





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL CENTRAL “DR. IGNACIO MORONES PRIETO”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL DIPLOMA EN  
LA ESPECIALIDAD DE PEDIATRIA

**“Correlación entre el balance hídrico calculado y el contenido de agua corporal medido por bioimpedancia en pacientes pediátricos críticamente enfermos ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos en el Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto”.**

**Yadira Guadalupe Sánchez Moreno**

Director Clínico  
Dra. Rosalina Rivera Vega  
Intensivista Peditra

Director Metodológico  
M. En C. Ma. del Pilar Fonseca Leal  
Nefróloga Peditra

Asesores:  
Dra. Luz Elena Cordero Juárez  
Nefróloga Peditra  
M. En C. Anamaria Bravo Ramirez  
Nutriología

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESPECIALIDAD EN

TÍTULO DE TESIS

Correlación entre el balance hídrico calculado y el contenido de agua corporal medido por bioimpedancia en pacientes pediátricos críticamente enfermos ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos en el Hospital Central  
Dr. Ignacio Morones Prieto.

Presenta

Yadira Guadalupe Sanchez Moreno

Firmas

Director Clínico Dra. Rosalina Rivera Vega Intensivista Pediatra	
Director Metodológico Dra. Ma. del Pilar Fonseca Leal Nefróloga Pediatra	
Asesor Clínico Dra. Luz Elena Cordero Juárez Nefróloga Pediatra	
Colaborador M. En C. Anamaria Bravo Ramirez Nutriología	
Sinodales	
M. en C. Abel Salazar Martínez Pediatra Gastroenterólogo	
Dr. Francisco Goldaracena Orozco Pediatra Endocrinólogo	
Dr. Francisco Alejo González Pediatra Oncólogo	
M. en C. Ma. del Pilar Fonseca Leal Jefe de Investigación y Posgrado Clínico de la Facultad de Medicina	Dr. Francisco Alejo González Coordinador de la Especialidad en Pediatria



## Resumen

### Objetivos:

Evaluar la correlación entre la sobrecarga de líquidos medidos por balance hídrico acumulado y el agua corporal total medida con bioimpedancia en pacientes pediátricos críticos ingresado en unidades de cuidados intensivos pediátricos.

### Sujetos y Métodos:

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo en pacientes del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto”, que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos pediátricos del 09 de septiembre 2019 al 10 de enero 2020, se incluyeron 30 pacientes pediátricos de entre 1 mes de vida y 14 años 11 meses.

Se realizó medición del balance hídrico y de agua corporal total por bioimpedancia. Se realizó un estudio piloto para evaluar el tamaño de la muestra requerida. Se evaluó la normalidad de la distribución mediante la prueba de Shapiro Wilk, las variables continuas se reportaron como promedio  $\pm$  DE o mediana [Q1, Q3] (min – máx.), de acuerdo con la distribución: las discretas como promedios. Para el análisis de la correlación se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson o el de Spearman dependiendo de la distribución de las variables.

### Resultados:

Se incluyeron 30 pacientes, 20 hombres y 10 mujeres. Se evaluó la correlación entre el balance acumulado a las 48 horas y la diferencia en el contenido de agua entre las 24 y 48 horas, la cual se reporta de 28.5%, no estadísticamente significativa ( $r^2=0.285$ ,  $p=0.127$ ). Encontramos una correlación del 99.7% entre el Agua Corporal Total en las primeras 24 horas y el peso inicial ( $r^2= 0.997$ ,  $p<0.001$ ).

### Conclusiones:

Es indispensable contar con herramientas objetivas que permitan evaluar el aporte de líquidos, la bioimpedancia es una herramienta accesible que correlaciona casi en el 100% con el peso del paciente por lo que esta es una alternativa real para la vigilancia del balance hídrico en los niños, ya que es factible realizarla periódicamente y evaluar los cambios en el contenido de agua.



## Índice

Resumen.....	1
Índice de cuadros.....	2
Índice de gráficas.....	3
Lista de abreviaturas y símbolos.....	4
Lista de definiciones.....	5
Dedicatorias.....	6
Antecedentes.....	7
Justificación.....	14
Hipótesis.....	15
Objetivos.....	15
Sujetos y Métodos.....	15
Análisis estadístico.....	17
Ética.....	17
Resultados.....	18
Discusión.....	25
Limitaciones y/o nuevas perspectivas de investigación.....	27
Conclusiones.....	27
Bibliografía.....	28
Anexos.....	31
1. Cronograma de actividades.....	31
2. Hoja de recolección de datos.....	32
3. Carta de consentimiento informado.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4. Carta de autorización por el comité de ética en investigación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5. Registro del protocolo de investigación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



## Índice de cuadros

Cuadro 1 Contenido de agua corporal de acuerdo a la edad [1] .....	7
Cuadro 2 Requerimientos diarios de agua para la edad. ....	8
Cuadro 3 Variables estudiadas. ....	16
Cuadro 4 Características generales de los pacientes incluidos en el estudio. ....	18
Cuadro 5 Balance Hídrico y Contenido de agua corporal total a las 24 y 48 horas en pacientes que ingresaron a la UCIP .....	20
Cuadro 6 Valores de referencia y contenido de agua en porcentaje de peso de los pacientes incluidos en el estudio por grupo de edad a las 24 y 48 h. ....	21
Cuadro 7 Balance Hídrico y Contenido de agua corporal total a las 72 horas en pacientes que ingresaron a la UCIP .....	24



## Índice de gráficas

Figura 1 Distribución de los pacientes por sexo .....	19
Figura 2 Distribución por grupo de edad de los pacientes incluidos en el estudio	19
Figura 3 Motivo de ingreso a la Unidad de Cuidados Pediátricos de los pacientes incluidos en el estudio .....	20
Figura 4 Porcentaje de agua corporal total con relación al peso inicial y a la edad. ....	21
Figura 5 correlación entre la sobrecarga de líquidos (%FO) medidos por balance hídrico acumulado y la diferencia en agua corporal total a las 48 h .....	22
Figura 6 Correlación entre el balance hídrico acumulado a las 48 h y la diferencia de agua corporal total entre 24 y 48 h en pacientes que ingresaron a la UCIP.....	23
Figura 7 Correlación entre el agua corporal total en las primeras 24 h y el peso inicial en pacientes que ingresaron a la UCIP.....	23





## **Lista de abreviaturas y símbolos**

**ml:** mililitros

**Kcal:** Kilo calorías.

**m2:** metro cuadrado

**FO%:** Fluid Overload: Porcentaje de sobrecarga de volumen.

**UCIP:** Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos

**IO:** índice de oxigenación

**LRA:** lesión Renal Aguda.

**BIVA:** Analisis de vector de bioimpedancia

**ACT:** Agua Corporal Total

**UKM:** Modelo de Cinética de la urea.



### **Lista de definiciones**

- Bioimpedancia: capacidad de los tejidos de presentar una resistencia al paso de la corriente eléctrica, esta oposición depende de la concentración de agua de los tejidos y a la dimensión de estos
- Balance hídrico acumulado: es la cuantificación y registro de todos los ingresos y egresos de un paciente, en un tiempo determinado en horas.

## **Dedicatorias**

A mis padres que siempre me han dado un excelente ejemplo a seguir, sin su apoyo y esfuerzo jamás habría logrado capitalizar este nuevo logro. Es un orgullo para mi ser su hija.

A mi hermano que siempre ha estado a mi lado brindándome su confianza y cariño en los momentos más difíciles y alegres de mi vida.

Le agradezco mucho a mis asesoras a la Dra. Pilar Fonseca Leal por su apoyo, a la Dra. Luz Elena Cordero por su guía y paciencia durante estos años y a la Dra. Rosalina Rivera Vega por su tiempo y sus enseñanzas. Grandes ejemplos a seguir en mi vida, las admiro mucho, son mujeres profesionistas como pocas y son una verdadera inspiración para seguir adelante.

A mis maestros por siempre dar lo mejor de sí para mejorar mi enseñanza, por ayudarme no solo en situaciones medicas sino también en las personales.

A mis queridos amigos que compartieron todos los momentos más importantes de la residencia y de mi vida en estos últimos tres años, por la convivencia diaria tanto dentro como fuera del hospital por permitirme considerarlos como mis hermanos, Ana, Miriam, Ariadna, Nancy, Karen, Blanca, Armando, Antonio.

### Antecedentes.

Aunque se tiende a generalizar la fracción del peso o volumen del cuerpo humano ocupado por el agua, hay importantes variaciones relacionadas con la edad. El cuerpo del adulto humano está constituido en un 55-60% por agua, mientras que el niño tiene 65-80% y el prematuro llega hasta el 90% de su peso corporal (Cuadro 1). Los recién nacidos y los lactantes tienen características especiales con relación a los requerimientos, y la pérdida de líquidos, las cuales deben tomarse en consideración, entre éstas se encuentran: a) una mayor superficie corporal respecto al peso; b) una mayor proporción de agua; c) una menor capacidad de concentración de la orina en el recién nacido; d) una menor capacidad de producir sudor, y e) una menor capacidad para expresar la sensación de sed. [1]

Cuadro 1 Contenido de agua corporal de acuerdo a la edad [1]

Edad	Porcentaje de agua
Prematuro (hasta 32 semanas)	90
Prematuro (mayor de 32 semanas)	80
Recién nacido a término	70-80
Lactante	70
Preescolar	65
Escolar	60-65
Adolescente (hombre)	60
Adolescente (mujer)	55

En lactantes, el agua representa alrededor del 70% del peso corporal total; esta proporción desciende durante los primeros 10 años de la vida. Las consideraciones para la ingesta sugerida en lactantes se elaboran de acuerdo con la superficie corporal y el peso. El requerimiento de líquidos para los adolescentes está marcado por los procesos fisiológicos que incluyen la maduración sexual y el aumento de talla y peso característicos en esta etapa, los que suelen requerir un aumento en el aporte de agua. Los requerimientos hídricos en la edad pediátrica se pueden calcular de acuerdo con las calorías consumidas (100 mL por cada 100 kcal) a la superficie corporal (1,800 mL por cada m<sup>2</sup> de superficie corporal), al peso, o como consumo de líquidos totales. En el cuadro 2 se describen los requerimientos hídricos para distintas edades. [2]

Cuadro 2 Requerimientos diarios de agua para la edad.

Edad	mL/kg	Total (L)
1 mes – 1 año	100 - 150	0.6 - 1.0
1 - 3 años	100 - 120	1.0 - 1.4
4 - 8 años	80 - 100	1.5 - 1.8
<i>Niños</i>		
9 - 13 años	50 - 70	1.9 - 2.5
14 - 18 años	50	2.6 - 3.3
<i>Niñas</i>		
9 - 13 años	50 - 60	1.9 - 2.1
14 - 18 años	50	2.2 - 2.5

Durante el proceso de la mayoría de las enfermedades hay un incremento en el catabolismo, lo cual requiere cantidades adicionales de agua, por lo que es necesario garantizar su aporte. [3]

La terapia con líquidos es la piedra angular de la reanimación en niños críticamente enfermos. El restablecimiento de un volumen intravascular adecuado mediante la administración agresiva temprana de líquidos puede salvar vidas. Sin embargo, más allá de la terapia con líquidos dirigida a la reanimación, los niños críticamente enfermos pueden recibir cantidades elevadas de líquidos "obligatorios" como parte de su manejo, que incluye: aporte nutricional, medicamentos y líquidos de mantenimiento (por ejemplo administración de líquidos de reanimación con cargas de 10-20 ml/kg, líquidos intravenosos de mantenimiento en base a Holliday Segar) infusiones continuas de medicamentos, productos sanguíneos y tratamientos por vía intravenosa, además presentan una eliminación limitada de fluidos (en respuesta a mecanismos contrarreguladores como la secreción de hormona antidiurética) y debido a la fuga capilar en el intersticio, lo que resulta en edema y disfunción de los órganos. [4] Este suministro de líquido acumulado con frecuencia excede a la pérdida de fluido, lo que lleva a un balance neto positivo de fluido. [5] El balance diario de líquidos se refiere a la diferencia los ingresos y egresos de fluidos en un día, incluidas las pérdidas de agua insensibles. El balance de líquido acumulado se refiere al balance de fluidos durante un período de tiempo. [6]

El porcentaje de acumulación de líquido se calcula a partir del balance de líquido acumulado dividido entre el peso al ingresar a la unidad de cuidados intensivos [6]. Varios estudios utilizan el porcentaje de sobrecarga de volumen (FO%) como herramienta para estimar la cantidad de líquido retenido en relación con el peso corporal y para verificar su asociación con resultados desfavorables. El porcentaje de sobrecarga de volumen se calcula utilizando la siguiente fórmula:[7]

$$FO\% = \left[ \frac{\text{Líquidos administrados} - \text{Líquidos eliminados}}{\text{peso al ingreso}} \right] \times 100$$

Los líquidos se expresan en litros y el peso en kilogramos. Los valores de FO%  $\geq 10\%$  están fuertemente asociados con una mayor morbilidad, mayor tiempo en ventilación mecánica, una estancia mayor en la unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP), mayor necesidad de terapia de reemplazo renal e incluso mayor mortalidad [7]

En la última década, la evidencia científica sugiere que la sobrecarga de líquidos se asocia con peores desenlaces clínicos en los pacientes graves. Esto fue demostrado de manera inicial en algunos estudios de pacientes pediátricos, donde la sobrecarga de líquidos se relacionó con un incremento de la mortalidad [8]. La administración agresiva de líquidos por vía parenteral, particularmente de cristaloides, conduce a la expansión del líquido en el compartimiento extracelular, en un medio ya de por sí comprometido por incremento de la permeabilidad capilar. La caída resultante en la presión coloidosmótica plasmática a menudo complica las maniobras terapéuticas. Por otra parte, la sobrecarga hídrica condiciona edema en los tejidos favoreciendo alteraciones en el metabolismo, flujo sanguíneo y linfático, distorsión de la arquitectura normal culminando en la disfunción orgánica. Estos cambios se observan principalmente en los órganos encapsulados como es el caso de los riñones e hígado. También se ha demostrado como el edema tisular condiciona deterioro y alteraciones en los mecanismos de hemostasia y cicatrización de heridas. El llenado arterial insuficiente, la disfunción micro circulatoria, y el edema intersticial secundario conllevan a un estado de hipoperfusión sistémico, así como alteraciones regionales en la utilización tisular de oxígeno. Como resultado de los reflejos neuroendocrinos compensatorios y la potencial lesión renal aguda, la retención de agua y sodio contribuyen en el

desarrollo del balance hídrico positivo [9]. Por ende, los pacientes con enfermedades más graves requieren de una cantidad significativamente mayor de líquidos para optimizar su condición cardiovascular. Por lo tanto, el balance hídrico puede ser considerado como un biomarcador de la enfermedad crítica. [10]

La administración excesiva de líquidos durante las primeras 72 horas después del ingreso es el principal factor responsable de la sobrecarga temprana de líquidos durante el curso de una enfermedad crítica. [11] El cálculo de líquidos intravenosos de mantenimiento se basan en el método de Holliday-Segar. [11]

Actualmente, la administración de bolos de líquido es una intervención frecuente en el servicio de urgencias y la mayoría de los pacientes reciben entre 20 y 60 ml/kg antes del ingreso en la UCIP. Los riesgos y los efectos no deseados de este enfoque se han destacado en estudios recientes. La reanimación con líquidos adecuada aumenta el retorno venoso, el volumen diastólico y sistólico final y, en consecuencia, el volumen sistólico y el índice cardíaco. A pesar del uso clínico generalizado, los datos que respaldan la terapia de bolos de líquido en niños hospitalizados críticamente enfermos son muy débiles. Recientes estudios en adultos han enfatizado que el uso liberal del bolo de líquido está asociado con un balance de líquidos positivo, lo que expone a los pacientes a los riesgos asociados con la sobrecarga de líquidos [11].

Se estima que el 85% de los bolos de líquido cristaloides se redistribuyen en el tejido intersticial cuatro horas después de la administración o incluso menos en pacientes en estado crítico que tienen una fuga capilar aumentada. En la práctica diaria, los bolos de líquidos son la primera respuesta a múltiples escenarios sin un fuerte apoyo fisiológico, es decir, taquicardia debido a fiebre, dificultad respiratoria o dolor. [11].

No se puede descartar que el balance hídrico positivo sea solamente un marcador de gravedad de la enfermedad subyacente, más que un predictor independiente de complicaciones. Se ha reportado una alta frecuencia de sobrecarga hídrica en las primeras 24 horas de tratamiento con fluidos en pacientes críticamente enfermos con falla respiratoria, con soporte vital extracorpóreo o con uso de terapias de sustitución renal. [12]

Existen francas evidencias de que la administración temprana de fluidos con objetivos hemodinámicos específicos en los pacientes con sepsis y shock séptico se asocia con una mejoría significativa en la supervivencia a los 28 y 60 días después de la admisión. En contradicción a estos hallazgos, la sobrecarga hídrica se presenta como un predictor independiente de resultados adversos en niños críticamente enfermos con sepsis grave y shock. Además, algunos investigadores han encontrado que la sobrecarga de líquidos se mantuvo asociada independientemente con resultados adversos, como falla renal, después de descartar los efectos confusores de la gravedad de la enfermedad y la inestabilidad hemodinámica. También, debe tenerse en cuenta que los requerimientos de líquidos, así como la interpretación de los balances hídricos, varían de acuerdo con la edad. [12].

En un estudio, Wiedemann et al. asignaron al azar 1000 pacientes a una estrategia conservadora comparada con una liberal de manejo de líquidos. Los pacientes asignados al manejo conservador tuvieron un menor balance acumulado de líquidos, mejor índice de oxigenación y puntaje de lesión pulmonar, mayor número de días sin ventilador y reducción en la duración de la estancia en la UCIP. La estrategia de manejo conservador de líquidos no aumentó la incidencia o la prevalencia de shock durante el estudio o la necesidad de terapias de reemplazo renal [13]. El objetivo fue determinar la asociación entre el balance positivo de líquidos con medidas de resultado clínicamente importantes, como la duración de la ventilación, el índice de oxigenación (IO), la incidencia y la gravedad de la lesión renal aguda (LRA), los días de estancia en la UCIP y la muerte. [13]

La FO% aumentó independientemente la morbilidad y la mortalidad. Se observó que los niños con mayor grado de FO% tenían un mayor riesgo de mortalidad, mayor incidencia de ventilación mecánica, mayor duración de la ventilación y mayor IO. Se encontró que un porcentaje de FO de más del 20% se asociaba con un aumento significativo de la mortalidad y la morbilidad. Los niños con > 20% de FO tuvieron mayor riesgo de mortalidad en las primeras 72 horas de admisión en comparación con los niños con <20% de FO. Sin embargo, al comparar la duración de la estancia en UCIP y la estancia hospitalaria entre los supervivientes y los no sobrevivientes,



se encontró una correlación significativa con la FO solo 10% en comparación con el 10 al 20% de los grupos con FO. [13].

Por todo lo anterior se debe tener en cuenta que la evaluación precisa del estado del volumen es esencial para una terapia adecuada, ya que una evaluación inadecuada puede resultar en proporcionar un manejo innecesario. Existen varios métodos para evaluar el estado del líquido; sin embargo, la mayoría de las pruebas utilizadas actualmente son bastante inexactas.[14]

Una alternativa para evaluar el contenido de agua es el análisis de impedancia bioeléctrica, el cual es un método comúnmente utilizado para estimar la composición corporal, específicamente para detectar la hidratación de tejidos blandos. Es una prueba no invasiva, económica y altamente versátil que transforma las propiedades eléctricas de los tejidos en información clínica.[14]

El método de medida se basa en la inyección de una corriente eléctrica alterna de una intensidad muy pequeña, muy por debajo de los umbrales de percepción, en el cuerpo humano o en el tejido a medir. Esta corriente produce una tensión eléctrica, que es tanto mayor como mayor sea la impedancia eléctrica del material. El equipo obtiene el valor de la impedancia a partir de las medidas de amplitud de la corriente, amplitud de la tensión y el desfase entre tensión y corriente. [15]

El análisis de vector de bioimpedancia (BIVA) mide el volumen de líquido de todo el cuerpo y se basa en los patrones del gráfico de resistencia-reactancia, que relacionan la impedancia corporal con la hidratación corporal. La información clínica sobre la hidratación se obtiene a través de patrones de distribución de vectores con respecto a la población sana de la misma raza, sexo, clase de índice de masa corporal y edad. [14]

La medición de la impedancia eléctrica de todo el cuerpo se ha utilizado ampliamente para la estimación indirecta del agua corporal total (ACT). La técnica se ha validado en adultos, niños sanos, niños con fibrosis quística, trastornos del crecimiento, diabetes y enfermedad inflamatoria intestinal. [16]

Cuanto mayor sea el volumen de ACT por unidad de volumen de tejido, menor será la impedancia para el flujo de corriente alterna. Un modelo eléctrico simplificado de la trayectoria conductora entre la mano y el pie, que asume que el cuerpo es un

conductor cilíndrico, sugiere que el volumen del medio conductor (el cuerpo) es proporcional a  $L^2 / I$ , donde  $L$  e  $I$  denotan la longitud y la impedancia de la trayectoria conductora respectivamente. Suponiendo que la altura del individuo ( $H_t$ ) es proporcional a la longitud de la trayectoria, esto sugiere que el volumen de ACT es proporcional a  $H_t^2 / I$ , con la constante de proporcionalidad determinada a partir de la comparación con las estimaciones de dilución de isótopos de ACT. El método de impedancia para medir el ACT es indoloro, no invasivo y rápido, lo que permite realizar mediciones repetidas sin incomodidad para el individuo.[17].

Indranil Dasgupta, et. al. evaluaron la concordancia entre el agua corporal total (ACT) medida con bioimpedancia (BIVA) y una técnica estándar de oro en niños sanos (Modelo de cinética de la urea-UKM) en niños en hemodiálisis. Se encontró una buena concordancia entre ACT medida por bioimpedancia y ACT medida por UKM. Estos resultados sugieren que BIVA se puede usar en niños de hasta 2 años para medir el peso normalmente hidratado y evaluar el estado de los líquidos, se describe con sensibilidad de 100% y especificidad 92%. [17]. Por todo lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe correlación entre el balance hídrico acumulado y el contenido de agua corporal total medido por bioimpedancia en pacientes pediátricos en UTIP?

### **Justificación.**

A los pacientes pediátricos en estado crítico o grave en muchas ocasiones es necesaria la administración de líquidos intravenosos como parte del manejo inicial para ayudarlos a recuperarse del estado crítico inicialmente, sin embargo esta administración de líquidos en ocasiones pudiera ser excesiva debido a otros requerimientos necesarios para los pacientes en estado crítico (por ejemplo administración de líquidos de reanimación con cargas de 10-20 ml/kg, líquidos intravenosos de mantenimiento en base a Holliday Segar, infusiones continuas de medicamentos, productos sanguíneos y tratamientos por vía intravenosa).

La evidencia científica sugiere que al realizar el cálculo de la FO%, y resultar en más de 10 % esta se ha asociado con peores desenlaces clínicos en los pacientes graves. Esto fue demostrado de manera inicial en algunos estudios de pacientes pediátricos, donde la sobrecarga de líquidos se relacionó con un incremento de la mortalidad, incremento en los días de estancia hospitalaria, días de necesidad de ventilación mecánica, necesidad de terapia de reemplazo renal, generando así un costo extra para el paciente y los servicios de salud.

Por lo tanto, con este estudio se realizó la medición del agua corporal total mediante bioimpedancia y balance hídrico acumulado, para determinar cuál es el mejor método para determinar de manera temprana la existencia de sobrecarga de líquido en los pacientes pediátricos críticos y así mismo dar un manejo adecuado de manera temprana para evitar complicaciones en nuestros pacientes.

### **Hipótesis.**

Existe correlación entre el balance hídrico acumulado y la bioimpedancia para la detección de sobrecarga de líquidos en pacientes pediátricos con estado crítico.

### **Objetivos.**

#### **Objetivo primario:**

Evaluar la correlación entre la sobrecarga de líquidos medidos por balance hídrico acumulado y el agua corporal total medida con bioimpedancia en pacientes pediátricos críticos ingresado en unidades de cuidados intensivos pediátricas.

#### **Objetivos específicos:**

- Determinar el agua corporal total por BIVA, al ingreso y a las 48 h.
- Calcular balance hídrico acumulado (ingresos – egresos).
- Calcular el %FO
- Determinar la diferencia entre el agua corporal (ACT) inicial y a las 48 h.
- Determinar si existe correlación entre el %FO y la diferencia en el ACT

#### **Objetivos secundarios:**

- Correlacionar el aumento de peso con la sobrecarga de líquidos en pacientes no intubados, estables.
- Establecer la frecuencia de sobrecarga de volumen en el paciente críticamente enfermo.
- Medir la morbimortalidad de la sobrecarga de volumen en pacientes pediátricos de la unidad de terapia intensiva pediátrica.
- Identificar las principales complicaciones asociadas a la sobrecarga de volumen.

### **Sujetos y Métodos.**

Para dar respuesta a la pregunta de investigación se diseñó un estudio piloto de cohorte prospectiva que incluyó 30 pacientes [18]. El universo de estudio incluyó pacientes pediátricos de entre 1 mes de vida y 14 años 11 meses de edad que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto” del 9 de septiembre de 2019 al 05 de enero 2020, con balance hídrico estricto desde su ingreso, se incluyeron aquellos ingresaron procedentes del servicio de urgencias pediátricas y cuyos padres o tutores

autorizaron la participación en el estudio. Las variables incluidas en el estudio se describen en el Cuadro 3, en los anexos 1 y 2 se adjuntan el cronograma de actividades y la hoja de recolección de datos.

Cuadro 3 Variables estudiadas.

<b>Variables de interés para objetivo primario</b>				
<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores posibles</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>%FO</b>	Sobrecarga de líquidos calculada con la fórmula: = [(líquidos administrados - líquidos eliminados) / peso al ingreso] x 100 <sup>7</sup>	0-100	porcentaje	continua
<b>ACT</b>	Contenido de agua corporal total medida con BIVA	0-50	litros	continua
<b>Otras variables de interés</b>				
<b>Balance hídrico acumulado</b>	Relación que existe entre los ingresos y las pérdidas corporales en un determinado periodo de tiempo	1- 5000	ml	continua
<b>peso</b>	Determinado al ingreso por medición directa o calculado por edad.	2-100	kg	continua
<b>edad</b>	En meses posterior a la fecha de nacimiento	1-179	meses	continua
<b>Género</b>	Conjunto de características psicológicas, sociales, culturales u biológicas de un individuo.	Masculino / Femenino	NA	categorica

### **Análisis estadístico.**

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete Rcmdr versión 2.4-4 del software R versión 3.4.3 [19]. Se evaluó la normalidad de la distribución de las variables continuas con la prueba de Shapiro Wilk, las variables continuas se reportan como promedio  $\pm$  DE o mediana [RIQ] (min – máx.), de acuerdo con la distribución, las discretas como promedios min – máx.).

Para el análisis de la correlación se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson o el de Spearman dependiendo de la distribución de las variables.

### **Ética.**

La investigación se llevó a cabo de acuerdo con el reglamento de la ley general de salud en materia de investigación en seres humanos.

La metodología diagnóstica que se utilizó se considera de riesgo mínimo, al ser un estudio prospectivo que empleo el uso de datos a través de procedimientos comunes en exámenes de diagnósticos rutinarios (extracción de sangre por punción venosa) por lo que no se transgreden las normas de la conferencia de Helsinki de 1964 y su revisión de 2013.

Se obtuvo el consentimiento de los padres o tutores legales a través de un documento en donde se especifica el objetivo del estudio, tiempo de duración, así como los métodos y técnicas que se utilizarán (Anexo 3). Se aseguró la confidencialidad de los datos obtenidos. Se sometió a los comités de ética en investigación (anexo 4) y de investigación del Hospital central “Dr. Ignacio Morones Prieto” y se autorizó con el número 78-19 (Anexo 5).

## Resultados.

Del 09 de septiembre 2019 al 10 de enero 2020, ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto 56 pacientes. Se incluyeron 30 pacientes, que cumplían con los criterios de inclusión, 20 hombres y 10 mujeres, con una mediana para la edad de 64.5 meses, el 57% de los pacientes se pesaron, en el resto del peso se calculó. En los pacientes en los que se registró el peso posterior al egreso, se observó una disminución con una mediana de -170 g con respecto al peso de ingreso. El 65% de los pacientes requirieron ventilación mecánica y la mediana de tiempo fue de 6 días. Recibieron antibióticos el 72.4%, y presentaron complicaciones el 38%, la mediana de los días de estancia en la UTIP fue de 6.5 y dos pacientes fallecieron. Las características generales de los pacientes se describen en la Cuadro 4 y las figuras 1 y 2.

Cuadro 4 Características generales de los pacientes incluidos en el estudio.

Variable	N = 30 (%)
Edad (meses)	64.5 [114] (1 – 172)
Sexo Masculino: Femenino.	2:1
Peso al ingreso a UTIP (kg)	18.5 [22.6] (2.3 – 70)
Diferencia entre el peso de ingreso y el de egreso	-170 [205.8] (-639 - -20.3)
Determinación del peso medido calculado	17 (57) 13 (43)
Talla (cm)	115 [68] (51 – 165)
Ventilación mecánica	19 (65.5)
Días con VM	6 [3.75] (1 – 12)
Peso medido al egreso de UTIP (kg)	19.1 [20.4] 2.6 – 61
Estancia en UTIP (días)	6.5 [7.75] (1 -30)
Complicaciones	11 (38)
Ameritaron antibiótico	21 (72.4)
Defunción	2 (7)

Prueba Shapiro-Wilk  $p < 0.05$  mediana [RIC] (min-max),

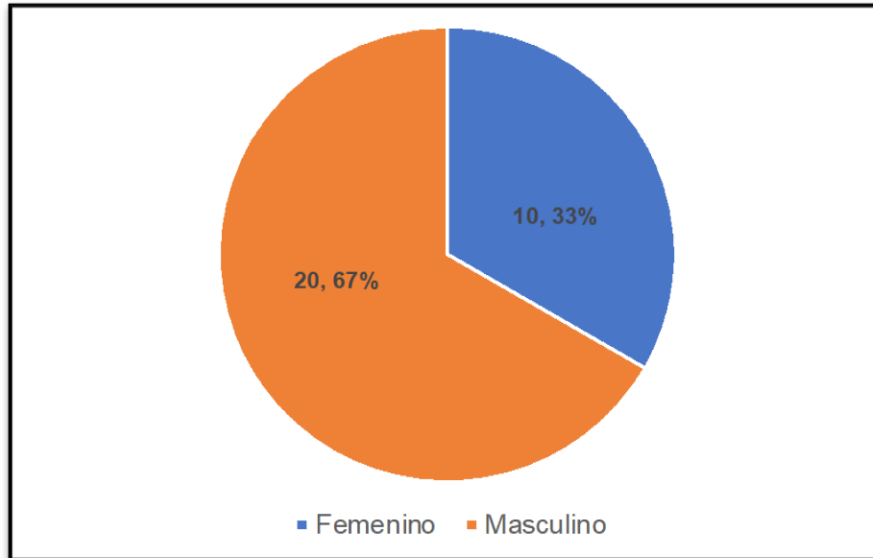


Figura 1 Distribución de los pacientes por sexo

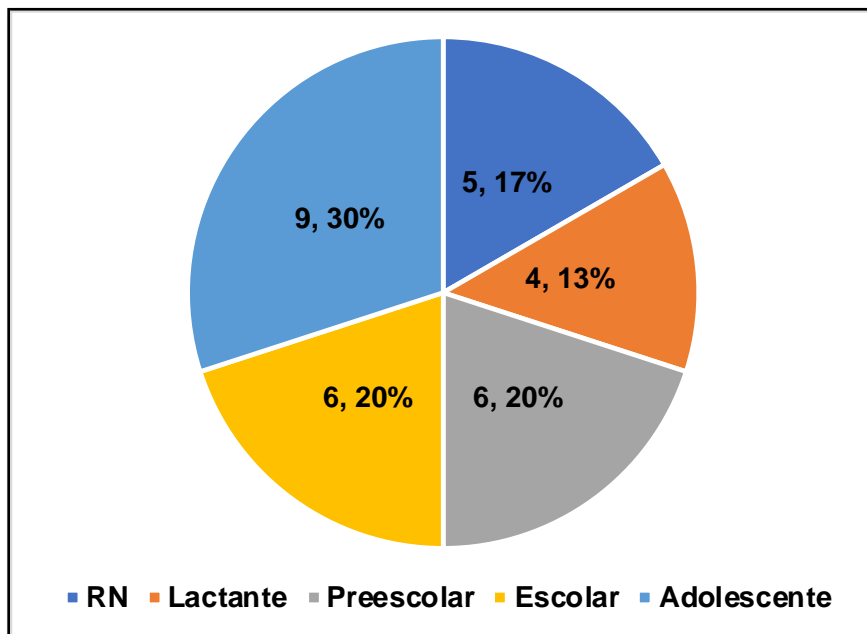


Figura 2 Distribución por grupo de edad de los pacientes incluidos en el estudio

En el 27% de los casos el motivo de ingreso fue por causa neurológica, seguida por causa respiratoria en el 23%, en el 13% posterior a cirugía, traumatismo e infecciosa en el 10% cada una, el resto de los motivos incluyeron: causa metabólica (7%), quemaduras (7%) y cardiovascular (3.5%) (figura 3).



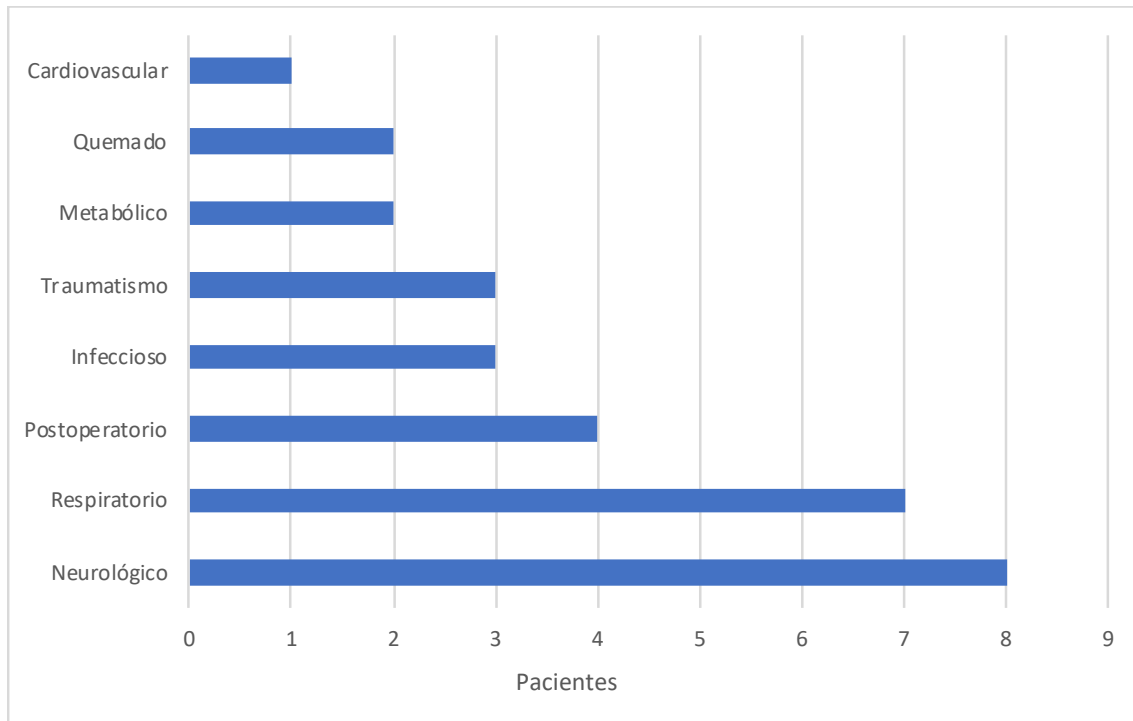


Figura 3 Motivo de ingreso a la Unidad de Cuidados Pediátricos de los pacientes incluidos en el estudio

A las 24 de estancia en UCIP se calculó una mediana de balance hídrico de 267 ml, a las 48 h de 267 ml y un acumulado de 371 ml, con una sobrecarga de volumen mayor al 10% a las 24 h en el 10% de los pacientes y a las 48 h en el 7%. La mediana del contenido de agua corporal total (ACT) en las primeras 24 h posterior al ingreso fue de 11.3 l, en el 47% menor a los esperado para la edad, en el 33% superior a lo esperado y sólo en el 20% dentro de límites normales. A las 48 h la mediana de ACT fue 11.3 l, y la diferencia en el contenido de agua entre la 24 y 48 h fue de 109.5 ml. (Cuadro 5 y Figura 4). El porcentaje con relación al peso inicial del contenido de agua por grupo de edad se describen en el cuadro 6.

Cuadro 5 Balance Hídrico y Contenido de agua corporal total a las 24 y 48 horas en pacientes que ingresaron a la UCIP

Variable	N = 30 (%)
Balance 24 h (ml)	170 [834.4] (-954.6 – 3075.2)
Balance 48 h (ml)	267 [742] (-2203 – 3892)

Balance acumulado 48 h (ml)	371 [1407] (-2914 – 6545)
Sobrecarga de volumen 24 h (%)	1.7 [3.54] (-1.46 – 14.7)
Sobrecarga de volumen 24 h > 10%	3 (10)
Sobrecarga de volumen 48 h (%)	3.5 [4.3] (-3.7 – 20.5)
Sobrecarga de volumen 48 h > 10%	2 (7)
Agua corporal total a las 24 h (l)	11.3 [12.02] (2.46 – 38.8)
Agua corporal total a las 48 h (l)	11.3 [12.5] (2.7- 39.6)
Delta agua corporal (ml)	109.5 [425.2] (-15,848 – 1272)

Prueba Shapiro-Wilk  $p < 0.05$  mediana [RIC] (min-max), sobrecarga de volumen = BH/peso inicial \*100.

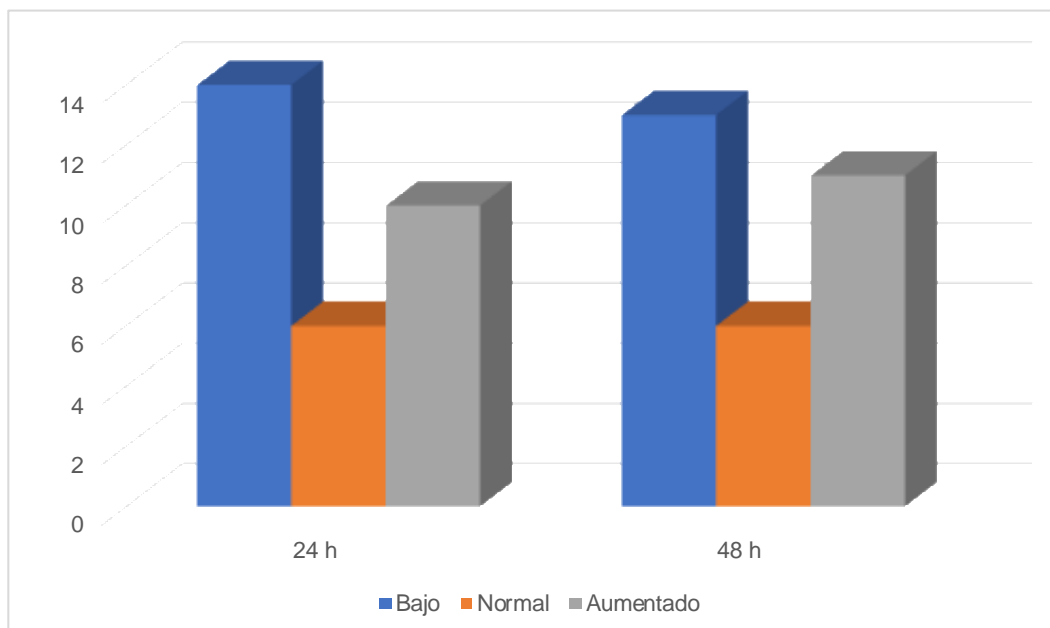


Figura 4 Porcentaje de agua corporal total con relación al peso inicial y a la edad.

Cuadro 6 Valores de referencia y contenido de agua en porcentaje de peso de los pacientes incluidos en el estudio por grupo de edad a las 24 y 48 h.

Grupo de edad	Valores de referencia (%)	24 h	48 h
Recién Nacido	70 - 90	79.5 [27.7] (68.6 – 110.2)	77 [23] (72.8 - 111.8)
Lactante	70	69.6 [13.8] (53.7 – 107.5)	76.5 [17.9] (62.5 – 126.2)
Preescolar	65	65.9 [1.2] (62 – 71.6)	68.5 [6.2] (62 – 76.4)

Escolar	60 - 65	61.2 [8.1] (51.1 – 96.5)	58.1 [6.6] (51.5 – 71.3)
Adolescencia	55 - 60	58.1 [1.7] (54.1 – 65.8)	58.3 [2.2] (52.9 – 67.9)

Se evaluó la correlación entre la sobrecarga de líquidos (%FO) medidos por balance hídrico acumulado y la diferencia en agua corporal total a las 48 h, encontramos una correlación del 39% (Coeficiente de correlación de Spearman=0.393, p=0.03) (Figura 5).

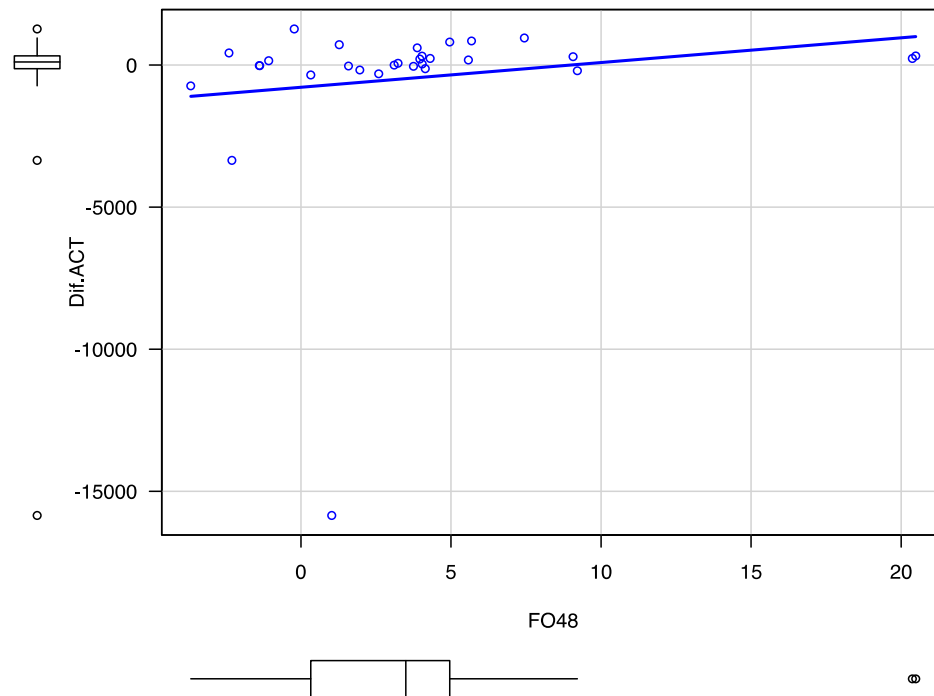


Figura 5 correlación entre la sobrecarga de líquidos (%FO) medidos por balance hídrico acumulado y la diferencia en agua corporal total a las 48 h

Se evaluó la correlación entre el balance acumulado a las 48 h y la diferencia en el contenido de agua entre la 24 y 48 h, la cual se reporta de 28.5%, no estadísticamente significativa (Coeficiente de correlación de Spearman=0.285, p=0.127) (Figura 6)

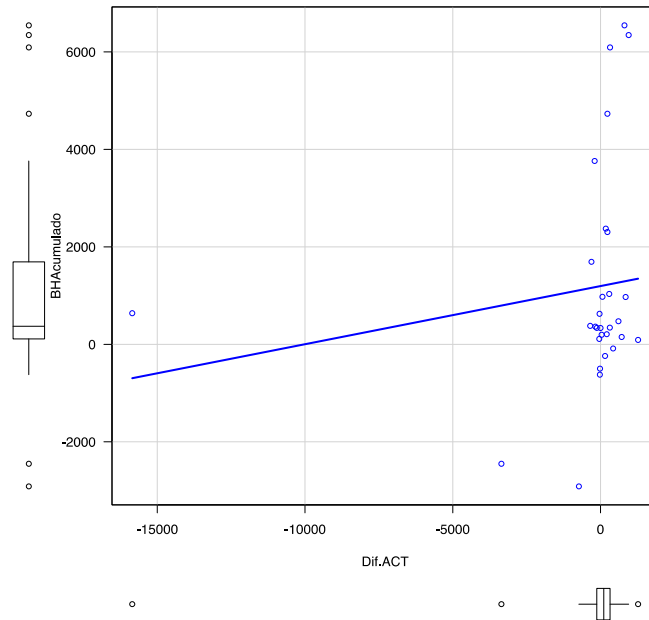


Figura 6 Correlación entre el balance hídrico acumulado a las 48 h y la diferencia de agua corporal total entre 24 y 48 h en pacientes que ingresaron a la UCIP.

Encontramos una correlación del 99.7% entre el ACT en las primeras 24 h y el peso inicial (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.997,  $p < 0.001$ ) (Figura 7).

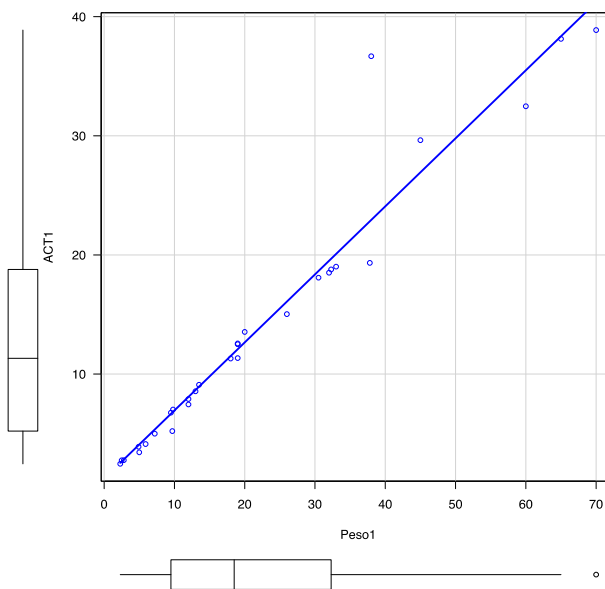


Figura 7 Correlación entre el agua corporal total en las primeras 24 h y el peso inicial en pacientes que ingresaron a la UCIP.

En 9 pacientes se determinó el ACT a las 72 h (Cuadro 4), se encontró una correlación negativa del 20% entre el balance hídrico acumulado (24, 48 y 72 h) y la diferencia entre el ACT determinada a las 24 h y a las 72 h (Coeficiente de correlación de Spearman = -0.2,  $p=0.613$ ), cuando se comparó esta diferencia con el balance hídrico acumulado (48, 72 h) se encontró una correlación negativa del 33% (Coeficiente de correlación de Spearman = -0.33,  $p=0.38$ ).

Cuadro 7 Balance Hídrico y Contenido de agua corporal total a las 72 horas en pacientes que ingresaron a la UCIP

Variable	n = 9
Balance 72 h (ml)	299 [212.5] (-1223.4 – 4189.1)
Balance acumulado 72 h (ml)	757 [817] (-1845.4 – 10733.8)
Sobrecarga de volumen 72 h (%)	4.9 [1.8] (1.5 – 9)
Sobrecarga de volumen 72 h > 10%	0
Agua corporal total a las 72 h (l)	7.4 [13.3] (4 – 38.8)
Delta agua corporal (ml)	427 [643] (-82 – 1011)

## Discusión.

La terapia con líquidos es la piedra angular de la reanimación en niños críticamente enfermos. El restablecimiento de un volumen intravascular adecuado mediante la administración agresiva temprana de líquidos puede salvar vidas, ya que tiene un impacto directo en la severidad y duración de la enfermedad, así como en las complicaciones que se puedan presentar. Sin embargo, más allá de la terapia con líquidos dirigida a la reanimación, los niños críticamente enfermos pueden recibir cantidades elevadas de líquidos "obligatorios" como parte de su manejo [4]. La evidencia científica sugiere que la sobrecarga de líquidos se asocia con peores desenlaces clínicos en los pacientes graves [8], actualmente la forma en la que en la mayoría de las UCIP se valora el estado hídrico de los pacientes es a través del cálculo del balance hídrico, el cual depende de la adecuada cuantificación de los ingresos y egresos (incluidas pérdidas insensibles) del paciente. Este método puede ser inexacto ya que en muchas unidades no se pueden medir directamente las pérdidas, las pérdidas insensibles con frecuencia se calculan con base en estudios realizados en niños sanos [20] y la diuresis por peso del pañal o en bolsa colectora. Por lo anterior planteamos realizar este estudio cuyo objetivo fue evaluar la correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia y el porcentaje de sobrecarga de líquidos de acuerdo a la fórmula descrita por Bagus y cols. [6] La correlación encontrada fue del 39%, aunque estadísticamente significativa fue una correlación moderada, estos resultados pueden deberse a las inexactitudes que se pueden presentar al cuantificar los ingresos y egresos del balance de líquidos, además es importante recordar que los pacientes críticos tienen pérdidas insensibles disminuidas ya que la mayoría respiran un aire caliente y humidificado; tienen poca o nula movilidad, y la hipertermia se evita en lo posible, como lo mencionado previamente por Duke T y cols. (21) al evaluar la administración de líquidos en pacientes pediátricos críticamente enfermos.

Por otro lado, estos pacientes pueden cursar con síndrome de secreción inapropiada de hormona antidiurética como ya fue documentado en estudios previos por Ellison DH y cols. (22), por tal motivo es importante encontrar un método que nos brinde información más objetiva del estado hídrico real de estos pacientes y la

bioimpedancia multifrecuencia ha sido probada para valorar el volumen de agua corporal de pacientes con enfermedad renal crónica que reciben hemodiálisis o diálisis peritoneal y se encontró que correlaciona adecuadamente con las técnicas de dilución que son consideradas las más exactas [23]. Contrario a lo descrito previamente, Dasgupta y cols. encontraron que en los niños sanos la bioimpedancia sobreestima el agua corporal total [17].

Encontramos una correlación entre el agua corporal total medida por bioimpedancia y el peso inicial del 99%, también se encontró una correlación negativa entre el balance y agua corporal total lo cual puede ser explicado porque existe una sobreestimación de las pérdidas insensibles de los pacientes, el cálculo del balance hídrico y que no se cuenta con el peso de los pacientes que pueda orientar si existe correlación entre el balance ya sea positivo o negativo y la ganancia y o pérdida de peso del paciente.

En 2018 Rashid y cols. realizaron una revisión sistemática entre la asociación del balance de líquidos y sus resultados en niños críticamente enfermos, así como los métodos para estimar el balance hídrico principalmente a través de 4 fórmulas que incluyen de forma continua el peso medido del paciente [24].

Es importante mencionar que en los pacientes lactantes las mediciones encontradas de agua corporal total fueron elevadas, mayores al 100% esto se puede deber a que en este grupo de edad el contenido de agua corporal total es mayor que en el de niños mayores, acorde a lo señalado por Dasgupta y cols [17], la bioimpedancia aún no está ampliamente descrita para su uso en pacientes menores de 2 años.

En cuanto a sobrecarga de volumen esta es considerada como un factor que impacta en la morbilidad y mortalidad del paciente cuando es mayor del 10%, en este estudio sólo se realizaron mediciones a las 24 y 48 h por lo que no es posible evaluar asociaciones con morbimortalidad. Consideramos es importante realizar mediciones continuas durante toda la estancia del paciente en la UCIP para valorar de forma adecuada la sobrecarga de volumen y su impacto principalmente en la estancia hospitalaria, los días de ventilación mecánica y la mortalidad.

Es importante continuar con este estudio incluyendo más pacientes para poder validar este método ya que es una herramienta que nos permite conocer la composición hídrica real y nos permitirá de manera más objetiva tomar decisiones con respecto al manejo de líquidos en los pacientes.

### **Limitaciones y/o nuevas perspectivas de investigación.**

La principal limitación de este estudio es que se trata de un estudio piloto con 30 pacientes. Además, no se contó con peso diario de los pacientes, ya que no se cuenta con camas metabólicas.

Otra limitación fue que se incluyeron pacientes menores de 2 años, que el estudio se limitó a 48 h.

Es un estudio que debe continuarse, con mediciones diarias del peso (cuando sea posible), balance hídrico y ACT hasta que el paciente egrese de la UCIP.

### **Conclusiones**

- Existe una correlación moderada entre el %FO y el ACT a las 48 h.
- No existe correlación entre contenido de agua medido por impedancia y balance hídrico
- Es deseable contar con el peso diario de los pacientes para lograr realizar un balance más real de líquidos
- En el manejo de líquidos debe incluirse la bioimpedancia o una medición más objetiva de los líquidos corporales



### **Bibliografía.**

1. Rodríguez-Weber MA; González-Zamora, JF; Arredondo-García, JL; López-Candiani, C. Consumo de agua en pediatría. *Acta Pediatr Mex.* 2013; 34:96-101.
2. Arredondo-García JL, Méndez-Herrera A, Medina Cortina H, Pimentel-Hernández C. Agua: la importancia de una ingesta adecuada en pediatría. *Acta Pediatr Mex.* 2017;38(2):116-124.
3. Terris M; Crean P; Fluid and electrolyte balance in children. *Anaesthesia and intensive care medicine.* 2011; 13: 15-19.
4. Lander A; Updated guidelines for the management of fluid and electrolytes in children; *Surgery.* 2016; 34: 213-216.
5. Alobaidi R, Morgan C, Basu R, Stenson E, Featherstone R. Association Between Fluid Balance and Outcomes in Critically Ill Children. *JAMA Pediatrics.* 2018; 172: 257-268
6. Sutawan IBR, Wati DK, Suparyatha IBG. Association of fluid overload with mortality in pediatric intensive care unit; *Crit Care Shock;* 2016; 19:8-13
7. Bhaskar P, Dhar AV, Thompson M, Quigley R, Modem V. Early fluid accumulation in children with shock and ICU mortality: a matched case-control study. *Intensive Care Med.* 2015; 41: 1445-53.
8. Lopes CLS, Piva JP. Fluid overload in children undergoing mechanical ventilation. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2017; 29(3): 346-353.
9. Carrillo-Esper R, Peña-Pérez CA. Alteraciones biomoleculares secundarias a la sobrecarga hídrica. *Revista Mexicana de Anestesiología.* 2015; 38: S216 – S217
10. Raina R, Sethi SK, Wadhvani N, Vemuganti M, Krishnappa V, Bansal SB. Fluid Overload in Critically Ill Children. *Front Pediatr.* 2018; 6: 1 - 18
11. Díaz F, Nuñez MJ, Pino P, Erranz B, Cruces P. Implementation of preemptive fluid strategy as a bundle to prevent fluid overload in children with acute respiratory distress syndrome and sepsis. *BMC Pediatrics* 2018; 18: e106 – e111.

12. Naveda Romero OE; Naveda Meléndez AF. Fluid overload and kidney failure in children with severe sepsis and septic shock: A cohort study.; Arch Argent Pediatr; 2017; 115: 118–124.
13. Claire-Del Granado R, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management. BMC Nephrology; 2016; 17: 109
14. Muttath A, Annayappa Venkatesh L, Jose J, Vasudevan A, Ghosh S. Adverse Outcomes due to Aggressive Fluid Resuscitation in Children: A Prospective Observational Study. J Pediatr Intensive Care; 2018; 8: 64-70
15. Piccoli A1, Nescolarde LD, Rosell J.. Conventional and vectorial analysis of bioimpedance in clinical practice. Nefrología; 2002; 22: 228-238.
16. Bradbury MG, Smye SW, Brocklebank JT. Assessment of the sensitivity of bioimpedance to volume changes in body water. Pediatr Nephrol; 1995; 9: 337-340.
17. Dasgupta I, Keane D, Lindley E, Shaheen I, Tyerman K et al. Validating the use of bioimpedance spectroscopy for assessment of fluid status in children; Pediatric Nephrology. 2018); 33: 1601-1607
18. Browne RH. On the use of a pilot sample size determination. Statistics in Medicine 1995; 14: 1933 – 1940.
19. R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
20. Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. Pediatrics 1957;19;823-832
21. Duke T, Molyneux EM. Intravenous fluids for seriously ill children: time to reconsider. Lancet 2003; 362:1320–1323
22. Ellison DH, Berl T Clinical practice. The syndrome of inappropriate antidiuresis. N Engl J Med 2007; 356: 2064–2072
23. Milani GP, Groothoff JW, Vianello FA, Fossali EF, Paglialonga F et al. Bioimpedance and Fluid Status in Children and Adolescents Treated With Dialysis. Am J Kidney Dis. 2017; 69: 428-435



24. Alobaidi R, Morgan C, Basu RK, Stenson E, Featherstone R et al. Association Between Fluid Balance and Outcomes in Critically Ill Children. A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr.* 2018; 172: 257–268

## Anexos.

### 1. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	Abril 2019	Abril - Mayo 2019	Mayo 2019	julio 2019	Agosto_ Diciembre 2019	Enero 2020	Febrero 2020
Autorización por el comité académico de pediatría							
Búsqueda y revisión de bibliografía							
Estructuración del protocolo							
Presentación al CEI y CI							
Autorización y registro							
Recolección de datos							
Análisis de la información							
Presentación de resultados							

## 2. Hoja de recolección de datos

NUMERO \_\_\_\_\_

### HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**REGISTRO:** \_\_\_\_\_

**GENERO:**  M  F

**EDAD:** \_\_\_\_\_

**PESO AL INGRESO:** \_\_\_\_\_  CALCULADO  MEDIDO

**MOTIVO DE INGRESO:** \_\_\_\_\_ (0= infeccioso, 1= traumático, 2= metabólica, 3= cardiovascular, 4= respiratoria, 5= vigilancia postquirúrgica, 6= quemadura, 7= neurológica)

	BALANCE HIDRICO ACUMULADO	% FO	BIVA
24 HORAS DEL INGRESO			
48 HORAS DEL INGRESO			
72 HORAS DEL INGRESO			

FECHA DE INGRESO: \_\_\_\_\_ FECHA DE EGRESO: \_\_\_\_\_

**DIAS DE ESTANCIA EN UTIP** \_\_\_\_\_

**MOTIVO DE EGRESO DE UTIP:**  MEJORIA  DEFUNCIÓN

#### COMPLICACIONES:

SEPSIS  SI  NO CHOQUE SEPTICO  SI  NO

NEUMONIA  SI  NO BACTEREMIA  SI  NO

IVU  SI  NO ESQUEMA DE ANTIBIOTICOS: \_\_\_\_\_

CHOQUE HIPOVOLEMICO  SI  NO FALLA RENAL  SI  NO

OTRO: \_\_\_\_\_

1. Resistencia: \_\_\_\_\_ Impedancia: \_\_\_\_\_ Porcentaje de agua: \_\_\_\_\_ Fecha y hora \_\_\_\_\_

2. Resistencia: \_\_\_\_\_ Impedancia: \_\_\_\_\_ Porcentaje de agua: \_\_\_\_\_ Fecha y hora \_\_\_\_\_

3. Resistencia: \_\_\_\_\_ Impedancia: \_\_\_\_\_ Porcentaje de agua: \_\_\_\_\_ Fecha y hora \_\_\_\_\_