

**INFLUENCIA DE LA HEMOFILTRACIÓN CONVENCIONAL EN LA  
HEMODILUCIÓN DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA DE  
CORAZÓN CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA. CLÍNICA  
MEDELLÍN Y HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE DE PAÚL  
MEDELLÍN. ENERO A DICIEMBRE DE 2003.**

**JULIA AMPARO OCAMPO SANZ  
ENFERMERA PERFUSIONISTA**

**LUÍS FERNANDO VIVAS LÓPEZ  
ENFERMERO**

**SOFÍA CATALINA CARDONA RESTREPO  
ENFERMERA**

**Docentes Coinvestigadores**

Adriana María Díaz  
Enfermera Especialista en Perfusión

Rubén Darío Manrique H.  
Q.F. MsC Epidemiología

**HUSVP - CLÍNICA MEDELLÍN  
2004**

**INFLUENCIA DE LA HEMOFILTRACIÓN CONVENCIONAL EN LA  
HEMODILUCIÓN DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA DE  
CORAZÓN CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA. CLÍNICA  
MEDELLÍN Y HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE DE PAÚL  
MEDELLÍN. ENERO A DICIEMBRE DE 2003.**

**TESIS DE GRADO PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ESPECIALISTAS EN PERFUSIÓN Y CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA**

**JULIA AMPARO OCAMPO SANZ  
ENFERMERA PERFUSIONISTA**

**LUÍS FERNANDO VIVAS LÓPEZ  
ENFERMERO**

**SOFÍA CATALINA CARDONA RESTREPO  
ENFERMERA**

**HUSVP - CLÍNICA MEDELLÍN  
2004**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
1.1. Objetivo General.....	14
1.2. Objetivos Específicos .....	14
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. LÍQUIDO CORPORAL .....</b>	<b>15</b>
2.1.1. Distribución del líquido corporal.....	15
2.1.2. Composición electrolítica de los líquidos corporales.....	16
2.1.3. Movimiento de líquidos. ....	17
2.1.3.1. Ósmosis:.....	17
2.1.3.2. Osmolaridad:.....	17
2.1.4. Presiones de los líquidos. ....	17
2.1.5. Pérdidas de líquidos.....	18
2.1.6. Desequilibrio del volumen de líquidos. ....	18
<b>2.2. HEMODILUCIÓN .....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Generalidades .....	20
2.2.2. Historia de la Hemodilución.....	24
2.2.3. Transporte de Oxígeno .....	24
2.2.5. Metabolismo energético.....	28
2.2.6. Destrucción de los eritrocitos .....	28
<b>2.3. ULTRAFILTRACIÓN .....</b>	<b>28</b>
2.3.1. Antecedentes históricos.....	28
2.3.2. Principios de la ultrafiltración .....	32
2.3.2.1. ULTRAFILTRACIÓN CONVENCIONAL .....	33
2.3.2.2. ULTRAFILTRACIÓN MODIFICADA .....	34

2.3.3.	BENEFICIOS DE LA FILTRACIÓN.....	34
2.3.3.1.	Preoperatorio .....	34
2.3.3.2.	Perioperatoria .....	34
2.3.3.3.	Postoperatoria .....	35
2.3.4.	EFFECTOS COLATERALES Y DESVENTAJAS DE LA HEMOFILTRACIÓN.....	35
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>37</b>
3.1.	Definición del método .....	37
3.2.	Población y Muestra.....	37
3.3.	Criterios de inclusión y exclusión .....	37
3.4.	Diagrama de Variables .....	38
3.5.	Manual de codificación.....	39
3.6.	Instrumento de recolección.....	40
3.7.	Técnicas de recolección.....	40
3.7.1.	Fuentes del dato y forma de recolección .....	40
3.8.	Crítica del dato.....	41
3.9.	Plan de Análisis .....	41
3.10.	Materiales y métodos .....	41
<b>4.</b>	<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>

## **RESUMEN**

### **INFLUENCIA DE LA HEMOFILTRACIÓN CONVENCIONAL EN LA HEMODILUCIÓN DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA DE CORAZÓN CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA. CLÍNICA MEDELLÍN Y HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN VICENTE DE PAÚL MEDELLÍN. ENERO A DICIEMBRE DE 2003.**

#### **Introducción**

La técnica de hemodilución produce efectos positivos y negativos, en cirugías de corazón abierto, se aplica para el control del volumen de fluidos y el aumento postoperatorio de Hemoglobina y Hematocrito. Hay informes de sus ventajas como la disminución de la respuesta inflamatoria sistémica y la activación inmunológica posterior a la Circulación Extracorpórea. El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la técnica de hemofiltración convencional como método de control de la hemodilución en los pacientes sometidos a circulación extracorpórea.

#### **Metodología**

Es un estudio descriptivo retrospectivo de una serie de casos, la población estuvo constituida por pacientes adultos sometidos a circulación extracorpórea, en los cuales se evaluaron parámetros sanguíneos e hídricos antes, durante y después de la derivación cardiopulmonar.

#### **Resultados**

El promedio de edad fue de 51 años con desviación estándar de 16,64, el peso fue de 58,4 Kg. con desviación estándar de 14,02. El análisis estadístico aplicado para comparar las variaciones entre los diferentes parámetros se hizo utilizando la prueba signada de Wilcoxon, encontrándose que la variación entre HB preoperatorio y postoperatoria demostró una reducción significativa en 28 casos y 2 presentaron aumento posquirúrgicos. Se comportó similar el HTO preoperatorio y postoperatorio con una reducción significativa en 31 casos, aumentó en 3. Observamos un aumento en la HB postoperatoria respecto a la perioperatoria en 23 casos, disminuyó en 3 y continuó estable en 8. La variación entre el HTO perioperatorio y el postoperatorio arrojó un aumento en el valor posquirúrgico en

27 casos, disminuyó en 3 y 4 continuaron iguales. El 91,2% de los pacientes tuvieron Balance Hídrico positivo y negativo el 8,8%. El promedio de líquidos administrados fue de 2754 ml y el de líquidos eliminados fue de 1734 ml. El 55,9% no requirió adiciones y sólo el 88,2% recibieron diuréticos.

### **Conclusiones**

Con la técnica de Ultrafiltración Convencional los valores de Hemoglobina previos a la circulación extracorpórea comparados con los posteriores al evento tienen una disminución significativa, comportándose de igual forma en los niveles de Hematocrito; demostrando esto que la técnica es beneficiosa pero no es totalmente eficaz para mantener éstos niveles. Durante el tiempo de circulación extracorpórea y posterior al evento, la tendencia cambió, los niveles posteriores fueron mayores en los valores de Hemoglobina y de Hematocrito, demostrando a éste nivel que la intervención en sí es beneficiosa y eficaz para el manejo de los pacientes aunque su uso no significó la reducción en el balance hídrico.

**Palabras Clave :** Circulación Extracorpórea, Bypass Cardiopulmonar, Hemodilución, Ultrafiltración Convencional, Hemofiltración, Balance Hídrico, Hemoglobina, Hematocrito.

## **SUMMARY**

### **IT INFLUENCES OF THE CONVENTIONAL HEMOFILTRACIÓN IN THE HEMODILUCIÓN OF THE PATIENTS SUBMISSIVE SURGERY OF HEART WITH EXTRACORPOREAL CIRCULATION. MEDELLIN CLINIC AND UNIVERSITY HOSPITAL SAN VICENTE OF PAÚL MEDELLIN. JANUARY TO DECEMBER OF 2003.**

#### **Introduction**

The Hemodilution technique it produces positive and negative effects, in surgeries of opened heart, it applies for the control of the volume of flowed and the post operating increase of Hemoglobin and Hematocrit. Hay information of its advantages like the reduction of the systemic inflammatory answer and the later immunological activation to the Extracorporeal Circulation. The objective of the study was to evaluate the influence of the hemofiltration technique conventional like method of control of the Hemodilution in the patients put under extracorporeal circulation.

#### **Methodology**

It is a descriptive study retrospective of a series of cases, the population was constituted by adult patients submissive extracorporeal circulation, in which they before evaluated sanguineous and hydric parameters, during and after derivation to cardiopulmonar.

#### **Results**

The average of age was of 51 years with standard deviation of 16.64, the weight was of 58.4 kg. with standard deviation of 14,02. The statistical analysis applied to compare variations between the different parameters were done using the test signed of Wilcoxon, being that the variation between preoperating HB and post operating it demonstrated a significant reduction in 28 cases and 2 presented/displayed increase posquirurgics. Similar behaved the HTO preoperating and post operating with a significant reduction in 31 cases, it increased in 3. We observed an increase in the post operating HB with respect to perioperating in 23 cases, diminished in 3 and continued stable in 8. The variation between the HTO perioperatorio and the post operating one threw an increase in the posquirurgics value in 27 cases, it diminished in 3 and 4 continued

equal. 91.2% of the patients they had positive and negative Hydric Balance 8,8%. The average of liquids administered milliliters was of 2754 and the one of 1734 eliminated liquids was of milliliters. 55,9% did not require additions and only 88.2% received diuretics.

## **Conclusions**

With the technique of Conventional Ultrafiltración the values of Hemoglobin previous to the extracorporeal circulation compared with later to the event they have a significant diminution, behaving of equal form in the levels of Hematocrit; demonstrating this that the technique is beneficial but he is not totally effective to maintain these levels. During the time of extracorporeal circulation and subsequent to the event, the tendency it changed, the later levels were greater in the values of Hemoglobin and of Hematocrit, demonstrating at this one level that the intervention in himself is beneficial and effective for the handling of the patients although its use it did not mean reduction in the hydric balance.

**Words Key:** Extracorporeal Circulation, Bypass Cardiopulmonar, Hemodilución, Conventional Ultrafiltración, Hemofiltración, Hydric Balance, Hemoglobin, Hematocrit.

## INTRODUCCIÓN

Desde los años 50, con el inicio de la técnica de circulación extracorpórea; los pacientes sometidos a esta práctica clínica han estado expuestos a diferentes cambios tanto en la fisiología cardíaca como en la orgánica por consecuencia inmediata de la derivación cardiopulmonar; siendo la hemodilución una de las alteraciones más importantes, cuyo objetivo es evitar al máximo la utilización de hemoderivados en el primado del circuito extracorpóreo y disminuir la necesidad de administrar estos durante el curso de la derivación cardiopulmonar, por la administración pre bypass de soluciones endovenosas y de soluciones cardiopléjicas, en el tiempo de pinzamiento aórtico, que pueden llevar al paciente a riesgo de sobrecarga hídrica y desencadenar a su vez edema pulmonar y corporal.

En la actualidad la técnica de hemodilución, se ha generalizado su aplicación a nivel mundial, produciendo a su vez efectos positivos y negativos. Con la utilización de ésta técnica limitamos el uso de hemoderivados en el proceso del primado y obtenemos la reducción de la viscosidad sanguínea y como ganancia el aumento del flujo microvascular, de la oxigenación tisular por la entrega de oxígeno a los tejidos con mayor facilidad, del gasto cardíaco, del retorno venoso y el vaciamiento de las cámaras cardíacas.

Esta hemodilución es la principal causa de retención de líquidos durante circulación extracorpórea, ya que disminuye la presión oncótica coloidal en el plasma, que se relaciona con una disminución de las proteínas plasmáticas principalmente la albúmina.

La aplicación de técnicas de Hemofiltración en cirugías de corazón abierto, comenzó a partir de los años 70, con el propósito de controlar el volumen de fluidos en el organismo y mantener rangos seguros de hemodilución provocados por la circulación extracorpórea, produciendo aumento en los niveles de Hemoglobina y Hematocrito en el postoperatorio. A partir de los años 90, se obtienen informes de las ventajas para el uso de la hemofiltración en la disminución de la respuesta inflamatoria sistémica posquirúrgica de bypass cardiopulmonar y en la activación inmunológica.

Nos cuestionamos entonces, cuál es el cambio en los niveles de la Hemoglobina y el Hematocrito en los pacientes sometidos a cirugía cardíaca con Circulación extracorpórea con la utilización de la técnica de Hemofiltración.

## **JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad un gran número de estudios han demostrado la efectividad de la técnica de hemofiltración, llegando a conclusiones acertadas sobre el control de la hemodilución, su efecto en el reestablecimiento de los valores basales de Hemoglobina y Hematocrito del paciente y el control de fluidos. Se ha establecido el protocolo en cirugía de circulación extracorpórea en pacientes neonatos, infantes y adultos, demostrando ser una técnica con excelentes resultados y sin efectos adversos.

En la literatura actual existe variedad de artículos relacionados con el tema y en nuestra práctica diaria utilizamos la técnica, pero hasta el momento en nuestro país no se ha demostrado estadísticamente la eficacia de la hemofiltración convencional, queremos por este motivo dar a conocer la influencia de la técnica demostrando los beneficios que puede tener ésta intervención.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la influencia del uso de hemofiltración convencional en el mejoramiento de las condiciones de los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, en términos de hemoglobina, hematocrito y balance hídrico?

# 1. OBJETIVOS

## 1.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la técnica de hemofiltración convencional como método de control de la hemodilución en los pacientes sometidos a circulación extracorpórea.

## 1.2. Objetivos Específicos

- ❖ Describir las condiciones sociodemográficas y clínicas de los pacientes.
- ❖ Comparar la variación en los valores pre e intraoperatorios de hemoglobina y hematocrito con los valores obtenidos posterior a la utilización de la técnica de hemofiltración convencional.
- ❖ Calcular el balance hídrico de los pacientes con la utilización de la técnica de hemofiltración convencional teniendo en cuenta la administración de líquidos intraoperatorios, el primado del circuito extracorpóreo y la eliminación.
- ❖ Comparar el balance hídrico y los niveles de hemoglobina y hematocrito después de la medida terapéutica.
- ❖ Comparar las variaciones obtenidas en las condiciones clínicas de los pacientes.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. LÍQUIDO CORPORAL

#### 2.1.1. Distribución del líquido corporal

Agua corporal total: la cantidad total de agua en un varón de peso medio (70 Kg.) es de unos 40 litros, constituyendo un 57% de su peso total. En un niño recién nacido este porcentaje puede llegar a ser hasta de 75%, disminuyendo progresivamente desde el nacimiento hasta la vejez.

El líquido corporal se divide en dos reservorios principales:

- Intracelular (60%).
- Extracelular (40%).

El líquido extracelular, constituyen entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{4}$  del líquido total del cuerpo, se divide en:

- Intravascular.
- Intersticial (75%).

El plasma es el líquido que se encuentra en el sistema vascular, en cambio el líquido intersticial es el que rodea a las células.

El líquido extracelular esta en constante movimiento a través del cuerpo, sirve como sistema de transporte para los nutrientes y los productos de desecho desde y hacia las células. Este movimiento lo realiza en dos etapas:

1. Conlleva el movimiento circular de la sangre por el sistema circulatorio.
2. Movimiento de líquido entre los capilares sanguíneos y las células.

El funcionamiento corporal normal necesita que el volumen de cada comportamiento permanezca relativamente constante.

El personal de enfermería debe ser consciente de las cantidades anormales de secreción y excreción del organismo. Las pérdidas excesivas pueden reducir seriamente en primera instancia el volumen de líquido extracelular y en segundo nivel el volumen intracelular.

En algunas enfermedades aparecen excesos o deficiencias de líquido corporal, como es el caso de pacientes que se encuentren en estado de falla cardíaca, los cuales pueden retener líquido en los tejidos y sufrir exceso de volemia; por el contrario en pacientes con enfermedad renal puede que sea incapaz de excretar la cantidad necesaria de líquido y presentar por ello exceso de volumen.

### **2.1.2. Composición electrolítica de los líquidos corporales.**

La composición electrolítica varía de un compartimiento a otro. Los iones principales del líquido extracelular son el sodio, el cloro, bicarbonato además de nutrientes para las células, como oxígeno, glucosa, ácidos grasos y aminoácidos. También contiene dióxido de carbono, que se transporta desde las células hasta los pulmones para ser eliminado, y otros productos celulares que se transportan a los riñones para su excreción. Los del líquido intracelular son el potasio, el fosfato y magnesio.

La composición iónica de los dos reservorios de líquido extracelular (intravascular e intersticial) es similar; la diferencia principal es que el líquido intravascular (plasma) tiene mayor cantidad de proteínas que el líquido intersticial. Las partículas de proteínas tienen dificultad para pasar a través de las membranas vasculares (capilares) al interior del líquido intersticial. Los demás electrolitos se mueven con facilidad entre estos dos compartimentos extracelulares.

La cantidad de proteínas en el plasma juega un papel significativo en el mantenimiento del volumen de líquido intravascular y de la presión arterial. Cuando la cantidad de proteínas es baja en el organismo, el volumen sanguíneo disminuye considerablemente y da como resultado un estado de hipotensión. Esto se pone en manifiesto en personas con enfermedades hepáticas que son incapaces de producir cantidades suficiente de proteínas plasmáticas.

### **2.1.3. Movimiento de líquidos.**

#### **2.1.3.1. Ósmosis:**

Proceso de difusión de agua dependiente de un gradiente de concentración.

Se refiere al movimiento de agua a través de las membranas celulares. La dirección del flujo va desde la solución menos concentrada a la de mayor concentración. El agua va a donde hay más soluto. Los solutos pueden ser cristaloides o coloides.

#### **2.1.3.2. Osmolaridad:**

Es la medida de una concentración de una solución. Expresada como osmoles por litro de solución. Los osmoles es la capacidad de los solutos para causar ósmosis y presión osmótica, es una medida del número total de partículas.

Hay diferentes clases de soluciones:

- 1. Soluciones isotónicas:** Que tienen la misma concentración de solutos que el plasma sanguíneo.
- 2. Soluciones hipotónicas:** Tienen una concentración de solutos menor que el plasma sanguíneo.
- 3. Soluciones hipertónicas:** Tienen una concentración de solutos mayor que el plasma.

Las soluciones se mueven a través de las membranas celulares de una solución menos concentrada a la más concentrada.

### **2.1.4. Presiones de los líquidos.**

- 1. Presión osmótica:** Es la cantidad de líquido requerida para detener totalmente o prevenir el flujo osmótico del agua entre dos soluciones.
- 2. Presión oncótica:** Es la fuerza de tracción ejercida por los coloides (por ejemplo, albúmina en plasma) que ayuda a mantener el contenido de agua de la sangre en el espacio intravascular.

- 3. Presión hidrostática:** Es la presión ejercida por un líquido dentro de un sistema cerrado. Así pues, la presión hidrostática de la sangre es la fuerza ejercida por la misma en contra de las paredes vasculares.

#### **2.1.5. Pérdidas de líquidos.**

El canal principal para la excreción son los riñones. Las otras vías de pérdidas de líquidos son:

- Pérdidas insensibles con la respiración a través de los pulmones como vapor de agua en el aire espirado.
- Pérdida notable a través de la piel como sudor.
- Pérdida a través de los intestinos en las heces.
- Otras pérdidas pueden ser los vómitos, aspiraciones gástricas, drenajes, fístulas y heridas.

El aumento de la frecuencia respiratoria, fiebre, diarrea pueden aumentar la pérdida de líquido (10).

#### **2.1.6. Desequilibrio del volumen de líquidos.**

El déficit de líquido extracelular también se conoce como hipovolemia o deshidratación.

El déficit de líquido extracelular ocurre generalmente como resultado de pérdidas anormales a través de la piel, tracto gastrointestinal, o el riñón, disminución de la ingesta de líquidos, sangrado, o paso de líquido al tercer espacio.

El paso al tercer espacio es la entrada de líquido en espacios del organismo tales como el espacio intersticial, pleura, peritoneo, pericardio, espacio articular.

Ocurre en los quemados, traumatismos, después de cirugía abdominal y puede conducir a hipovolemia fracaso renal y shock.

Éste tercer espacio aparece cuando en la lesión tisular aumenta la permeabilidad capilar de la membrana, esto permite no solo a los líquidos sino a las proteínas

plasmáticas salir de los capilares y pasar al espacio intersticial. El movimiento de las proteínas disminuye la presión osmótica plasmática y aumenta la fuerza intersticial osmótica empujando aun más al líquido a salir del plasma e ir al intersticio.

Exceso de líquido extracelular: Se define como el exceso de volumen líquido; puede conducir a hipervolemia, sobrecarga circulatoria y edema (exceso de líquido en los tejidos del organismo).

<b>SIGNOS CLÍNICOS</b>	
<b><i>DÉFICIT DE LÍQUIDO</i></b>	<b><i>EXCESO DE LÍQUIDO</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipotensión postural.</li> <li>• Pérdida de peso.</li> <li>• Sequedad de mucosas.</li> <li>• Disminución de la turgencia tisular.</li> <li>• Pulso débil y rápido.</li> <li>• Globos oculares hundidos.</li> <li>• Oliguria.</li> <li>• Palidez de la piel.</li> <li>• Hallazgos de laboratorio:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Aumento de la densidad urinaria.</li> <li>b) Aumento del hematocrito.</li> <li>c) Disminución de la PVC.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edema periférico.</li> <li>• Ganancia de peso.</li> <li>• Dilatación de las venas del cuello.</li> <li>• Crepitantes húmedos en los pulmones.</li> <li>• Dilatación de las venas periféricas.</li> <li>• Ascitis.</li> <li>• Pulso lleno.</li> <li>• Hallazgos de laboratorio:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Disminución del hematocrito.</li> <li>b) Disminución del BUN debido a la dilución</li> </ul> </li> </ul>

El edema también puede afectar los espacios:

1. A nivel Intracelular; existen dos situaciones principales:

- ❖ Depresión de los sistemas metabólicos tisulares
- ❖ La falta de una nutrición adecuada a nivel celular. Esto ocurre principalmente en aquellas zonas del organismo donde disminuye el flujo sanguíneo local y la llegada de oxígeno y nutrientes es demasiado baja para mantener el metabolismo tisular normal, lo que altera los sistemas transportadores iónicos de membrana, especialmente la bomba que extrae sodio del interior celular.

Cuando entra la bomba es incapaz de volverlos a sacar, aumentando la concentración intracelular de sodio la consecuencia es un movimiento de agua hacia el interior de las células, debido a la osmosis.

2. A nivel Extracelular:

- ❖ Hay salida anormal de líquido desde los capilares sanguíneos o por un fallo del sistema linfático para recuperar el líquido intersticial.
- ❖ Por retención de sal y agua (1).

## **2.2. HEMODILUCIÓN**

### **2.2.1. Generalidades**

Nos referimos al término hemodilución como la dilución de los constituyentes de la sangre, sea ya de forma intencional como una alternativa terapéutica, en la cual la pérdida es controlada causando un descenso del hematocrito no menor del 25%; o como la consecuencia de una emergencia presentada ante la pérdida masiva de hemocomponentes, ocasionando una pérdida extrema de los componentes sanguíneos, produciendo generalmente un descenso en el nivel del hematocrito hasta de un 50% ó más, respecto al valor de base.

Ésta alteración sea o no terapéutica, conlleva a múltiples cambios intrínsecos a nivel orgánico; como respuesta a la dilución sanguínea, entre los cuales se encuentran:

- Cambios Hemorreológicos : Se observa afectada la viscosidad sanguínea, la cual se refiere a la fricción que ejercen entre sí las moléculas, aplicada generalmente a los líquidos, que son gobernados por las leyes de los fluidos descritas por Hagenbach en el año de 1960, quien expresa que “La cantidad de líquido que fluye a través de un capilar en una unidad de tiempo y bajo una constante presión, es directamente proporcional a la presión y a la potencia del radio capilar, e inversamente proporcional a la viscosidad del líquido y la longitud del capilar”, explicándose que en los fluidos como el agua que posee mínima viscosidad se denominan “fluidos newtonianos” y los fluidos como la sangre que poseen solutos y solvente se les conoce como “fluidos no newtonianos”(2)

En términos generales la viscosidad sanguínea se determina por factores como son el hematocrito, la agregación y la flexibilidad eritrocitaria, la agregación plaquetaria y la viscosidad del líquido plasmático; los tres primeros factores poseen viscosidad individual y se relacionan estrechamente con la composición de cada una de sus membranas; por su parte la viscosidad plasmática se determina por la carga de moléculas que posea internamente y a su vez por el tamaño de éstas, es el caso de fibrinógeno como sustancia de gran tamaño, las  $\alpha$ -2 macroglobulinas, los lípidos y las proteínas, que ejercen su efecto en la viscosidad al aumentarla. El papel de la HD en la viscosidad sanguínea es la disminución sustancial que produce por descenso del hematocrito, logrando disminuir la formación de los agregados eritrocíticos, causando mayor deslizamiento de la sangre a través de la red de microcapilares presentes en la circulación sanguínea; a nivel de la viscosidad plasmática ejerce su acción diluyendo las proteínas en tal líquido (3).

- Efecto en el Gasto Cardíaco y el Flujo Sanguíneo: Al presentarse una disminución sea de carácter intencional o emergente, se produce un descenso abrupto en los niveles del hematocrito, ocasionando un incremento en el gasto cardíaco por acción directa en el volumen latido el cual se observa aumentado como consecuencia del aumento en el retorno venoso, aunque presenta también una leve modificación en la frecuencia cardíaca.
- Flujo microcirculatorio y Oxigenación tisular : como consecuencia de la reducción de la masa globular y de la concentración de hemoglobina, se ejerce un efecto directamente proporcional en el contenido arterial de oxígeno, el cual puede llevar a la Hipoxia tisular, complicación que se compensa fisiológicamente por tres mecanismos específicos, que son:

- Incremento de la velocidad del flujo sanguíneo: el cual compensa la reducción en el transporte de oxígeno por medio del aumento en la velocidad de la entrega de éste mismo a los tejidos.
- Aumento de la extracción tisular de oxígeno, mecanismo celular que permite captar la mayor cantidad posible de éste.
- Desplazamiento de la curva de la disociación de la hemoglobina hacia la derecha que se traduce en una mayor entrega de oxígeno a los tejidos por reducción en la afinidad de la oxihemoglobina.
- Extracción tisular de Oxígeno: Aunque la capacidad de transporte de oxígeno por parte de la hemoglobina se determina por el flujo sanguíneo y el contenido arterial de oxígeno, se ha demostrado que la oxigenación tisular se realiza de una forma más homogénea en casos de hemodilución, explicándose éste efecto por un incremento de la afluencia de eritrocitos a nivel tisular.

En la práctica clínica la técnica de la Hemodilución se ha aceptado de manera muy amplia, teniendo en cuenta al ser utilizada bajo indicaciones específicas como lo son:

- La realizada en casos de urgencia hipovolémica que se efectúa con el fin de sustituir el volumen intravascular perdido a causa de la pérdida masiva de sangre.
- La alternativa terapéutica denominada hemodilución intencional; aplicada en el área médica y en la quirúrgica.

En el área quirúrgica ésta técnica ha sido ampliamente utilizada con el objetivo de reducir la necesidad de usar sangre en el cebado del sistema (tubería y oxigenador) en la circulación extracorpórea para la cirugía cardiaca con bypass cardiopulmonar, obteniendo desde entonces un lugar bien definido en éste tipo de procedimientos, generalizándose su aplicación y extendiéndose a otras ramas de la cirugía ofreciendo grandes ventajas para el manejo quirúrgico de los pacientes; como son:

- Reducción utilización sangre homóloga
- Mejoramiento a nivel hemodinámico
- Disminución de las pérdidas sanguíneas
- Reducción de la incidencia de eventos tromboticos y embólicos perioperatorios.

En el área quirúrgica ésta técnica ofrece ventajas a nivel fisiológico que tiene su efecto cardíaco lo cual llevaría a una reducción de las complicaciones que podrían presentarse en éste sistema. Entre las ventajas encontramos:

- Reducción de la viscosidad sanguínea
- Aumento del flujo tisular
- Mejoramiento en la entrega de oxígeno a nivel tisular
- Aumento del gasto cardíaco
- Vaciamiento completo del corazón
- Aumento del retorno venoso
- Mejoramiento de la perfusión capilar del músculo esquelético
- Aumento de la irrigación sanguínea cerebral

La utilización de ésta técnica de extracción sanguínea preoperatorio aguda y su consiguiente almacenamiento, ha sido extendida a otras especialidades quirúrgicas, empleándose con buenos resultado en pacientes en quienes se calcula una pérdida de sangre transoperatoria de 1000 a 2000 ml, con valores de Hematocritos altos (mayores de 34%), clasificación sanguínea escasa o regiones endémicas en las cuales las enfermedades transmisibles por transfusión presentan un alto riesgo de morbimortalidad. Entre las clases de procedimientos quirúrgicos en los cuales se ha llevado a cabo ésta técnica se incluyen:

- Cirugía neurológica
- Cirugía urológica en casos de prostatectomía, reduciendo la morbilidad y la pérdida de volumen sanguíneo en el periodo perioperatorio.
- Endarterectomía Carotídea
- Cirugía Ortopédica de rodilla, cuyo objetivo es prevenir la incidencia de tromboembolismos postoperatorios.
- Cirugía Vascular
- Reemplazo total de cadera
- Histerectomía
- Cirugía por úlcera gástrica y duodenal

Las contraindicaciones de la hemodilución se centran básicamente en la necesidad de una función cardiaca adecuada como compensadora de la reducción del volumen y el consiguiente aumento de la frecuencia de contracción; por lo cual no se recomienda efectuar la técnica en pacientes que presenten patologías o alteraciones como :

- Cardiopatía isquémica con angina inestable
- Insuficiencia cardíaca
- Alteraciones en la función pulmonar y/o hepática (2).

### **2.2.2. Historia de la Hemodilución**

Desde los años 50 con el inicio de la técnica de Circulación Extracorpórea, los pacientes sometidos a ésta práctica clínica han sido expuestos a una gran variedad de cambios tanto en la fisiología cardíaca como en la orgánica por consecuencia inmediata de la derivación cardiopulmonar; presentándose la Hemodilución como una de las alteraciones de mayor impacto, cuya aplicación en éste tipo de cirugía ha sido llevada a cabo con el objetivo de evitar al máximo la utilización de hemoderivados para el primado del circuito extracorpóreo y disminuir la necesidad de recurrir a la adición de éstos hemocomponentes durante el curso de la derivación cardiopulmonar por técnicas como la administración de soluciones cardiopléjicas cristaloides y soluciones vía intravenosa antes del inicio del bypass cardiopulmonar; que llevan al paciente a un riesgo de sobrecarga de volumen intravascular con su consecuente edema celular y la disminución en el nivel del Hematocrito sanguíneo.

Con el propósito de controlar el volumen de fluidos en el organismo y mantener rangos seguros de la hemodilución provocada por la técnica extracorpórea, se comienza a aplicar la técnica de Ultrafiltración en cirugía cardíaca, la cual ha sido reconocida no solo como un excelente método de concentración sanguínea controlando el máximo volumen posible, sino también como técnica de conservación sanguínea a través de la preservación de elementos formes de la sangre como las plaquetas y los factores de coagulación, además sus recientes descubrimientos en el campo de acción de la disminución de la respuesta inflamatoria sistémica y la actividad inmunológica post CEC (4).

### **2.2.3. Transporte de Oxígeno**

Consideraciones en el transporte de Oxígeno:

- *Fisiología de la Hemoglobina:* El transporte de oxígeno se define como el movimiento de oxígeno molecular desde la atmósfera hasta la mitocondria celular como destino final; éste movimiento depende de factores entre los cuales se encuentra la disponibilidad de oxígeno en el medio en que se encuentre el organismo, el gasto cardíaco, el valor de hemoglobina en

sangre, la perfusión tisular y la habilidad de cada tejido para extraer oxígeno.

Para referirse a la Hemoglobina, se debe mencionar el Eritrocito como célula enucleada, en forma de disco bicóncavo, con tiempo de vida media de 120 días en circulación sanguínea cuya función principal es mediar el intercambio gaseoso entre el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> entre los tejidos y los pulmones. Su estructura externa está compuesta por una membrana plasmática la cual engloba una solución con proteínas y electrolitos, con un diámetro aproximado de 7.2 – 8.4 micrómetros, variando el número de eritrocitos en cada persona según la edad, el género y la altura sobre el nivel del mar. La forma bicóncava ofrece al eritrocito ventajas, entre ellas un área de superficie mayor, lo que permite un mayor y más rápido intercambio de gases respiratorios, la gran capacidad de deformarse con la capacidad de pasar por capilares con diámetros hasta de 2,8  $\mu$ m, lo cual facilita el desplazamiento por los capilares sanguíneos de pequeño calibre. El eritrocito mantiene su forma por la acción de fuerzas en la membrana celular como son las fuerzas elásticas de la propia membrana, la tensión superficial, las fuerzas eléctricas en la superficie de la misma y las presiones hidrostáticas y osmóticas. En su estructura interna el eritrocito posee un citoesqueleto que le proporciona integridad estructural y la membrana celular que se constituye por:

- Lípidos (40%), constituida por fosfolípidos como la fosfatidilcolina, la fosfatidiletanolamina, que se encuentran en la capa interna y la esfingomielina y la fosfatidilserina que se encuentran en la capa externa de la membrana lipídica. Posee también colesterol aproximadamente en un 47% encontrándose en forma libre y los Glucolípidos con un 3,4% del total de la membrana.
- Carbohidratos (8%) como las glicoproteínas y los glicolípidos; y Proteínas (52%), su localización se dice que es integral porque atraviesan toda la membrana lipídica, entrando en contacto con el líquido intracelular y extracelular. Entre las proteínas “transmembrana” están: la Glicoforina A encargada de sostener los antígenos contra los grupos sanguíneos y se encuentra el sitio de unión para varios agentes patógenos. La Glicoforina B, homóloga de la Glicoforina A. Glicoforina C y D cuya función radica en la membrana celular del eritrocito, como sitio de almacenaje del citoesqueleto. La Banda 3 es una glicoproteína que atraviesa la membrana eritrocitaria, con funciones como el intercambio entre el Cloro y el Bicarbonato desde el líquido extracelular hacia el intracelular y sirve también de soporte al citoesqueleto. La proteína

Rh es la encargada de transportar el antígeno Rh (D, C y E), la Acuoporina 1 que contribuye al 85% de la permeabilidad del agua, presentándose en abundante cantidad en el eritrocito, La Glut denominada proteína transportadora de Carbohidratos que permite la entrada de glucosa como sustrato metabólico para la glicólisis anaeróbica. La Sodio Potasio ATPasa; proteína encargada de expulsar 3 moléculas de Na e ingresa 2 moléculas de K, requiriendo un gasto de energía, importante en la regulación de la función molecular, por último encontramos la UT o proteína transportada de Urea que ayuda a preservar la deformabilidad y estabilidad osmótica del eritrocito.

En cuanto a la Hemoglobina como proteína, encontramos que es la unidad más abundante del eritrocito, conformando alrededor del 90% del peso de éste; su función principal como se mencionó radica en que el transporte de O<sub>2</sub> se realice de una forma más eficiente, permitiendo cientos de veces más el transporte de O<sub>2</sub> del que puede ser transportado en forma disuelta en el plasma. Su P.M. es de 64500 Daltons con configuración esférica y un diámetro molecular de aproximadamente 6.4 u, estructuralmente conformada por cuatro polipéptidos (2- $\alpha$  y 2- $\beta$ ) que forman un tetrámero denominado "porción globina" y cada uno de éstos se une a un grupo "hem" que consta de una molécula de hierro y una de Protorfirina IX con cuatro anillos pirrólicos.

Entre las hemoglobinas del adulto encontramos la Hb A producida en la médula ósea y corresponde al 96% de la Hb total del adulto, la Hb A2 conformada por dos cadenas  $\alpha$  y dos delta, correspondiendo al 3,5% de la Hb del adulto, la Hb Glicosilada que corresponde al 3,5% de la Hb del adulto y su concentración es directamente proporcional a la concentración de glucosa sanguínea en los 2 o 3 meses previos a la momento de la medición; por último la Hb S que es una variabilidad anormal que causa drepanocitemia, formando bastones en el interior de eritrocito con una menor afinidad por el O<sub>2</sub>.

La hemoglobina esta conformada por la porción globina con dos cadenas polipeptídicas alfa, de 141 aminoácidos y dos betas, de 146 aminoácidos. La estructura primaria ha sido determinada basada en la secuencia del DNA, la estructura secundaria es muy similar, alrededor del 75% de los aminoácidos de las cadenas alfa y beta están organizadas en forma helicoidal, cada globina tiene ocho segmentos helicoidales nombrados de las letras A hasta la H. Los segmentos son iguales en longitud en las cuatro cadenas, excepto para la D que consta de siete aminoácidos en las

cadenas beta, y de solo dos en la cadena alfa, interpuesto entre estos segmentos helicoidales hay siete segmentos no helicoidales: NA-AB-CD-EF-FG-GH y HC.

La estructura terciaria incluye la porción Hemo, este es el sitio que involucra la unión del oxígeno a la proteína, esta porción está localizada en una hendidura no polar, entre los hélices E y F, mientras que las hélices B, G y H constituyen el piso del bolsillo. El hierro del grupo hemo forma uniones covalentes con el nitrógeno proximal de la histidina en F8 y fuerzas de Van der Waals con otras partes de la molécula. La unión de una molécula de oxígeno a la porción hemo permite cambios conformacionales que facilita la unión de las otras moléculas de oxígeno.

La molécula de hemoglobina tiene dos estructuras cuaternarias, dependiendo de si ella está oxigenada o desoxigenada, oxihemoglobina y desoxihemoglobina respectivamente.

El grado de saturación de la hemoglobina se relaciona con la presión de oxígeno, esta varía entre 100 mmHg en sangre arterial hasta 35 mmHg en sangre venosa. La relación entre  $P_{O_2}$  y saturación de la hemoglobina se observa en la curva de disociación de la hemoglobina. La afinidad de la hemoglobina por el oxígeno se expresa en términos de presión de oxígeno, así cuando está saturada el 50% se llama  $P_{50}$ , cuando la afinidad incrementa la curva se desplaza a la izquierda y el valor de  $P_{50}$  se reduce, es decir requiere menos presión de oxígeno para saturar la hemoglobina. Cuando disminuye la afinidad se desplaza a la derecha y  $P_{50}$  se incrementa (5).

Diferentes factores pueden modificar la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno: los cambios en el PH, con la disminución del PH disminuye la afinidad, lo que facilita la transferencia de oxígeno a los tejidos, cuyo PH es más bajo que la sangre arterial (6).

#### **2.2.4. Transporte de $CO_2$**

Cerca del 95% del  $CO_2$  que se produce en los tejidos ingresa al eritrocito, el 85% de este se convierte en bicarbonato por acción de la anhidrasa carbónica de la célula, el 10% restante se une al grupo amino Terminal de cada cadena polipeptídica para formar la carbaminohemoglobina, este proceso no requiere de enzimas, no se une directamente al hem y varía con el PH. El  $H^+$  es amortiguado por la desoxihemoglobina en los eritrocitos. El bicarbonato se intercambia por  $Cl^-$

a través de la banda tres, y se transporta en el plasma. El 5% del CO<sub>2</sub> que no ingresa a la célula se transporta disuelto en el plasma.

### **2.2.5. Metabolismo energético**

La energía producida por el eritrocito es necesaria para mantener: el hierro de la hemoglobina en estado reducido, Una concentración intracelular alta en potasio y baja en sodio y calcio, por medio de las bombas sodio-potasio y calcio, los grupos sulfidrilos de las enzimas celulares, la hemoglobina y Las proteínas de la membrana en forma reducida (activa), y la forma bicóncava de la célula.

El ingreso de glucosa al eritrocito se realiza por transporte mediado por el GLUT1, la energía producida a partir de este sustrato se obtiene por las vías de la glicólisis anaeróbica (90%) y la vía aeróbica de las pentosas (10%).

### **2.2.6. Destrucción de los eritrocitos**

El eritrocito adolece de la capacidad de auto reparación. A medida que transcurre su ciclo vital disminuye la actividad de algunas enzimas del metabolismo energético, disminuyen también las concentraciones de potasio y calcio y aumenta la de sodio. Se pierde la membrana y se disminuye el volumen celular, lo que aumenta la vulnerabilidad a la lisis osmótica.

Sin embargo parece que el mecanismo de destrucción mas frecuente es la fragmentación, es decir, la pérdida de una porción de la membrana eritrocitaria pero sin pérdida de hemoglobina al plasma (5).

## **2.3. ULTRAFILTRACIÓN**

### **2.3.1. Antecedentes históricos**

La idea del uso de la ultrafiltración de la sangre fue introducida inicialmente por trabajos experimentales en animales a fines de la década de 1920. El concepto de remoción de exceso de fluido renal desde el espacio intravascular de pacientes en falla renal por la filtración de sangre a través de una membrana ultraporosa

data de 1928. Brull L. publicó en 1928 un trabajo que se llamó "Realización de ultrafiltración in vivo". Geiger A. publicó en 1931 "Método de ultrafiltración in vivo". Ellos realizaron ultrafiltración de sangre en perros, obteniendo pequeños volúmenes para analizar. Manilow en 1947 realiza la primera hemofiltración en perros para el tratamiento de la uremia, usando membranas de celofán. En esos momentos tiene auge y desarrollo la hemodiálisis a partir de la creación del riñón artificial por W. Kolff en Holanda y de Alwall en Lund, Suecia (7-8).

Sin embargo la aplicación clínica de la técnica de ultrafiltración no ocurrió sino hasta los años 50 y 60, cuando se desarrolló el dispositivo de filtración para la remoción efectiva, de fluido en pacientes sobre hidratados con deterioro renal. (6).

El verdadero desarrollo de la hemofiltración comienza en 1966 cuando en Estados Unidos y en Alemania en forma independiente se producen membranas sintéticas de alta permeabilidad hidráulica.

Henderson a partir de 1967 y Silverstein en 1974, usaron la ultrafiltración de la sangre para el tratamiento de la sobre hidratación y de la uremia, realizando varias publicaciones. Durante los años 70 se refinó la técnica de ultrafiltración y se usó por primera vez esta técnica como parte de un procedimiento quirúrgico de corazón abierto. El uso de la ultrafiltración durante cirugía a corazón abierto fue inicialmente restringido para los pacientes con hemodilución severa. Es un método para concentrar la sangre que permanece en el circuito extracorpóreo después de bypass cardiopulmonar. La ultrafiltración bajo estas circunstancias es eficaz en reducir la hemodilución y produce hemoglobinas altas en el postoperatorio (7-8).

En 1976 Burton crea el término "Hemofiltración" para esta nueva técnica de depuración convectiva. Pero la descripción clásica del método es dada por P. Kramer, quien en Gottingen (Alemania) desarrolla la técnica de la Hemofiltración continua arterio-venosa (CAVH), usando un circuito extracorpóreo, con circulación arterio-venosa y producción de ultrafiltrado.

La publicación de Kramer fue llamada "Hemofiltración arteriovenosa: un nuevo y simple método para el tratamiento de los pacientes con sobrehidratación resistente a diuréticos". Reporta 12 pacientes críticos tratados con este método. El método descrito por Kramer consiste en el uso de arteria y vena femoral, canalizadas por técnica de Seldinger y circuito extracorpóreo con filtro de Polysulfona, perfundido por la sangre a caudales de 75 a 150 ml/min., obteniendo un volumen de ultrafiltrado de 200 a 600 ml/hora y utilizando anticoagulación continúa con la administración de heparina en dosis de 1000 a 1500 unidades/hora.

El gran potencial del método para el tratamiento del fracaso renal agudo en pacientes críticos, comienza a difundirse y se suceden múltiples trabajos y

publicaciones. El hospital Mount Sinai de New York, presenta su experiencia con el método, de la mano de J. Bosch y C. Ronco verdaderos pioneros en la aplicación de terapias continuas de reemplazo renal (CRRT). Se introducen modificaciones tendientes a aumentar la eficiencia depuradora del método, que en pacientes hipercatabólicos resultaba insuficiente. Por lo tanto fue necesario incrementar el volumen del ultrafiltrado, pero con simultánea reposición de fluidos. Se producen filtros con cambios en su geometría, fibras más cortas, pero de mayor diámetro y líneas de sangre más cortas, con el objeto de crear mayor flujo y menor presión, para aumentar la eficiencia y disminuir los episodios de coagulación del sistema. Para 1979 la aplicación de la técnica de ultrafiltración con circulación extracorpórea es extendida a usar durante periodos de bypass, aunque las aplicaciones específicas son inicialmente limitadas a pacientes con compromiso de la función renal. Para estos pacientes la ultrafiltración es elegida como una alternativa de hemodiálisis para manejar la homeostasis de los fluidos (8).

En 1980 el uso de la ultrafiltración durante cirugías de corazón abierto se difundió desde centros académicos aislados dentro de la práctica clínica general.

En un principio se usaba en los pacientes con falla renal. La ultrafiltración es un método fácil que permite controlar el volumen en esos pacientes. Después del uso inicial con pacientes con falla renal, la ultrafiltración fue secundariamente reconocida como un excelente método para concentrar la sangre hemodiluida en pacientes normales que tienen sobrehidratación.

Además el uso del método de ultrafiltración finalmente llevó a la realización no solamente del control posible de volumen, sino que sirvió como un método efectivo para conservar sangre por la preservación de plaquetas y factores de coagulación (7).

En 1982 el grupo del Hospital de la Universidad de Hamburgo presenta la técnica veno-venosa de hemofiltración, con la utilización de bomba de sangre. Esta técnica permite superar los problemas del acceso arterial e independiza el tratamiento de la tensión arterial del paciente, mejorando francamente la eficiencia en los que existe inestabilidad hemodinámica y permite rangos de ultrafiltrado de 1000 ml/hora o mayores, mejorando así la remoción de solutos. Leape y col. en 1984 presentan el uso de doble bomba para el mejor control de la alta ultrafiltración y reposición de fluidos. Para incrementar la remoción de solutos C. Ronco y R. Geronemus en forma independiente introdujeron al método el agregado de solución de diálisis. Geronemus (Florida) utilizó membranas de Cuprofan, de baja permeabilidad en tratamiento continuo con solución de diálisis a flujo lento, obteniendo un clearance predominantemente por difusión y con baja cantidad de ultrafiltrado. De esta forma describió la Hemodiálisis continua arterio-venosa, trabajo éste que publicó en 1984.

Ronco (Vicenza) utilizó membranas de Polysulfona, filtros de alta permeabilidad, fabricados para el método de hemofiltración y que contaban con una sola salida para el drenaje del ultrafiltrado, por lo cual fue necesario proveerlo de otro conducto para poder realizar el pasaje continuo de solución de diálisis. Inicialmente fue realizado artesanalmente y luego se agregó esta modificación a los hemofiltros en forma general. El pasaje de solución de diálisis a flujo lento le adicionó al procedimiento una mayor remoción por difusión de solutos, pero conservando alto volumen de ultrafiltrado y por lo tanto de depuración convectiva. Describió entonces la Hemodiafiltración. Trabajo publicado en 1985.

El entusiasmo creciente con la potencialidad de estas terapias motivó el incremento de su utilización y la publicación de numerosos trabajos, desde mitad de la década del 80 y en los 90. Son algunas de las publicaciones más frecuentes las de C.Ronco (Vicenza, Italia) R.Geronemus (Florida, USA), R.Bellomo (Melbourne, Australia), P.Kramer (Gottingen, Alemania), E.Paganini (Cleveland, EE.UU. y Hakim, Sigler, Teehan, Manns, Metha, y otros. En la República Argentina comenzó la utilización de estos métodos en el comienzo de la década del 80, siendo los primeros reportes de Pérez Loredo y col. y Zucchini y col“(8).

En 1990 la lista de indicaciones y ventajas para el uso de la ultrafiltración continúa creciendo:

- ❖ Un papel muy grande fue asignado a la ultrafiltración, reduciendo la respuesta inflamatoria post bypass cardiopulmonar y la activación inmunológica.
- ❖ La disminución en la activación del complemento y respuesta inflamatoria con ultrafiltración es asociada con mejoramiento postoperatorio pulmonar, cardíaco y función neurológica (7).

En el campo de la perfusión se han desarrollado varias técnicas para evitar la sobrecarga de líquidos corporales, algunas medidas tomadas pueden ser optimizar las técnicas de bypass cardiopulmonar con mantenimiento de un adecuado flujo para la temperatura, asegurando una distribución de perfusión uniforme con ayuda de drogas vasodilatadores, minimizando el volumen de primado de la bomba y usando una apropiada solución de primado. El exceso de fluido puede ser excretado por los riñones por estimulación de diuréticos y/o bajas dosis de inotrópicos. Algunas veces estas técnicas no producen el resultado deseado y se requiere diálisis peritoneal, algunos con resultados dramáticos, finalmente se ha desarrollado la técnica de ultrafiltración.

La hipotermia es una parte integral del bypass cardiopulmonar, proporciona el control de la temperatura tisular y su influencia en la rata metabólica, algunas

veces esto puede resultar en vasoconstricción generalizada y en un aumento de la hemodilución, la viscosidad de las células sanguíneas en la microcirculación y potencialmente baja perfusión tisular. Estos cambios pueden empeorar cuando se baja la temperatura y la hemodilución se emplea para contrarrestar los cambios producidos por la hipotermia.

Los límites aceptables más comunes de hematocrito durante bypass han cambiado a través de años en una tentativa de minimizar el uso de sangre donada. La limitación en el uso de bajos hematocritos durante bypass no se debe a poca capacidad de transporte de oxígeno, pero sí a una inaceptable caída en la presión coloidosmótica. Se puede decir que el bypass se puede mantener dentro de rangos aeróbicos a pesar de un bajo valor de hematocrito. La desventaja de usar bajos hematocritos es volver a sus niveles normales en la normotermia al finalizar el bypass

### **2.3.2. Principios de la ultrafiltración**

La ultrafiltración es un proceso selectivo de separación, el principio primario de la técnica es la selección de líquido plasmático y solutos de bajo peso molecular, en la cual los fluidos son pasados del espacio intracelular, al otro lado por una membrana porosa y en el cual partículas con una masa molecular menor que la medida de los poros de la membrana son filtrados por un gradiente de presión transmembrana (100 a 500 mm Hg), encargada de dar la fuerza suficiente a nivel hidrostático y producir diferencia entre éstas presiones para llevar a cabo el proceso total. En el cuerpo humano bajo condiciones fisiológicas óptimas, la diferencia entre la presión arterial y la presión venosa sanguíneas normalmente es de 100 mmHg, generando esto el movimiento de partículas a través de la membrana, se aplica esto con la presión negativa ejercida en un lado de la membrana que se denomina "puerto de salida" o por el aumento de la Presión de Perfusión durante la fase de circulación extracorpórea para generar una diferencia aún mayor de presiones. A diferencia de la hemodiálisis, la técnica de ultrafiltración es simplificada para eliminar los requerimientos de una solución dializadora.

Una variedad de membranas son usadas para la construcción de hemofiltros y estas pueden ser también como tipo de láminas paralelas o como fibras huecas para ultrafiltros de tipo capilar. Los diferentes materiales usados para construir las fibras en los filtros de fibra hueca difieren en sus propiedades en activación trombogénica, leucocitaria y activación del complemento. Un número de factores determinan la rata de ultrafiltración a través del filtro:

1. Presión transmembrana: (TMP) determina la máxima tasa de filtración, cuando se aplica una presión por encima de la permitida, las fibras huecas pueden romperse causando hemólisis.
2. Rata de flujo sanguíneo: una lenta rata de flujo sanguíneo a través del filtro resulta sumamente hemoconcentrado saliendo fuera del filtro. La hemoconcentración aumenta el potencial para hemólisis, al contrario una muy alta rata de flujo de sangre no permite suficiente tiempo para la hemoconcentración. La rata de flujo óptima para ultrafiltración durante bypass está entre aproximadamente 100ml/min. y 300ml/min.
3. Profundidad de los poros: espesor de la membrana.
4. Número de poros: área de superficie de la membrana.
5. Tamaño de los poros: composición de la membrana.
6. Hematocrito de la sangre: la sangre viaja a través de las fibras huecas del hemofiltro y este progresivamente hemoconcentra por lo tanto aumenta la viscosidad y la resistencia del flujo de la sangre también se aumenta, aumentando el potencial de hemólisis, por lo tanto para minimizar la hemólisis es necesario optimizar los gradientes de presión transmembrana y el flujo o rata sanguínea en relación con el hematocrito.

### **2.3.2.1. ULTRAFILTRACIÓN CONVENCIONAL**

En este método el hemofiltro es colocado con la entrada conectada a la línea arterial y la salida al reservorio venoso. La ultrafiltración usualmente es comenzada durante la fase de calentamiento, puede ser continuada hasta el final del bypass, en teoría una elevación gradual del hematocrito puede ser alcanzado cuando el paciente alcance la normotermia mejorando el potencial de entrega de oxígeno y la perfusión tisular. Como la sangre pasa a través de la línea arterial, a través del hemofiltro y va al reservorio venoso un volumen de filtrado aparece a través de la salida del hemofiltro.

Otra opción para el uso de la técnica convencional al inicio del bypass, se refiere a estudios recientes que han demostrado la disminución de la respuesta inflamatoria en estos pacientes.

### **2.3.2.2. ULTRAFILTRACIÓN MODIFICADA**

Denominada GOS, técnica que puede ser aplicada en algunos pacientes, en ésta el filtro es colocado en el circuito del bypass, aquí también la entrada es de la línea arterial y al salida del filtro es conectada a la línea venosa. La entrada de la tubería del filtro es una línea larga que es colocada a través de una bomba de rodillo (una bomba de aspiración o bomba de bypass normal), no solamente es conveniente sino que también hace más fácil el monitoreo de flujo a través del filtro. Esta bomba de rodillo permite el paso del flujo de sangre a través del filtro manteniendo un rango deseado de 10 a 15

### **2.3.3. BENEFICIOS DE LA FILTRACIÓN**

#### **2.3.3.1. Preoperatorio**

En esta fase la filtración ha sido usada para el exceso de fluidos presentes en el paciente quien no pudo excretar en su totalidad usualmente por presencia de insuficiencia cardiaca congestiva.

#### **2.3.3.2. Perioperatoria**

El rápido aumento en el fluido extravascular esta asociado con bypass cardiopulmonar, especialmente por hemodilución, puede complicarse por el retorno de la solución cardiopléjica a la bomba, o la administración excesiva de cristaloides al circuito. La ultrafiltración ha sido usada más en el final de bypass, durante la fase de calentamiento para reversar la hemodilución por hemoconcentración, permite la preservación del fibrinógeno y otros factores de la coagulación, mantienen la concentración de plaquetas y reduce la necesidad de sangre donada.

### 2.3.3.3. Postoperatoria

La filtración ha sido usada para tratar la sobrecarga de volumen en la fase postoperatoria usualmente en la unidad de cuidados intensivos y como tratamiento para alteraciones de tipo renal, permitiendo recuperar la función renal, pero se ha dicho que ésta función y la pulmonar también mejoran porque reduce el edema pulmonar y del corazón (8-9).

### 2.3.4. EFECTOS COLATERALES Y DESVENTAJAS DE LA HEMOFILTRACIÓN

- *Filtración de sustancias de la sangre:* En una membrana porosa se determina el tamaño de los poros y su distribución, el tipo de moléculas que pueden pasar a través de ella y cuales serán retenidas. Los hemofiltros permiten el paso de sustancias menores de 50000 a 60000 Daltons, siendo evidente que gran cantidad de medicamentos circulantes en la sangre filtrada durante la circulación extracorpórea pueden ser eliminados o concentrados según el caso específico, sin embargo el tamaño del poro no es el factor determinante en la filtración; se integra además el hecho del momento de la ultrafiltración, ejerciendo un resultado diferente según en el periodo del bypass que se lleve a cabo esta técnica, explicando esto las inconsistencias que se obtienen en los resultados, otro factor de relevante importancia es entonces por ende el peso molecular de las sustancias que circulan en sangre.
- *Acidosis Metabólica:* Se ha documentado además la presencia de Acidosis Metabólica cuando la técnica de ultrafiltración se realiza por un periodo de tiempo mayor a 2 horas, entendiéndose éste efecto deletéreo por el movimiento preferencial de iones que se relacionan con el aumento de la concentración de proteínas plasmáticas que a su vez son las encargadas de transportar sustancias presentes en sangre.
- *Hemólisis:* Es también una consecuencia posible de la hemofiltración, observándose un aumento mínimo de los niveles de hemoglobina plasmática libre, obteniéndose una reducción de éste excepcional efecto con la utilización de la técnica de forma adecuada, en ausencia de un estado preoperatorio de insuficiencia renal o hemólisis prolongada, una presión máxima en el hemofiltro de 450 mmHg para respetar los márgenes de seguridad del glóbulo rojo.

- Los componentes del filtro han sido también analizados en cuanto a su capacidad de inducir una reacción inflamatoria como otro posible efecto colateral de la técnica, encontrándose una severa reacción en los filtros que contienen bases de celulosa en comparación con los filtros sintéticos constituidos por materiales como la Polysulfona, Polyacrinitrilo y Poliamida(11).

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Definición del método**

Es un estudio descriptivo retrospectivo de una serie de casos, en el cual se evaluaron los resultados de una intervención realizada en el Hospital Universitario San Vicente de Paúl y la Clínica Medellín durante 2003, en el cual se valoraron parámetros antes, durante y posteriores a la circulación extracorpórea.

### **3.2. Población y Muestra**

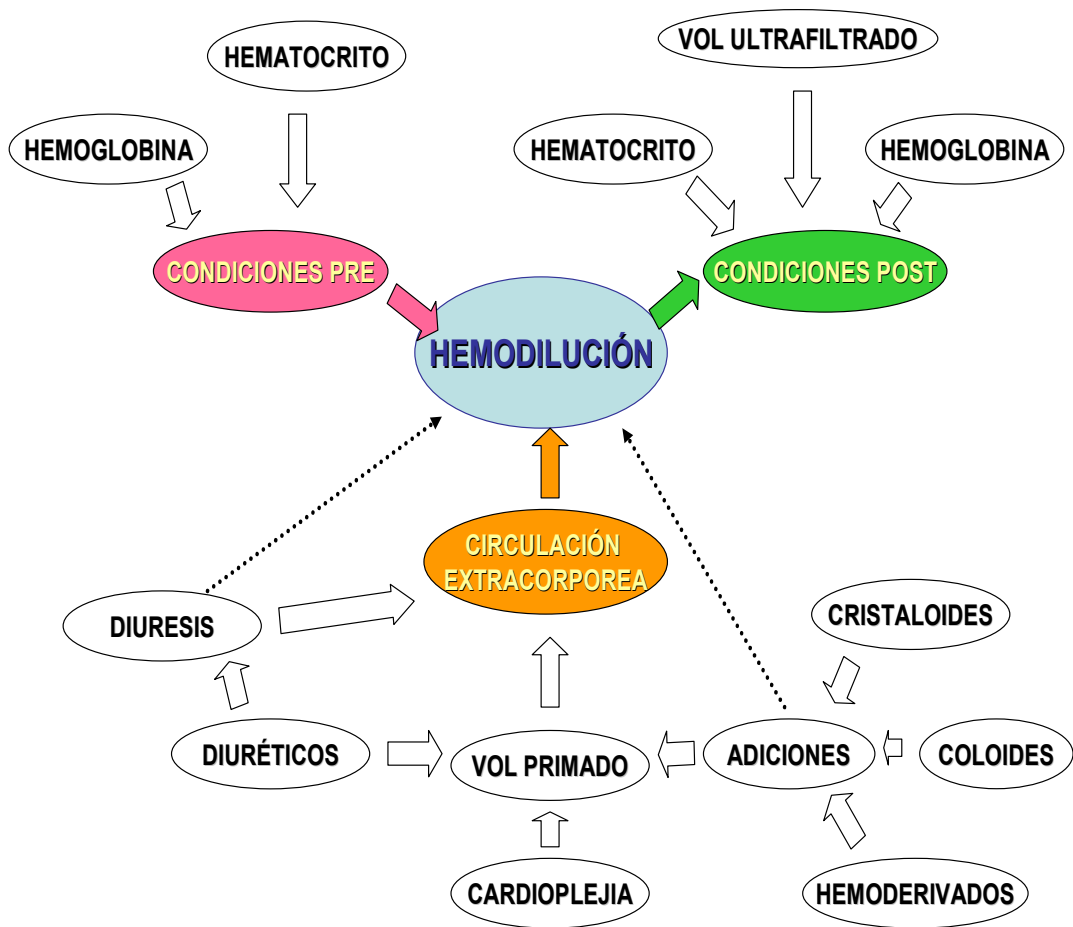
La población estuvo constituida por los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea desde Enero a Diciembre de 2003. La muestra la conformaron 34 pacientes en los cuales se utilizó la técnica de hemofiltración convencional.

### **3.3. Criterios de inclusión y exclusión**

Se incluyeron todos los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, en los cuales se utilizó hemofiltración convencional y que tuvieron controles de hemoglobina y hematocrito: pre, trans y post circulación extracorpórea.

Se excluyeron del estudio aquellos pacientes de los cuales no se tenía información completa de las variables a estudiar.

### 3.4. Diagrama de Variables



### 3.5. Manual de codificación

Nº	TIPO VARIABLE	NOMBRE	INDICADOR	TIPO Y ESCALA	OBJETIVO
1	Independiente	Hemoglobina pre	Hemoglobina del paciente antes de iniciar CEC g/dl	Cuantitativa Razón	1
2	Independiente	Hematocrito pre	Hematocrito del paciente antes de iniciar CEC %	Cuantitativa Razón	1
3	Dependiente	Hemoglobina bomba	Hemoglobina del paciente en CEC g/dl	Cuantitativa Razón	1
4	Dependiente	Hematocrito bomba	Hematocrito del paciente en CEC %	Cuantitativa Razón	1
5	Dependiente	Hemoglobina post	Hemoglobina del paciente post CEC g/dl	Cuantitativa Razón	2
6	Dependiente	Hematocrito post	Hematocrito del paciente post CEC %	Cuantitativa Razón	2
7	Independiente	Primado cristaloides	Volumen de purga con cristaloides del circuito de CEC c.c.	Cuantitativa Razón	2
8	Independiente	Primado coloides	Volumen de purga con coloides del circuito de CEC C.C	Cuantitativa Razón	2
9	Independiente	Primado hemoderivados	Volumen de purga con hemoderivado del circuito de CEC CC	Cuantitativa Razón	2
10	Independiente	Adiciones cristaloides	Volumen de cristaloides adicionado durante CEC CC	Cuantitativa Razón	2
11	Independiente	Adiciones coloides	Volumen de coloides adicionado durante CEC CC	Cuantitativa Razón	2
12	Dependiente	Hemoderivados	Volumen de hemoderivados administrados en CEC CC	Cuantitativa Razón	2
13	Dependiente	Medicamentos	Volumen de medicamentos administrados en CEC CC	Cuantitativa Razón	2

14	Independiente	Cardioplejia	Volumen de cardioplejia administrada en CEC CC	Cuantitativa Razón	2
15	Dependiente	Diuresis	Volumen total de diuresis en CEC CC	Cuantitativa Razón	2
16	Dependiente	Ultrafiltración	Volumen total de hemofiltración en CEC CC	Cuantitativa Razón	2
17	Dependiente	Líquidos Administrados	Volumen total de líquidos administrados en CEC CC	Cuantitativa Razón	3
18	Dependiente	Líquidos Eliminados	Volumen total de líquidos eliminados en CEC CC	Cuantitativa Razón	3
19	Dependiente	Balance Hídrico	Balance total de líquidos post CEC CC	Cuantitativa Razón	3

### 3.6. Instrumento de recolección

Información disponible en los registros de perfusión de los pacientes adultos sometidos a circulación extracorpórea. Recopilación directa de los datos en un formato diseñado.

### 3.7. Técnicas de recolección

Información recopilada por los investigadores directamente a partir de los registros de perfusión de los pacientes adultos en los que se utilizó la técnica de Hemofiltración convencional, de Enero a Diciembre de 2003.

#### 3.7.1. Fuentes del dato y forma de recolección

El análisis de los datos comprende, la información pre, trans y post circulación extracorpórea que son tomados del registro de perfusión, donde se encuentra todos los datos relacionados con la cirugía, perfusión, hemofiltración, exámenes

de laboratorio, cardioplejia, adiciones, diuresis, medicamentos, primado y comportamiento post-hemofiltración inmediata.

### **3.8. Crítica del dato**

Se realizó control aleatorio de los datos transcritos, confrontándose con los registros de perfusión originales, para evaluar la consistencia y confiabilidad de la información recolectada, y se lleva a cabo la corrección de inconsistencias.

### **3.9. Plan de Análisis**

A cada paciente se le comparó la magnitud del cambio en los valores de hemoglobina y hematocrito producidos por el uso de la hemofiltración convencional. Se evaluaron variables intra y postoperatorias que pudieran ser afectadas por el uso de la hemofiltración convencional (hematocrito, hemoglobina, balance hídrico intra y post circulación extracorpórea, hemoderivados).

Para establecer el balance hídrico, se realizará la suma del primado, adiciones, cardioplejia (líquidos administrados) y la suma de la diuresis, líquido hemofiltrado (líquidos eliminados).

El análisis estadístico se realizó utilizando la prueba de rangos signados de Wilcoxon para establecer si hay o no diferencias significativas.

### **3.10. Materiales y métodos**

Se eligieron 34 pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea y en los que se realizó hemofiltración convencional.

Para tal fin se utilizaron hemofiltros para adulto marca Dideco DHF 06, adaptándose a la línea de recirculación del oxigenador. Se utilizarán Oxigenadores adultos de membrana con sus respectivos circuitos según el peso del paciente.

El montaje del hemoconcentrador se realiza en el momento que se va a utilizar. Todos los pacientes estudiados se manejaron de acuerdo a los protocolos de cada una de las instituciones.

La hemofiltración se realiza durante la circulación extracorpórea analizando conjuntamente con el anestesiólogo el momento indicado. Para iniciar la hemofiltración se retira la pinza de la línea de recirculación y se deja sujetado con

una pinza el tubo de ultrafiltrado. Se deja circular sangre a través del dispositivo durante aproximadamente tres minutos, para cebar y para sacar el aire residual. Luego se extrae la pinza del tubo de ultrafiltrado y el filtrado fluirá hacia la bolsa de recolección.

Los parámetros de laboratorio analizados previos a la CEC son: hemoglobina y hematocrito.

Durante circulación Extracorpórea: hemoglobina, hematocrito, volumen de primado, diuresis, adiciones (coloides, cristaloides y hemoderivados), volumen de líquido hemofiltrado, cardioplejia, medicamentos diuréticos y balance hídrico.

Post circulación extracorpórea: hemoglobina, hematocrito y diuresis.

## **4. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Según el artículo 11 de la resolución 008430 de 1993, se clasifica esta investigación como “ investigación sin riesgo: son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas, o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta”.

Debido a que esta investigación se clasifica como “ Investigación sin riesgo “ y no será realizada directamente con los pacientes, las implicaciones éticas que se deben tener en cuenta son el manejo adecuado de las historias clínicas, el cumplimiento de todas las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

También se tuvieron en cuenta las normas y exigencias éticas exigidas por las instituciones involucradas.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al aplicar la prueba Signada de Wilcoxon en las variables tomadas de los registros de los pacientes objeto del estudio, encontramos:

- El promedio de edad de los pacientes fue de 51 años, el grupo de edad de mayor prevalencia se ubicó entre los 41 a 60 años con un 46,1%, seguido en igual proporción por el grupo comprendido entre los 16 – 40 años y los mayores e iguales a 60; sólo un 2,9% de los pacientes se encontraban en edades menores e iguales a los 16 años.
- El promedio de peso de los pacientes fue de 58,4 kg., con un peso mínimo de 34 kg. y máximo de 100 kg., en su mayoría se ubicaron entre los 46 y los 70 kg. con un 73,5%.
- La tabla N° 1 ilustra el comportamiento de las variables sociodemográficas y clínicas de los pacientes.

**TABLA N° 1 Variables sociodemográficas y clínicas de los pacientes del estudio**

<b>VARIABLE</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
<b>Edad (años)</b>	15	76	51,00	16,64
<b>Peso (Kg.)</b>	34	100	58,41	14,02
<b>HB pre CEC (gr/dl)</b>	7	19	12,00	3,01
<b>HTO pre CEC (%)</b>	20	55	35,03	8,73
<b>HB intra CEC (gr/dl)</b>	5	13	8,35	2,00
<b>HTO intra CEC (%)</b>	14	38	24,29	5,62
<b>HB post CEC (gr/dl)</b>	5	15	9,62	2,34
<b>HTO post CEC (%)</b>	16	44	28,06	6,55
<b>Volumen Primado (cc)</b>	933	1710	1271,32	171,58
<b>Cardioplejia (cc)</b>	450	3000	1219,12	642,79
<b>Volumen Diuresis (cc)</b>	0	700	262,32	170,56
<b>Volumen de UFC (cc)</b>	150	3500	1471,76	779,31
<b>Adiciones (cc)</b>	0	2000	264,06	470,33
<b>Líqu. Administrados (cc)</b>	1650	6500	2754,50	1088,69
<b>Líqu. Eliminados (cc)</b>	180	3950	1734,09	827,33

HB PRE : Hemoglobina Antes de Circulación Extracorpórea

HB INTRA : Hemoglobina durante CEC

HB POS : Hemoglobina Después de CEC

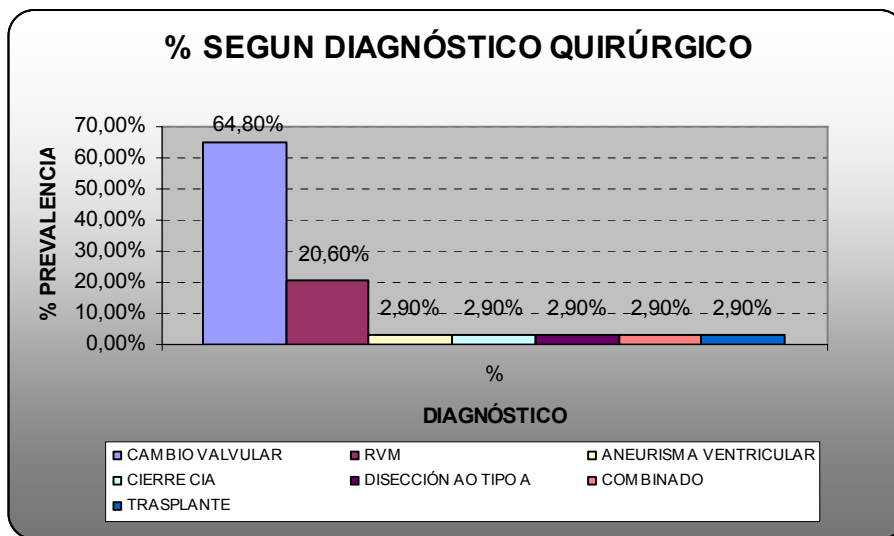
HTO PRE : Hematocrito Antes de Circulación Extracorpórea

HTO INTRA : Hematocrito durante CEC

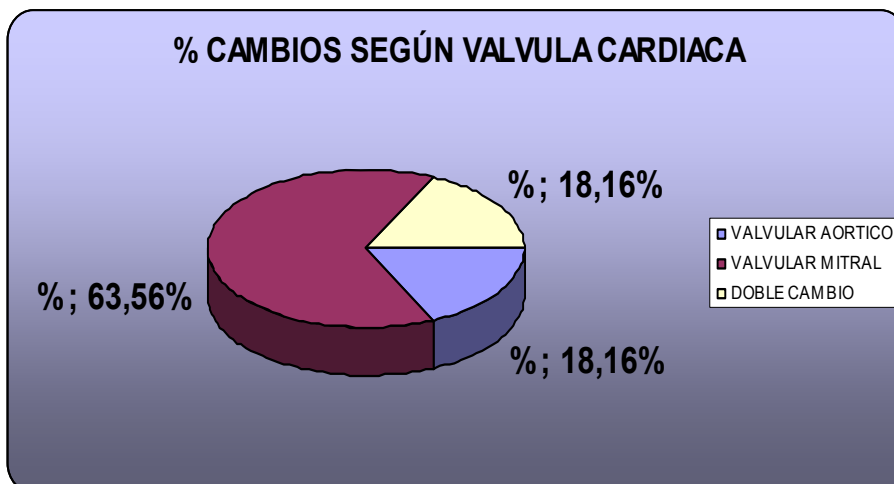
HTO POS : Hematocrito Después de CEC

- De acuerdo con los diagnósticos quirúrgicos se encontró mayor proporción en los pacientes cuya corrección se realizó a nivel valvular con un total de 64,8%, seguido por las Revascularizaciones miocárdicas con una proporción de un 20,6%, y las correcciones de comunicaciones interauriculares y de aneurismas ventriculares, los procedimientos combinados y trasplante cardiaco en igual porcentaje correspondiente a un 2,9%. Ver Gráfica N° 1 y Gráfica N° 2.

**GRÁFICA N° 1**



**GRÁFICA N° 2**



- La tabla N° 2 ilustra el comportamiento de las variables HB pre, intra y posteriores a CEC. La tabla N° 3 ilustra el comportamiento de las variables HTO pre, intra y posteriores a CEC.

**TABLA N° 2 Comportamiento de los valores de HB pre CEC intra y post CEC con la utilización de la técnica de UFC en los pacientes**

<b>VARIABLE</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
<b>HB pre CEC</b>	7	19	12,00	3,01
<b>HB intra CEC</b>	5	13	8,35	2,00
<b>HB post CEC</b>	5	15	9,62	2,34

**TABLA N° 3 Comportamiento de los valores de HTO pre CEC intra y post CEC con la utilización de la técnica de UFC en los pacientes**

<b>VARIABLE</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
<b>HTO pre CEC</b>	20	55	35,03	8,73
<b>HTO intra CEC</b>	14	38	24,29	5,62
<b>HTO post CEC</b>	16	44	28,06	6,55

- El valor de HB preoperatorio en promedio fue de 12 gr/dl con una desviación estándar de 3,01 y el promedio del nivel de HB postoperatoria fue de 9,62 gr/dl con una desviación estándar de 2,34; la variación entre éstos dos valores demostró una reducción estadísticamente significativa en 28 de los casos, sólo 2 presentaron aumento en los valores posquirúrgicos y en 4 de los casos no hubo variación entre sus niveles. El valor de HTO preoperatorio promedio fue de 35% con una desviación estándar de 8,73 y los niveles postoperatorios un promedio de 28% con una desviación estándar de 6,55, la variación entre éstas dos variables se comportó de manera similar a la variable de HB, obteniéndose una reducción estadísticamente significativa en 31 de los pacientes, aumentó solo en 3 y no presentó ningún caso en el que continuaran iguales ambos valores. Ver tabla N° 4.

**TABLA N° 4 Descripción de la variación en los niveles de HB y HTO pre y post CEC**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>HB</b>	<b>HTO</b>
<b>Diferencias Negativas</b>	28	31
<b>Diferencias Positivas</b>	2	3
<b>Ninguna Diferencia</b>	4	0

- Referente a los niveles de HB perioperatorios, el valor promedio fue de 8,35 gr/dl con una desviación estándar de 2,00, al cruzar éste valor con el de HB postoperatoria ya mencionada, observamos un aumento estadísticamente significativo respecto al segundo valor en 23 de los casos, disminuyó en 3 y continuó estable en 8 de los pacientes. Respecto al valor de HTO perioperatorio, en promedio fue de 24,29% con una desviación estándar de 5,62, la variación entre ésta variable y el valor de HTO postoperatorio, arrojó un aumento significativo a favor del valor posquirúrgico en 27 de los pacientes, sólo se observó reducción en 3 de los casos y en 4 continuaron iguales. Ver tabla N° 5.

**TABLA N° 5 Descripción de la variación en los niveles de HB y HTO post e intra CEC**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>HB</b>	<b>HTO</b>
<b>Diferencias Negativas</b>	3	3
<b>Diferencias Positivas</b>	23	27
<b>Ninguna Diferencia</b>	8	4

- El 91,2% de los pacientes tuvieron Balance Hídrico positivo aún posterior a la utilización de la técnica de Ultrafiltración, sólo un 8,8% obtuvieron balances negativos. Ver tabla N° 6; en cuanto al volumen de Líquidos Administrados el promedio fue de 2754 ml con un mínimo de 1650 ml y un máximo de 6500 ml, el 58,9% de los pacientes recibió entre 2001 a 3000 ml durante la derivación cardiopulmonar, siendo el volumen utilizado con mayor frecuencia, Ver tabla N° 7, y en el valor total de Líquidos Eliminados el promedio fue de 1734 ml, con un mínimo de 180 y máximo de 3950 ml; el grupo con pérdidas entre los 1001 a 2000 ml fue el de mayor proporción con un 52,9% en la muestra estudiada. Ver tabla N° 8. Respecto al volumen de adiciones durante el tiempo de CEC, el promedio fue de 264 cc, con un mínimo de 0 cc y un máximo de 2000 cc, más de la mitad de los pacientes, equivalente al 55,9% no requirió ningún tipo de líquidos, fuera de los ya utilizados en la bomba de circulación extracorpórea. Ver tabla N° 9.

**TABLA N° 6 Balance Hídrico en los pacientes posterior a la utilización de la UFC**

<b>BALANCE HÍDRICO</b>	<b>%</b>
<b>POSITIVO</b>	91,2%
<b>NEGATIVO</b>	8,8%

**TABLA N° 7 Volumen total de Líquidos Administrados durante CEC**

<b>VOLUMEN cc</b>	<b>%</b>
<b>0 – 2000</b>	17,6%
<b>2001 – 3000</b>	58,9%
<b>3001 – 4000</b>	14,7%
<b>4001 – 5000</b>	2,9%
<b>≥ 5001</b>	5,9%

**TABLA N° 8 Volumen total de Líquidos Eliminados durante CEC**

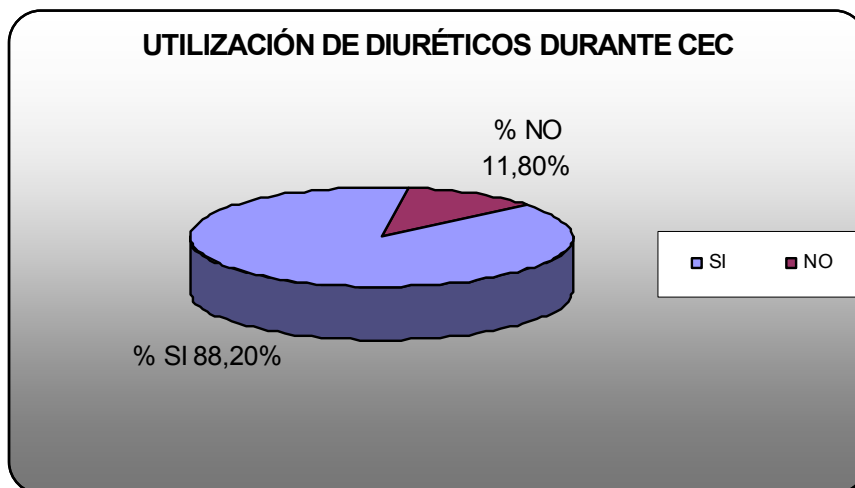
<b>VOLUMEN cc</b>	<b>%</b>
<b>0 – 1000</b>	14,7%
<b>1001 – 2000</b>	52,9%
<b>2001 – 3000</b>	23,6%
<b>3001 – 4000</b>	8,8%
<b>4001 – 5000</b>	0%
<b>≥ 5001</b>	0%

**TABLA N° 9 Volumen total de Adiciones durante CEC**

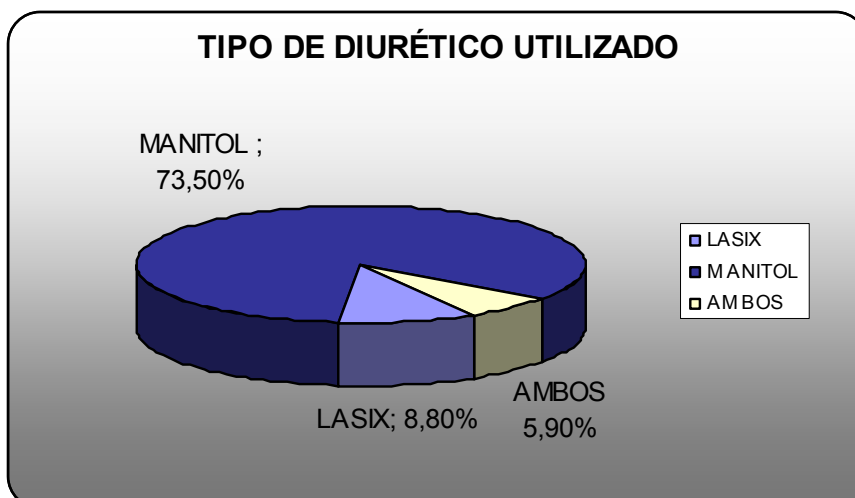
<b>VOLUMEN cc</b>	<b>%</b>
<b>0</b>	55,9%
<b>1 – 500</b>	32,3%%
<b>501 – 1000</b>	5,9%
<b>1001 – 1500</b>	2,9%
<b>1501 - 2000</b>	2,9%
<b>≥ 2001</b>	0%

- Para el total de Diuresis en promedio fue de 262 ml con mínimo de 0 y máximo de 700 cc, el grupo que eliminó entre 101 a 200 ml fue de 29,4%, seguido por el grupo que obtuvo diuresis entre 301 – 400 cc con el 20,6% y el de 201 – 300 ml con el 17,7%; los demás grupos se encuentran por debajo de éste rango.
- El 88,2% de los pacientes recibieron algún diurético en CEC y sólo el 11,8% no recibió ninguno de éstos. Ver Gráfica N° 3 y Gráfica N° 4.

**GRÁFICA N° 3**



**GRÁFICA N° 4**



- Del total de pacientes, 11 presentaron balance hídrico positivo y valores de HB postoperatorio  $\leq 8$ gr/dl y 2 pacientes con HTO postoperatorio  $\leq 16\%$ ; 10 pacientes con balance hídrico positivo obtuvieron valores de HB postoperatorio con entre 8.1 – 10 gr/dl y 12 pacientes HTO postoperatorio entre 16,1 – 26%. De éste grupo total, en 10 de los casos se presentaron valores de HB posteriores  $\geq 10.1$  gr/dl y 14 con valores de HTO posteriores entre 26,1 – 36%, sólo 3 pacientes tuvieron HTO postoperatorio  $\geq 36,1\%$ . Del grupo que presentó balance hídrico negativo que correspondió al 8,8% de la muestra, se obtuvieron igual número de pacientes con 1 en cada caso para los valores de HB postoperatoria  $\leq 8$ gr/dl, entre 8.1 – 10 gr/dl y  $\geq 10.1$  gr/dl; respecto a los valores de HTO posteriores, 2 de los pacientes obtuvieron valores entre 26,1 – 36%, 1 caso con niveles entre 16,1 – 26% y no se encontró población en los valores de HTO postoperatorio  $\leq 16\%$  y 36,1%. Ver Tabla N° 10 y Tabla N° 11.

**TABLA N° 10 Balance de líquidos y niveles de HB post CEC**

HB post CEC gr/dl	BALANCE HÍDRICO		
	POSITIVO	NEGATIVO	TOTAL
$\leq 8$	11	1	12
8.1 – 10	10	1	11
$\geq 10.1$	10	1	11
<b>TOTAL</b>	31	3	34

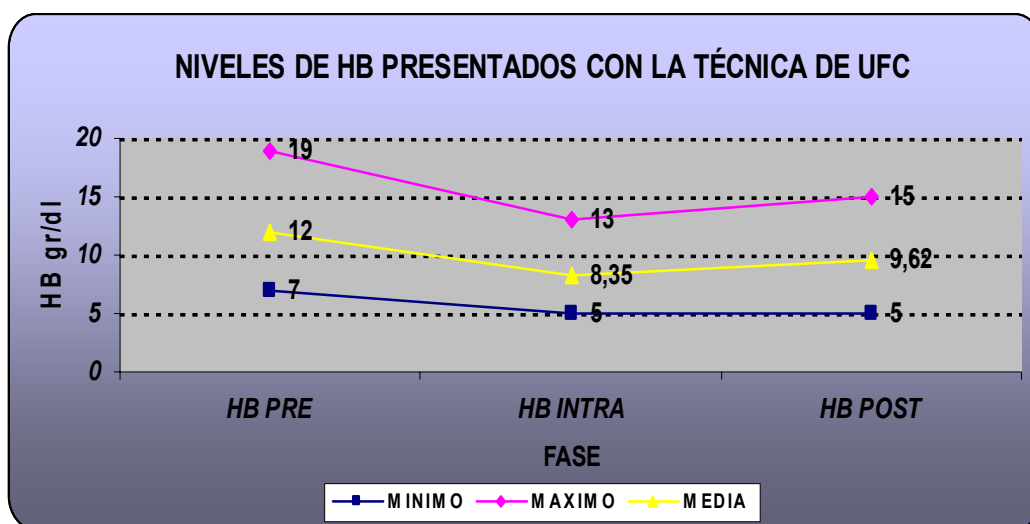
**TABLA N° 11 Balance de líquidos y niveles de HTO post CEC**

<b>HTO post CEC %</b>	<b>BALANCE HÍDRICO</b>		
	<b>POSITIVO</b>	<b>NEGATIVO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>≤ 16</b>	2	0	2
<b>16.1 – 26</b>	12	1	13
<b>26.1 – 36</b>	14	2	16
<b>≥ 36.1</b>	3	0	3
<b>TOTAL</b>	31	3	34

## 6. CONCLUSIONES

- Respecto a la eficacia de la técnica de UFC en nuestros pacientes, observamos que los valores de Hemoglobina previos a la circulación extracorpórea comparados con los presentados posterior al evento tienen una disminución estadísticamente significativa, comportándose de igual forma en los niveles de Hematocrito; demostrando esto que aunque la técnica de Ultrafiltración es beneficiosa para el paciente, no es totalmente eficaz para mantener éstos niveles.
- Con las frecuencias obtenidas en las comparaciones realizadas entre los niveles presentados durante el tiempo de circulación extracorpórea y los posteriores al evento, observamos que la tendencia cambió, los niveles post la derivación cardiopulmonar fueron mayores tanto en los valores de Hemoglobina como en los de Hematocrito, demostrando a éste nivel que la intervención en sí es beneficiosa y eficaz para el manejo de los pacientes. Ver Gráfica N° 5 y Gráfica N° 6.

GRÁFICA N° 5

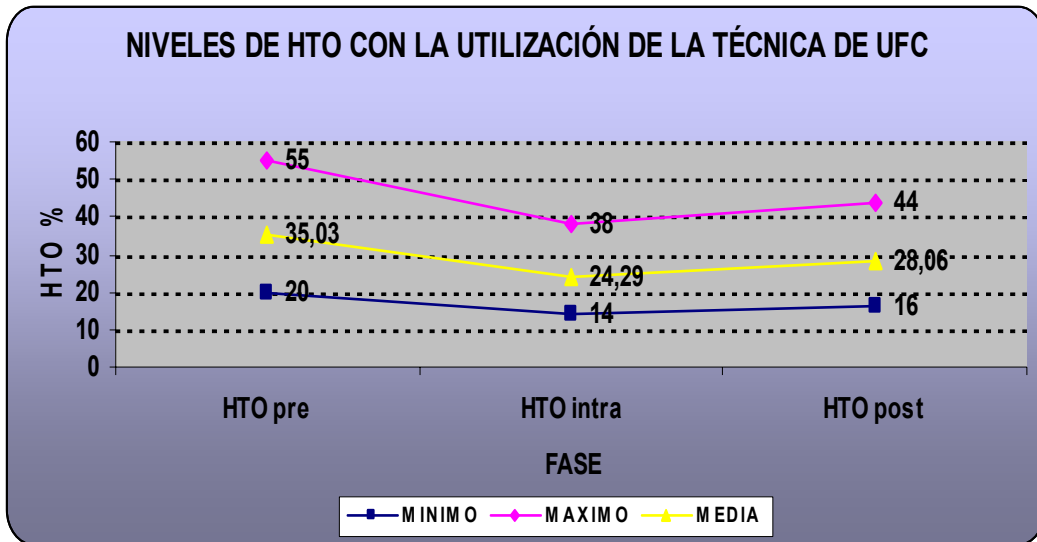


HB PRE : Hemoglobina Antes de Circulación Extracorpórea

HB INTRA : Hemoglobina durante CEC

HB POS : Hemoglobina Despues de CEC

## GRÁFICA N° 6



HB PRE : Hemoglobina Antes de Circulación Extracorpórea

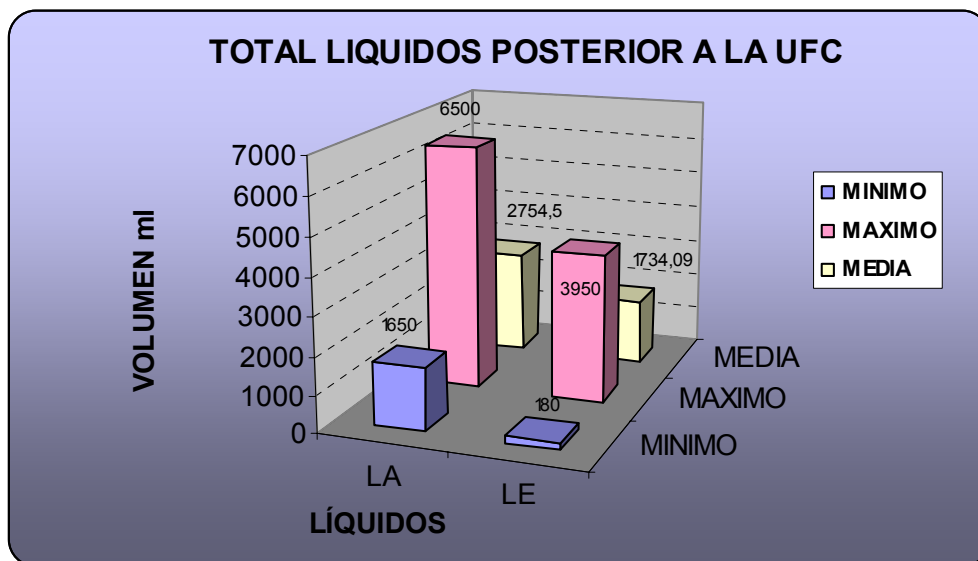
HB INTRA : Hemoglobina durante CEC

HB POS : Hemoglobina Despues de CEC

- De acuerdo con los resultados del estudio, la utilización de la técnica de Ultrafiltración Convencional no significó una reducción en el balance hídrico de los pacientes; contrario a lo que se esperaba, siendo de igual forma útil para la disminución del total de líquidos por aumento en el volumen de Líquidos Eliminados influenciado esto también por el total de diuresis que puede ser variable para cada paciente según parámetros como lo son el peso, la función renal y total de volumen ultrafiltrado.

- El volumen promedio de Líquidos Administrados que quedó en el paciente fue de aproximadamente 1000 cc, con la técnica de ultrafiltración observamos que actuó en forma muy poco notoria en la eliminación de el total de líquidos, ya que generalmente se alcanza a hemofiltrar sólo una parte de los líquidos que han sido administrados; quedando el paciente con balances hídricos positivos que posterior a la intervención quirúrgica pueden ser corregidos por vías alternas como son la diuresis, las pérdidas insensibles por vía respiratoria y las sondas y drenes del paciente. Ver Gráfica N° 7.

**GRÁFICA N° 7**



LA : Líquidos Administrados

LE : Líquidos Eliminados

- Aunque no es el único factor que intervenga en el bienestar del paciente, los niveles de hemoglobina y hematocrito en rangos normales posteriores a la circulación extracorpórea, aseguran mayor estabilidad hemodinámica; siendo la técnica de ultrafiltración uno de los tratamientos de apoyo para asegurar éste criterio; demostrada ya su utilidad en éste campo, podemos asegurar que su uso en cirugías con circulación extracorpórea traerían mayor beneficio a gran parte de los pacientes, sumado al aumento en los niveles postoperatorios de hemoglobina y hematocrito y la disminución en los valores de mediadores del sistema complemento, sustancias proinflamatorias y moléculas de adhesión leucocitaria como la IL 6, IL 1 $\beta$ , Factor de necrosis tumoral y los interferones, como lo refieren investigaciones ya realizadas a otros niveles(12).

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Guyton AC. Tratado fisiología médica. Interamericana. Mc Grauw-Hill. Transporte de iones y moléculas a través de la membrana celular, los compartimentos líquidos del organismo: líquidos extracelular e intracelular, líquido intersticial y edema. 8 ed. México; 1992. P.40-53 284-295.
2. Chávez A. Hemodilución en Medicina. En: Hemodilución en Medicina y Cirugía. ARGÜERO S, Rubén. ED. Manual Moderno. México D.F. – Sta Fe de Bogotá. 2001. Pg. 75 – 85.
3. Intaglietta M. Efecto de la Hemodilución sobre la Circulación En: Hemodilución en Medicina y Cirugía. ARGÜERO S, Rubén. ED. Manual Moderno. México D.F. – Sta Fe de Bogotá. 2001. Pg. 61 – 74.
4. Cooper J, Giesecke M. Hemodilution and Priming Solutions. En: Cardiopulmonary Bypass Principles and Practice Second Edition. Gravlee G, Davis R, Kurusz M, Utley J. LIPPINCORR WILLIAMS & WILKINS. Philadelphia – USA. 2000. Pág. 186 - 194.
5. Díaz DP. Fisiología del Eritrocito. Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina. Departamento de Fisiología y Bioquímica. Documento.
6. Moore R, Laub G. Hemofiltration, Dialysis and Blood Salvage Techniques during Cardiopulmonary Bypass. En: Cardiopulmonary Bypass Principles and Practice 2 ed. Gravlee G, Davis R, et al. LIPPINCORR WILLIAMS & WILKINS. Philadelphia – USA. 2000. Pág. 105-130.
7. Hemofiltración-Historia y desarrollo .Historia y desarrollo La idea del uso de la ultrafiltración de la sangre. Manilow en 1947 realiza la primera hemofiltración en perros para el tratamiento...
8. Jonas RA, Elliot M. Cardiopulmonary bypass in neonates, Infants and Young children. Butterworth-Heinemann Ltda. 1994, p 158-171.
9. Naik SK, Arme caballero UN, Elliot M. Un estudio aleatorizado probable de la técnica modificada de ultrafiltración durante cirugía a corazón abierto pediátrica. La circulación. 1991; 84(Suppl): 422-31.

10. Electrolitos. Líquido intracelular son el potasio y el fosfato. La composición iónica de los dos reservorios de líquido extracelular. Disponible en: [www.geocities.com/simplex59/electrolitos.html](http://www.geocities.com/simplex59/electrolitos.html)-15k.
11. Graves K. Utilización de la Hemofiltración, Ultrafiltración y Hemodiálisis durante la Circulación Extracorpórea. En: Circulación Extracorpórea en Teoría y Práctica. Tschaut R. PABST SCIENCE PUBLISHERS. 2003. Pág. 493 – 507.
12. Ultrafiltración combinada perioperatoria en cirugía cardíaca pediátrica. Resultados preliminares. En: Revista Española de Cardiología. 1999; 52. N° 12: pág. 1.075-1.082.