L.L.C.	Velocidad de flujo CEC-VO									
7.41	46.5	728	37	16.4	4.5	0.40	22.4	9.1	100	11.8	7.45	34.4	888	39	14.5	5.7	1.38	23.5	0.5	100	18.3	140	0	1.1	2	81.38									
7.38	43	708	36	14.7	4.3	0.44	23	-1	100	12.7	7.86	44.7	187	35	14.5	5.6	1.41	24	-1.7	100	12.3	48	0.8	0.6	0	61.588									
7.38	43	56	29	13.8	4.3	1.14	23	-2	66	9.7	7.84	37.4	47	45	13.4	5.4	1.87	11.4	-3.1	95	15.3	171	0	0.4	16	74.404									
7.34	42.5	887	31	13.6	3.4	1.3	24	0	100	10.5	7.4	34.4	324	35	13.7	5	1.41	21.5	-3.1	100	11.4	171	0	1	4	54.246									
7.45	35.7	745	28	13.4	3.8	1.31	24	0.5	100	9.5	7.87	42.4	42	40	14.7	5.7	1.47	21	-4	95	13	84	0	1.4	17	12.871									
7.38	48.5	877	27	13.4	3.9	1.15	24.5	0.4	100	9.5	7.5	47.5	187	35	14.1	5.7	1.87	10.8	-5.6	94	9	64	0.4	1.8	8	4.877									
7.34	35.5	148	29	14.0	3.4	1.04	21.1	-3.9	100	9.5	7.86	37	116	30	14.0	5.4	1.17	21	-0.7	99	10.1	75	0	1	1	11									
7.35	41.7	148	31	13.4	3.8	1.45	23.5	-2	99	10.5	7.86	47.5	761	39	14.1	5.7	1.6	23	-1.6	100	18.3	148	1.8	1.7	8	16									
7.35	46.7	864	31	14.7	4	0.44	14.4	-0.9	100	7.7	7.84	47.5	60	38	14.1	5.3	0.46	24	3	90	19.4	147	2.5	2.6	17	14.438									
7.47	41.1	140	31	15.4	3.5	1.1	26	1.7	100	10.4	7.5	50.7	77	41	13.6	5.5	1.88	22.6	-1.6	94	18.8	184	0.4	0.4	10	4.9487									
7.46	37.4	417	30	14.8	5.7	1	27	-0.4	100	10.7	7.87	45	175	29	14.5	4	0.77	23.6	-2.3	99	9.8	187	0	1.7	-3	4.25									
7.37	40.1	703	38	13.4	4.3	0.47	28	3.4	100	14.1	7.86	85.2	118	51	14.7	5	1.16	31	9.4	99	12.7	0	0	1	-2	17.547									
7.46	38.5	744	31	14.0	5	0.47	28	0.1	100	10.5	7.84	34.5	78	35	14.8	4	1.7	27	-2	95	11.8	184	0	1.8	8	14.403									
7.34	40.8	178	28	13.8	3.5	0.41	28.4	-0.4	96	8.6	7.86	47.5	424	37	13.6	2.4	1.3	28	-2	100	12.5	147	0	2	17	4.8154									
7.41	40.8	870	31	13.8	3	1.31	24	-0.1	100	10.7	7.47	40	247	28	13.6	5.7	1.87	26	1.8	100	4.5	116	0	1.7	-3	15									
7.47	41	864	27	13.8	4.9	1.01	25.1	1.6	100	7.6	7.87	48.1	114	35	13.7	4.1	1.47	22.8	3.8	94	17	176	0	1.8	13	11.111									
7.34	40.9	144	34	13.7	4	1.07	21.1	-0.5	99	8.1	7.87	38.5	38.5	37	14.0	5.7	1.87	20.8	-0.8	100	12.5	177	0	2.7	18	11.447									
7.34	47	81.2	38	14.1	3.9	1.04	24.1	3.2	100	15	7.																								

### XIV.3. Costos y recursos

XIV.3.1. Humanos			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 sustentante</li> <li>• 2 asesores (metodológico y clínico)</li> <li>• Secretaria/estadígrafo</li> <li>• Personas que participaron en el estudio</li> </ul>			
XIV.3.2. Equipos y materiales	Cantidad	Precio	Total
Papel bond 20 (8 1/2 x 11)	1 resmas	80.00	240.00
Papel Mistique	1 resmas	180.00	540.00
Lápices	2 unidades	3.00	36.00
Borras	2 unidades	4.00	24.00
Bolígrafos	2 unidades	3.00	36.00
Sacapuntas	2 unidades	3.00	18.00
Presentación:			
Sony SVGA VPL-SC2 Digital data projector			
Cartuchos HP 45 A y 78 D	2 unidades	600.00	1,200.00
Calculadoras	2 unidades	75.00	150.00
XIV.3.3. Información			
Adquisición de libros			
Revistas			
Otros documentos			
Referencias bibliográficas (ver listado de referencias)			
XIV.3.4. Económicos*			
Papelería (copias)	1200 copias	00.35	420.00
Encuadernación	12 informes	80.00	960.00
Alimentación			1,200.00
Transporte			5,000.00
Inscripción al curso			2,000.00
Inscripción de anteproyecto			
Inscripción de la tesis			
Subtotal			
Imprevistos 10%			
<b>Total</b>			<b>\$000.00</b>

\*Los costos totales de la investigación fueron cubiertos por el sustentante.

## XIV.4. Dibujos y tablas

### XIV.4.1 Escala de estratificación de Riesgo RACHS

---

#### Categoría de riesgo 1

- Comunicación interauricular (*ostium secundum*, seno venoso)
- Aortopexia
- Ductus arterioso > 30 días
- Coartación de la aorta > 30 días
- Anomalía parcial del retorno venoso pulmonar

#### Categoría de riesgo 2

- Valvulotomía aórtica o valvuloplastia
- Resección subaórtica
- Valvulotomía pulmonar o valvuloplastia
- Reemplazo de válvula pulmonar
- Infundibulectomía del VD - aumento del tracto de salida pulmonar
- Reparación de fistulas coronarias
- Comunicación interauricular, *Ostium primum*
- Comunicación interauricular asociada con comunicación interventricular
- Comunicación interventricular sola o asociada con valvulotomía pulmonar o resección infundibular
- Comunicación interventricular asociada con eliminación de cerclaje pulmonar
- Reparación de CIV no especificada
- Tetralogía de Fallot
- Anomalía total del retorno venoso pulmonar > 30 días
- Anastomosis de Glenn
- Anillos vasculares
- Ventana aortopulmonar
- Coartación de la aorta < 30 días
- Transección de la arteria pulmonar
- Aurícula única
- Comunicación VI-AD

#### Categoría de riesgo 3

- Reemplazo de válvula aórtica
- Procedimiento de Ross
- Parche de tracto de salida del VI
- Miotomía ventricular
- Aortoplastia
- Valvuloplastia o valvulotomía mitral
- Reemplazo de válvula mitral
- Valvectomía tricuspídea
- Valvulotomía o valvuloplastia tricuspídea
- Reemplazo de válvula tricuspídea
- Anomalía de Ebstein > 30 días
- Anomalía coronaria con túnel intrapulmonar o sin él

- Cierre de válvulas semilunares aórtica o pulmonar
- Conducto VD-APT o VI-APT
- Doble salida del VD con reparación o no de obstrucción del VD Fontan
- Canal a-v completo o transicional con reemplazo valvular o sin él
- Cerclaje de la arteria pulmonar
- Tetralogía de Fallot con atresia pulmonar
- Cor triatriatum
- Anastomosis S/P
- *Switch* auricular
- *Switch* arterial
- Reimplantación de arteria pulmonar anómala
- Anuloplastia
- Coartación de la aorta + CIV
- Escisión de tumor intracardiaco

#### Categoría de riesgo 4

- Valvulotomía o valvuloplastia aórtica < 30 días
- Procedimiento de Konno
- Reparación de anomalía compleja (ventrículo único), agrandamiento de CIV
- Anomalía total del retorno venoso < 30 días
- Septectomía auricular
- Reparación de IGV+ CIV+ estenosis subpulmonar (Rastelli)
- *Switch* auricular + CIV
- *Switch* auricular + estenosis subpulmonar
- *Switch* arterial + eliminación de cerclaje
- *Switch* arterial + CIV
- *Switch* arterial + estenosis subpulmonar
- Tronco arterioso
- Interrupción o hipoplasia del arco aórtico con CIV o sin ella
- Plástica del arco transverso
- Unifocalización pulmonar en tetralogía de Fallot y atresia pulmonar
- Doble switch

#### Categoría de riesgo 5

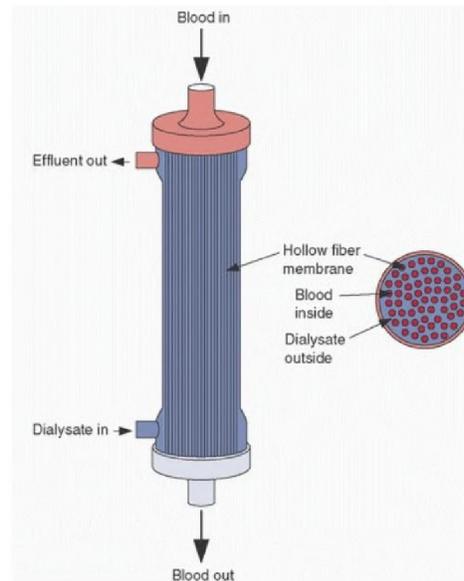
- Anomalía de Ebstein < 30 días
- Tronco arterioso + interrupción del arco aórtico

#### Categoría de riesgo 6

- Etapa 1 de reparación del síndrome de hipoplasia del VI (Norwood)
  - Etapa 1 de reparación del ventrículo izquierdo no hipoplásico
  - Damus-Kaye-Stansel
- 

Tabla de referencia del trabajo de Jenkins *et al.* 2004<sup>73</sup>

#### XIV.4.2 Esquema del funcionamiento del hemofiltro.

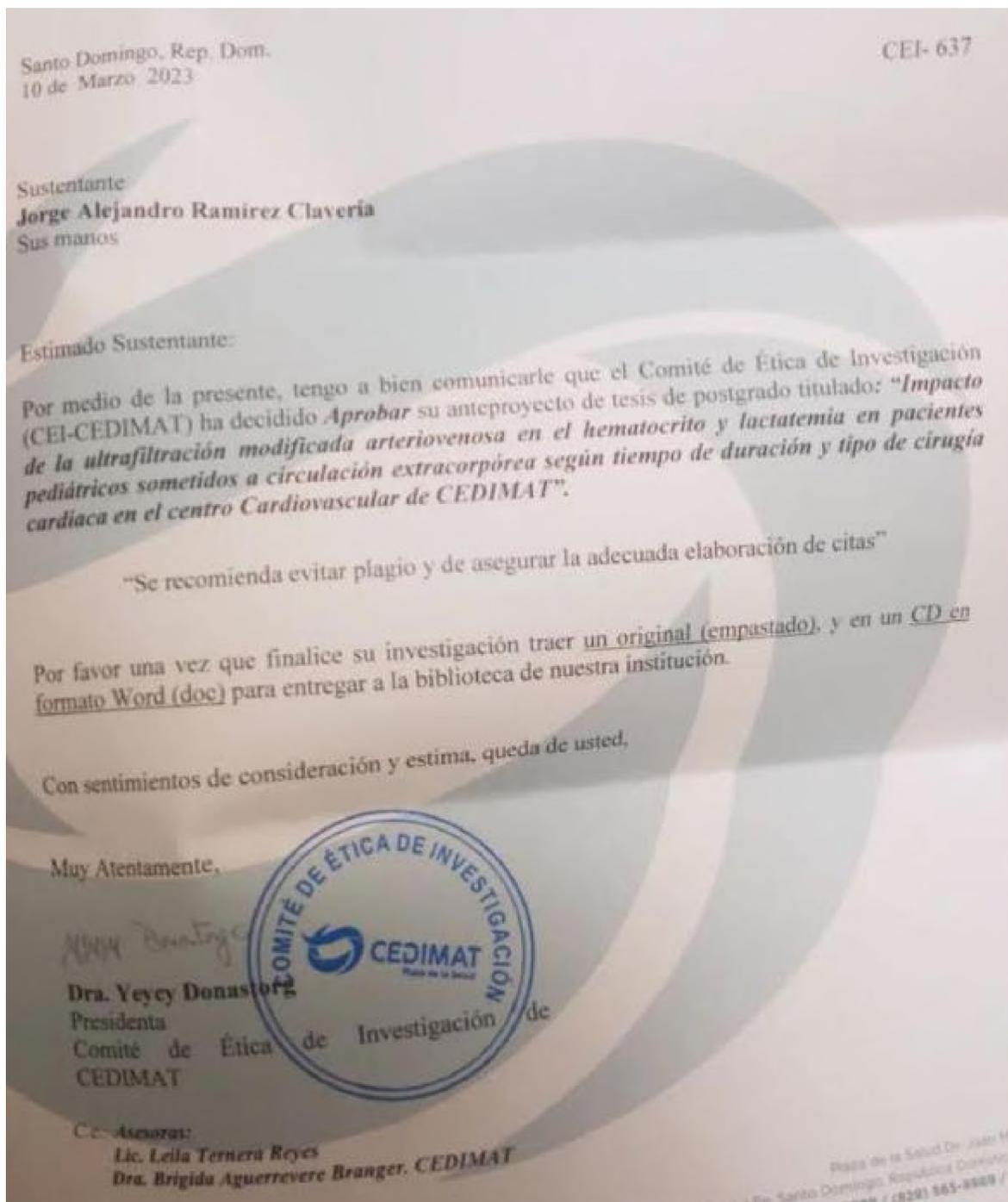


Esquema extraído Gravlee *et al.* 2015, Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and Practice<sup>2</sup>

#### XIV.4.3 Tabla de coeficiente de cribado.

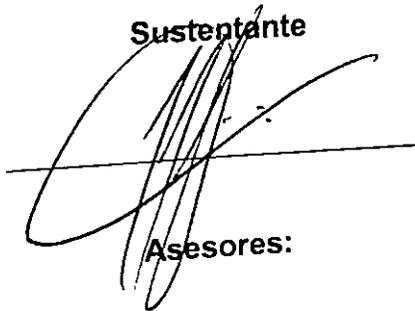
Drogas y solutos	Coefficiente de filtración
Sodio	0.99
Potasio	0.98
Cloro	1.05
Bicarbonato	1.12
Glucosa	1.04
Calcio	0.64
Magnesio	0.88
Fósforo	1.04
Bun	1.05
Cretinina	1.02
Albúmina	0.01
Bilirrubina total	0.03
Amikacina	0.95
Cefotaxíma	0.62
Fenobarbital	0.60
Digoxina	0.80
Vancomicina	0.90

#### XIV.4. Carta de aprobación del comité de ética CEDIMAT

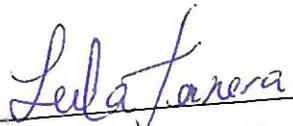


XIV.5. Evaluación

Sustentante



Asesores:

  
Lcda. Leila Ternera Reyes  
Perfusionista Cardiovascular

  
MSc. Brigida Aguerrevere  
Perfusionista Cardiovascular

Autoridades:

  
Jefe Depto. Enseñanza

  
Jefe Depto. Perfusion

  
Dra. Claridania Rodríguez  
UNPHU



  
Dr. William Duke  
UNPHU

Fecha de Presentación: 28/7/2023  
Calificación: 95

