

“Concordancia entre métodos de valoración de imbalance del estado ácido-base en la  
unidad de cuidado intensivo pediátrico”

Juan Francisco López Cubillos

COD. 598783

Trabajo de grado para optar al título de especialista en Pediatría

Tutor:

Luis Carlos Maya Hijuelos

Profesor asociado

Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Departamento de Pediatría

Bogotá, 2013

## Contenidos

1. Justificación
2. Objetivo
3. Marco teórico
4. Diseño
5. Resultados
6. Conclusiones
7. Discusión
8. Bibliografía

## 1. JUSTIFICACIÓN

Las alteraciones del estado ácido base son comunes en los pacientes en estado crítico y se consideran marcador tanto de gravedad como de pronóstico. (1,2)

Existen varios métodos de valoración del estado ácido base. El primero es el tradicional denominado aproximación de Henderson-Hasselbach (HH) el cual basa los cambios de pH en la concentración de bicarbonato y la presión de CO<sub>2</sub> en el organismo. El segundo es la aproximación de Stewart que se basa en el concepto de electro-neutralidad y en la ley de conservación de masas, fundamentándose en que la concentración de hidrogeniones en plasma es una consecuencia de los cambios que ocurren en tres variables independientes: la PaCO<sub>2</sub>, la diferencia de iones fuertes y la concentración de ácidos débiles no volátiles. (3)

Ambos métodos tienen ventajas, el de Henderson-Hasselbach tiene mayor facilidad para el cálculo de los estados de imbalance ácido-base y su costo es menor. El método de Stewart puede ofrecer mayor información acerca del estado ácido-base ya que tiene en cuenta un mayor número de variables, aclarando posibles etiologías del imbalance.

Estudios recientes han comparado estos métodos encontrando diferentes resultados en cuanto al valor pronóstico de los mismos.( ).Otros autores consideran que los dos métodos brindan información similar en los estados de imbalance y que por eso cualquiera de los dos se puede usar indistintamente.

En la literatura revisada no se encontraron estudios que midan la concordancia entre los dos métodos, por lo tanto el presente trabajo pretende aportar información que nos permita establecer si se puede utilizar cualquiera de ellos en el diagnóstico de los trastornos ácido básicos.

## 2. OBJETIVO PRINCIPAL

Establecer la concordancia entre los métodos tradicional (Henderson Hasselbach) y el de Stewart para el diagnóstico de los trastornos ácido base en niños en la unidad de cuidado intensivo pediátrico.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.1 Evaluar la información obtenida que nos permita establecer pronóstico de mortalidad entre los dos métodos.

3.2 Aportar información a la literatura sobre la posible utilidad del uso del método de Stewart en los pacientes pediátricos.

#### 4. Marco Teórico

En el estudio del estado de imbalance ácido base de los pacientes puede haber distintas aproximaciones. El método que se ha utilizado más frecuentemente es el de Henderson-Hasselbach a veces complementado con el cálculo de la brecha aniónica. Sin embargo existe la duda acerca de si el método de Stewart puede dar una mejor información.(3)

El estado ácido base es importante ya que sus alteraciones influyen sobre muchas de las funciones celulares y sistemas enzimáticos; por lo tanto la regulación corporal de la concentración de hidrógeno es muy estrecha. Dentro de las alteraciones secundarias a acidosis, se incluyen vasodilatación, vasoconstricción, disfunción miocárdica, fibrilación ventricular, resistencia a los estimulantes adrenérgicos, trastornos electrolíticos, hipotensión y choque. Los efectos de la alcalosis incluyen entre otros arritmias, vasoconstricción cerebral. (3)

##### Método de Henderson Hasselbach (HH)

En este método la concentración de hidrogeniones  $[H^+]$  depende de la relación entre ácidos y bases del organismo, que se comportan como donantes o aceptores de protones respectivamente. Se define ácido aquella molécula que puede liberar iones hidrógeno en una solución y una base como un ión o una molécula que puede aceptar un ión de hidrogeno. (4,5)

La concentración de  $[H^+]$  en el organismo varía entre 16-100 nmol/L siendo normal 40 nmol/L; la expresión en nmol es baja con respecto a la concentración de otros elementos expresados en mmol/L, por lo que para facilitar el manejo se expresa la concentración como pH, que es el logaritmo negativo de la concentración de hidrógeno.

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

Este método considera que el mantenimiento del pH se logra por reguladores químicos, compensaciones respiratorias y compensaciones renales. Los reguladores químicos del pH son reacciones inmediatas que controlan los cambios en la concentración de hidrógeno. La compensación respiratoria modifica el pH controlando la concentración de  $CO_2$  en el

organismo. La compensación renal consiste en el control de la excreción de bicarbonato e hidrogeniones en la orina. (4)

La concentración de CO<sub>2</sub> modifica la concentración de hidrogeniones a través de la anhídrida carbónica, mediante la siguiente reacción.



En el método de HH se analiza el balance ácido base de acuerdo a la relación entre el CO<sub>2</sub> y el HCO<sub>3</sub> para identificar las alteraciones metabólicas y respiratorias. Henderson describió la constante de concentración de hidrogeno en el cuerpo de acuerdo a la relación entre ácido carbónico y bicarbonato por medio de la siguiente ecuación:

$$[\text{H}^+] = K_a \times ([\text{H}_2\text{CO}_3] / [\text{HCO}_3^-])$$

Hasselbach transformó este modelo dando la siguiente fórmula, denominada fórmula de Henderson-Hasselbach:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log ([\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3])$$

Como a un pH de 7.4 el H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> está completamente disociado se reemplaza por su relación con la pCO<sub>2</sub> dando así la siguiente ecuación.

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log ([\text{HCO}_3^-] / 0.225 \times \text{pCO}_2)$$

En este sistema el pK<sub>a</sub> es 6.1 a una temperatura de 37°C y 0.225 es el cociente de solubilidad del CO<sub>2</sub> en el plasma.

Este modelo asume que el bicarbonato y el dióxido de carbono son variables independientes; por tanto las modificaciones en el pH serán consecuencia de los cambios en la relación entre el bicarbonato y el CO<sub>2</sub>. Entonces las alteraciones del CO<sub>2</sub> corresponderán a trastornos respiratorios y las de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a trastornos metabólicos; y mediante la modificación en la concentración de estas sustancias se dará la regulación del pH. (4)

Sin embargo existen otros métodos de regulación del pH que actúan en forma simultánea con el anterior conformados por ácidos débiles con sus correspondientes bases. Estos ácidos tienen constantes de disociación cercanas al pH fisiológico. Los reguladores se

representan como  $AH \rightleftharpoons A(-) + H(+)$  siendo la forma sin disociar el ácido y la forma disociada la base. En este modelo al adicionar hidrogeniones la fórmula se desviará hacia la izquierda y si se adiciona bases se desviará hacia la derecha. La capacidad de cualquier regulador depende de su constante de disociación (pK) y de su concentración.

Los principales sistemas de regulación son el bicarbonato, el fosfato, las proteínas y la hemoglobina. El sistema de regulación por medio del bicarbonato tiene un pK de 6.1 por lo que funciona mejor a pH ácido, además la anhidrasa carbónica acelera la reacción y los componentes pueden ser regulados de forma independiente, con la remoción de CO<sub>2</sub> a nivel pulmonar y la producción de bicarbonato a nivel renal.

El fosfato con pKa de 6.8 tiene un mejor funcionamiento que el bicarbonato, pero la concentración plasmática es baja; es útil a nivel tubular renal. Las proteínas con grupos carboxilo y amino en la cadena polipeptídica y pKa cercano a 7.4 son reguladores adecuados y son los principales reguladores a nivel intracelular. La hemoglobina que de acuerdo a su oxigenación tiene pK 6.8 oxihemoglobina y pK 7.8 como deoxihemoglobina. (4)

El sistema respiratorio controla los cambios del pH a través del control de la concentración de CO<sub>2</sub>, con la información censada en quimiorreceptores y receptores de CO<sub>2</sub> la cual es enviada al centro respiratorio medular que controla la ventilación.

El riñón controla la concentración de bicarbonato en el cuerpo, mediante la reabsorción y producción de este y por medio de la secreción de ácidos titulables. Estos cambios se generan de forma mas lenta que los respiratorios ya que pueden demorar días, sin embargo logran corregir completamente los estados de imbalance ácido base. (4)

Los datos obtenidos se analizan de acuerdo a los valores de pH, bicarbonato y pCO<sub>2</sub>; estableciendo inicialmente si se presenta acidosis o alcalosis. Los valores normales para sangre arterial. pH: 7.35 – 7.45 PCO<sub>2</sub>: 35-45mmHg HCO<sub>3</sub>: 20-26 meq/l y para sangre venosa: pH: 7.32 – 7.38 PCO<sub>2</sub>: 42-50mmHg HCO<sub>3</sub>: 22-27meq/l. (3)

Posteriormente se establecerá el origen de la acidosis o alcalosis, analizando los cambios en el bicarbonato y la pCO<sub>2</sub>, estableciendo así que los cambios en el bicarbonato generaran alteraciones metabólicas, y los cambios en la pCO<sub>2</sub> alteraciones respiratorias.

Después se establecerá si se generó un trastorno mixto (metabólico y respiratorio) y si es agudo o crónico, mediante la aplicación de las siguientes fórmulas (3):

- Disminución del pH esperado para acidosis respiratoria aguda

$$\Delta \text{pH} = 0.08 \times (\text{PaCO}_2 \text{ medido} - 40) / 10$$

- Disminución del pH esperado para acidosis respiratoria crónica

$$\Delta \text{pH} = 0.03 \times (\text{PaCO}_2 \text{ medido} - 40) / 10$$

- Cambio del pH esperado para alcalosis respiratoria aguda

$$\Delta \text{pH} = 0.08 \times (40 - \text{PaCO}_2 \text{ medido}) / 10$$

- Cambio del pH esperado para alcalosis respiratoria crónica

$$\Delta \text{pH} = 0.03 \times (40 - \text{PaCO}_2 \text{ medido}) / 10$$

- PCO<sub>2</sub> esperada para acidosis metabólica

$$\text{PCO}_2 = (1.5 \times \text{HCO}_3^- + 8) \pm 2$$

- Cambio en el bicarbonato para acidosis respiratoria aguda

$$\text{HCO}_3 \text{ esperado} = 24 + [(\text{pCO}_2 \text{ actual} - 40) / 10]$$

- Cambio en el bicarbonato esperado para acidosis respiratoria crónica

$$\text{HCO}_3 \text{ esperado} = 24 + 4 * [(\text{pCO}_2 \text{ actual} - 40) / 10]$$

- Cambio en el bicarbonato esperado en alcalosis respiratoria aguda

$$\text{HCO}_3 \text{ esperado} = 24 - 2 * [(40 - \text{pCO}_2 \text{ actual}) / 10]$$

- Cambio en el bicarbonato esperado en alcalosis respiratoria crónica



$$\text{HCO}_3 \text{ esperado} = 24 - 5 * [(40 - \text{pCO}_2 \text{ actual})/10]$$

### Brecha Aniónica (BA)

Otro dato importante al analizar el estado ácido base es la medida de la brecha aniónica definida como la diferencia entre los cationes y los aniones y cuyo valor normal está entre 12-16 mEq/L. Esta se basa en la ley de electroneutralidad que consiste en que la cantidad de cargas positivas y negativas en una solución son iguales. (3)

$$\text{BA} = \text{Na} + \text{K} - \text{Cl} - \text{HCO}_3$$

Este resultado representa la suma de los aniones no medidos (sulfatos, proteínas, aniones orgánicos) y su aumento corresponderá a un aumento de los aniones no medidos. Este elemento es útil en la búsqueda de etiología en las acidosis metabólicas, en las que el aumento puede indicar la presencia de un ácido no medido de forma habitual como el lactato.

Como las proteínas también afectan la brecha aniónica es conveniente corregir el resultado de acuerdo a los niveles de albúmina mediante la siguiente fórmula. Teniendo en cuenta el valor de albúmina en g/dL.

$$\text{BA} = \text{Na} + \text{K} - \text{Cl} - \text{HCO}_3 + (2.5 \times (4 - \text{albúmina medida}))$$

Las acidosis con brecha aniónica normal pueden deberse a pérdida de bicarbonato, insuficiencia tubular renal, ingesta de  $\text{H}^+$ . Cuando la brecha aniónica se encuentra aumentada, las posibilidades diagnósticas son dadas por presencia de aniones de origen no orgánico (ácido láctico, cetoácidos, insuficiencia renal) o tóxicos (salicilatos, metanol, etilén glicol, entre otros). (3)

### Modelo de Stewart

Los autores que difieren del método de HH consideran que este interpreta los cambios en la  $\text{pCO}_2$  y el  $\text{HCO}_3$  como variables independientes, lo cual hace que pierda especificidad; esto debido a que estas variables están relacionadas y cambian en forma secundaria con otras. Además refieren que el modelo no considera todos los factores que influyen en el equilibrio ácido base.

Por lo anterior Stewart propone un nuevo modelo basado en 3 principios: la neutralidad electroquímica, la conservación de masas y la disociación del agua.

La neutralidad electroquímica consiste en que en cualquier solución acuosa la concentración de iones positivos y negativos son iguales, dando una carga neta de cero. La conservación de masa se refiere a que la cantidad de las sustancias que se encuentran en diferentes formas en una solución (disociada y no disociada) es constante a menos que se adicione o remueva del sistema. (6)

Lo anterior supone que la concentración de  $H(+)$  en una solución es consecuencia del grado de la disociación del  $H_2O$  en  $H(+)$  y  $OH(-)$  y esta a su vez depende tres variables independientes que intervienen sobre el grado de disociación:  $pCO_2$ , la concentración total de ácidos débiles ( $A_{tot}$ ) y la diferencia de iones fuertes (DIF). (7)

Hay otras variables que se consideran dependientes (ej  $HCO_3$ ) cuya variación afecta el pH, sin embargo su modificación no tiene consecuencia en las variables independientes ( $pCO_2$ ,  $A_{tot}$ , DIF). Entonces los cambios en la concentración de hidrogeniones y de bicarbonato son secundarios y se dan al mismo tiempo, no como consecuencia de la interacción entre ellos sino como respuesta a cambios en las variables independientes; aunque estos guarden una relación matemática, que es lo que se evidencia en la teoría de Henderson-Hasselbach lo cual explicaría su utilidad en el diagnóstico de los trastornos ácido-base.

Entonces los cambios en el pH no se dan por movimiento de los hidrogeniones y del bicarbonato a través de los compartimentos corporales; sino a las modificaciones en la DIF, la  $pCO_2$  y  $A_{tot}$  que determinan la disociación de los hidrogeniones por lo tanto pH de cada compartimento. Tabla 1

Variables independientes	Variables dependientes
$CO_2$ Diferencia de iones fuertes Ácidos débiles no volátiles	Concentración de hidrogeniones Concentración de $OH$ $HCO_3$

Tabla 1: Variables determinantes del estado ácido-base

Entre las variables independientes se encuentra la pCO<sub>2</sub> cuya modificación logra generar cambios rápidos en la concentración de hidrogeniones, aumentándola o disminuyéndola.

Los Atot constituyen otra variable independiente (ver tabla 2) y se caracterizan por tener un pK mayor a 5.4, de ellos los principales son las proteínas como la albúmina y el fosfato. El aumento o disminución de estos genera un cambio en la concentración de hidrogeniones, produciendo acidosis o alcalosis respectivamente. Su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula

$$\text{Atot} = \text{albumina} * 0.15 * (8.0 * \text{pH} - 41) + \text{PO}_4 * 0.322 * (0.30 * \text{pH} - 0.4)$$

<b>Imbalance ácido base por modificación de ácidos débiles (Atot)</b>	
<b>Acidosis</b>	<b>Alcalosis</b>
Hiperalbuminemia	Hipoalbuminemia
Hiperfosfatemia	Hipofosfatemia

Tabla 2

La DIF corresponde a la resta entre aniones y cationes que permanecen completamente disueltos en una solución tales como sodio, potasio, magnesio, cloro, calcio y lactato, los cuales intervienen en el grado de disociación del agua. En el plasma al medir los iones se evidencia una diferencia a favor de los cationes alterando así la disociación del agua en la solución. Esto conforma la DIF aparente (DIFa) que se calcula con los iones fácilmente medibles:

$$\text{DIFa} = \text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} - \text{Cl} - \text{lactato}$$

El valor de normal de la DIFa es de 40 a 42 mEq/L, una reducción en este resultado originaría acidosis, independientemente del valor absoluto de los componentes de la DIFa. Las modificaciones en la DIF se pueden dar: 1) por alteraciones en la concentración, como en la deshidratación que lleva a la alcalosis (aumento de la DIF) o en la sobrehidratación que produciría acidosis (disminución de la DIF); 2) por alteración de los iones fuertes.

También se puede calcular la DIF efectiva que incluye los elementos de carga negativa en el plasma tales como la albúmina, el fosfato y el bicarbonato mediante la siguiente fórmula (6)

$$DIFe = HCO_3 + Atot.$$

Se supone que al DIFa y la DIFe deben ser iguales, y la resta entre las dos se denomina brecha aniónica fuerte (BIF) cuyo resultado debe ser cero. Cualquier resultado diferente indica la presencia de aniones no medidos, como sulfato, cetoácidos, citrato, piruvato y gluconato (ver gráfico 1). (6,7) Se ha comprobado que la alteración de la BIF con valores mayores a 2 mEq/l se asocia a presencia de ácidos no medidos de forma comúnmente, como el ácido aspártico, succínico, glutámico. (17).

---

### **Iones fuertes y débiles**

<b>Iones fuertes</b>	<b>Iones débiles</b>
Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> (-)
K <sup>+</sup>	HPO <sub>3</sub> (-)
Mg <sup>2+</sup>	Albúmina (-)
Ca <sup>2+</sup>	
Cl <sup>-</sup>	
SO <sub>4</sub> (-)	
Lactato	

---

Tabla 3

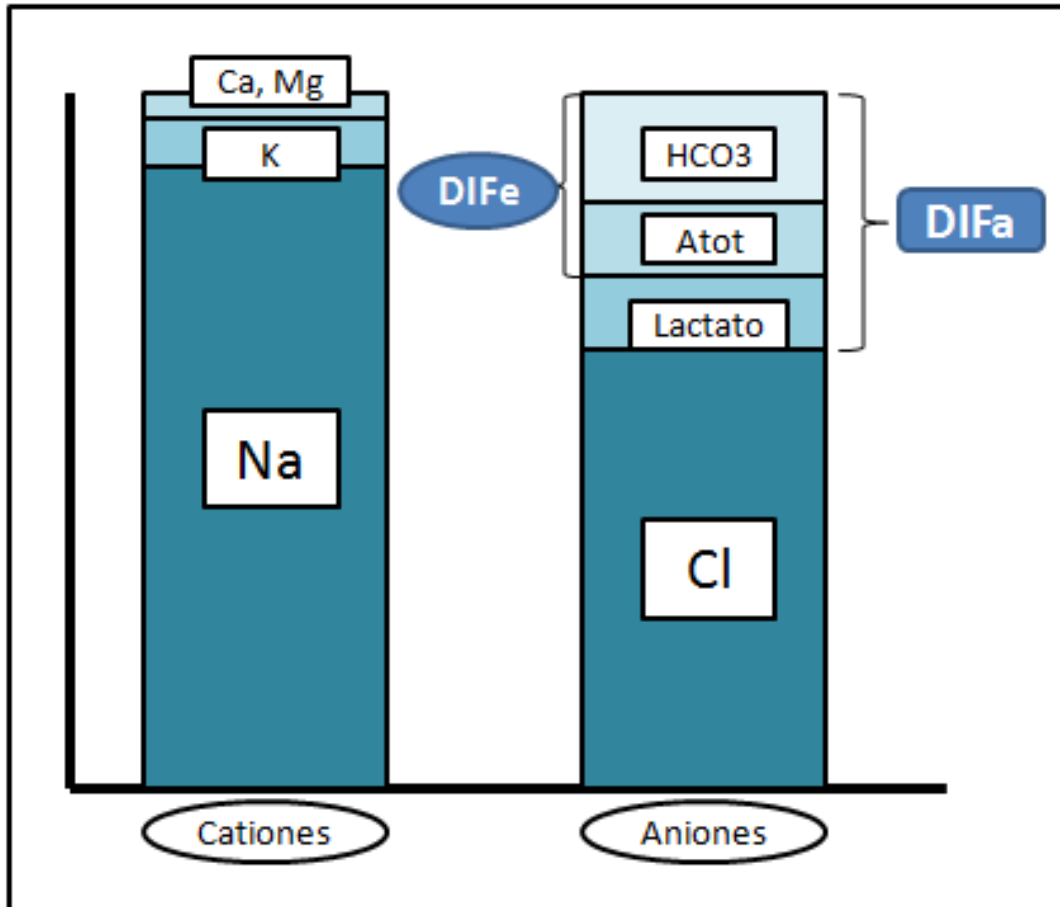


Ilustración 1

En la ilustración 1 se muestran los elementos que componen la DIF, la BIF y Atot.

De acuerdo a los resultados de las 3 variables independientes, los trastornos por se pueden dividir también en respiratorios y metabólicos (ilustración 2). Si se evidencia alteración en el pH se procede a valorar la  $pCO_2$ , Atot y DIF. Encontrando las siguientes posibilidades:

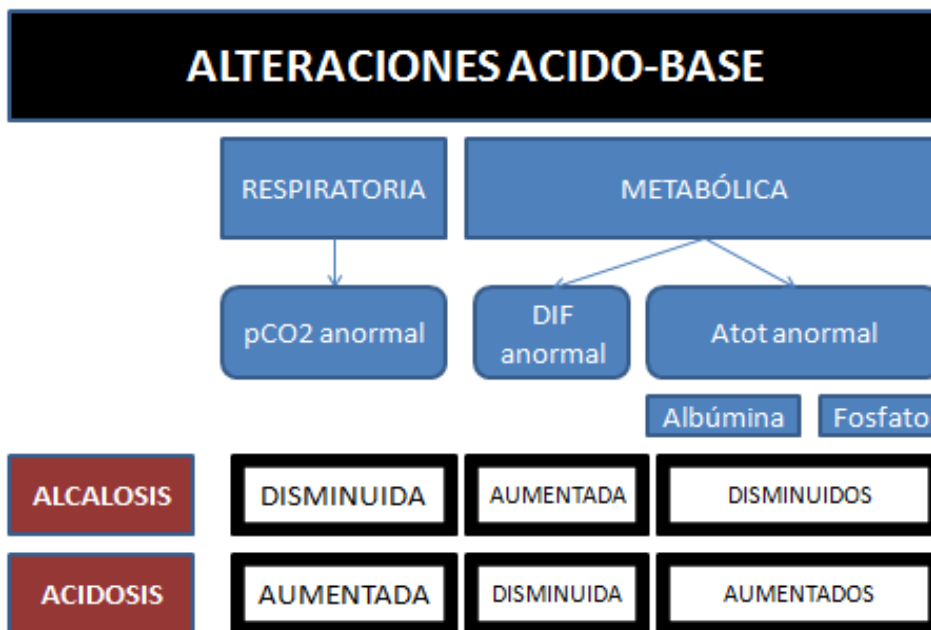


Ilustración 2

Las categorías diagnósticas se muestran en la tabla 4 a continuación.

Clasificación de los estados ácido-base por Stewart		
	Acidosis	Alcalosis
<b>RESPIRATORIA</b>	Aumento de pCO <sub>2</sub>	Disminución de pCO <sub>2</sub>
<b>METABÓLICA</b>		
<b>DIF anormal</b>		
- Exceso o déficit de agua	↓DIF ↓Na	↑DIF ↑Na
- Exceso o déficit de Cl	↓DIF ↑Cl	↑DIF ↓Cl
- Aniones no medidos	↑BIF	-----
<b>Atot</b>		
<b>Albúmina sérica</b>	Aumentada	Disminuida
<b>Fosfato inorgánico</b>	Aumentado	Disminuido

Tabla 4

La única ventaja que parece aportar el método de Stewart sobre el método tradicional parece ser conceptual; ya que al parecer los resultados de evaluación estado ácido base son similares; sin embargo aporta mayor información acerca de la causa del imbalance. (8) También existe la referencia a que gracias a la evaluación mediante el método de Stewart se entienden mejor los efectos de la administración de fluidos endovenosos, lo que permitiría seleccionar la terapia de líquidos de forma más racional. (18)

Hay estudios previos principalmente en población adulta que comparan el diagnóstico de imbalance ácido base entre los métodos de Stewart y tradicional; la mayoría de estos estudios están realizados en población dan resultados variables.

Antonini y cols, realizaron un estudio en el que evidencia que en los tres primeros días de ingreso a la unidad de cuidado intensivo el uso del método de Stewart considera el diagnóstico de acidosis metabólica en un 92.9% comparado con un 15% con el método tradicional. También se consideró por el método de Stewart la presencia de alteraciones mixtas (acidosis metabólica y alcalosis metabólica en un 64.5% mientras que el método tradicional consideraba un estado ácido-base normal. Ellos evidenciaron que la alteración en la relación de iones fuertes y el lactato eran predictores de mortalidad al día 28. (9)

Otro estudio evidenció diferencia en el diagnóstico de imbalance ácido base, encontrando que al comparar el método de Stewart con el uso de bicarbonato y brecha aniónica, se encontraron más casos de acidosis metabólica por el método de Stewart; diagnosticando así que el 14% de los pacientes que tenían bicarbonato y base exceso normales tenían alteraciones mediante el método de Stewart. Comparado con la brecha aniónica solo aportó 2% más de casos de diagnóstico de acidosis metabólica; y finalmente no hubo diferencias significativas cuando se comparó con el diagnóstico utilizando la brecha aniónica corregida. Además el método de Stewart no identificó anomalías en 3% de los pacientes que si se diagnosticaron con acidosis metabólica mediante el uso de bicarbonato, base exceso y brecha aniónica corregida. (11)

A diferencia de estos resultados en pacientes con trauma en un estudio de 2005 se evidenció que aunque si hay diferencias en el porcentaje de diagnóstico de alteraciones del estado ácido-base mediante distintos métodos. Los que más se correlacionaron con

predicción de la mortalidad no fue la brecha aniónica fuerte sino la brecha aniónica corregida (con albúmina) y la alteración de la base exceso. (10)



## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio: Estudio de concordancia de una prueba.

Criterios de inclusión: pacientes entre 1 mes y 18 años que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos pediátrico de la Fundación HOMI y que requirieron para su manejo catéter venoso central o monitoria con línea arterial.

Criterios de exclusión: toma de muestras para gases, electrolitos, albúmina y fósforo no realizadas en forma simultánea.

El trabajo fue aprobado por el Comité de Investigación del Departamento de Pediatría de la Universidad Nacional de Colombia.

A la unidad de cuidados intensivos de la Fundación HOMI ingresan pacientes con gran variedad de patologías incluyendo médicas y quirúrgicas. Motivo por el cual se escogió este sitio para realizar el trabajo.

Se tomaron muestras durante los meses de febrero, marzo y abril de 2011 a todos los pacientes que ingresaron a la unidad de cuidado intensivo de la Fundación HOMI y que requirieron para su manejo línea arterial o catéter venoso central. El número de muestras máximas por paciente par ser analizadas fue de cuatro y el mínimo de una, una muestra diaria en días intercalados. No se tuvo en cuenta para el trabajo en manejo que recibió ni con el que continuó en la unidad.

Del total de pacientes que ingresaron a la unidad de cuidado intensivos 120 cumplieron con los criterios de inclusión.

En jeringa precargada con heparina litio se tomaron los gases y se procesaron inmediatamente por la enfermera jefe de turno quien estaba entrenada para este procedimiento, en la maquina Radiometer serie ABL 900 que nos reporta inmediatamente el resultado de gases, sodio, potasio, cloro, calcio ionizado y ácido láctico. Las muestras sanguíneas para los niveles séricos de albúmina y fósforo se extrajeron de la misma muestra inicial y se enviaron al laboratorio central donde se procesaron por la técnica de nefelometría.

Los resultados se analizaron utilizando los métodos de Henderson-Hasselbach, brecha aniónica corregida y método de Stewart de la forma previamente descrita en el marco teórico.

Para poder comparar los métodos una vez realizado el diagnóstico del imbalance ácido base, fue necesario homogeneizar los trastornos metabólicos en una sola categoría; es decir no se tuvieron en cuenta los subtipos de acidosis o alcalosis metabólica que aporta el método de Stewart; todo esto con el objetivo de poder evaluar la concordancia en forma adecuada mediante el índice de Kappa.

Para el cálculo de la DIFa se consideró que ante el poco aporte de los valores del calcio y del magnesio a la sumatoria total, se podía normalizar la suma de sus concentraciones en una constante definida en 2.8 mEq/L, reporte que se tomó tras analizar la historia clínica de 20 pacientes del estudio en donde se evidenció que los valores de magnesio y calcio fueron cercanos a 1,7 mEq/L y 1,1 mEq/l respectivamente. Por lo anterior el cálculo de la DIFa se realizó así:  $Na+K+2,8-Cl-lactato$ .

## 6. RESULTADOS

De los 120 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión se obtuvieron 276 muestras (promedio 2.3 muestras por paciente), no se tuvieron en cuenta 50 ya que no aportaba todos los datos completos para el análisis. Las características de los pacientes se pueden evidenciar en la tabla 5.

<b>Número de pacientes</b>	<b>120</b>
<b>Hombres</b>	71
<b>Mujeres</b>	49
<b>Edades (años)</b>	0-18
<b>Promedio edades (años)</b>	4
<b>Número de muestras</b>	276

Tabla 5

De los 120 pacientes que ingresaron al estudio 59% fueron de sexo masculino y 41 % de sexo femenino con edad promedio de 4 años. 15 pacientes fallecieron (12% de los que ingresaron al estudio). De las muestras procesadas se evidenció hiperlactatemia (>2 mEq/L) en 54 correspondiendo al 19% de las muestras. 9 de los 15 pacientes (60%) que fallecieron presentaron hiperlactatemia durante su evolución.

Según el método de Henderson-Hasselbach la acidosis respiratoria fue el trastorno mas frecuente conformando el 41% de las muestras. Las categorías diagnósticas se pueden evidenciar en la tabla 6.

<b>Método Henderson Hasselbach</b>	<b>N = 276</b>
<b>Acidosis metabólica</b>	20 (7%)
<b>acidosis respiratoria</b>	45 (16%)
<b>Acidosis mixta (metabólica y respiratoria)</b>	22 (8%)
<b>Normal</b>	54 (20%)
<b>Alcalosis metabólica</b>	29 (11%)
<b>Alcalosis respiratoria</b>	12 (4%)
<b>Alcalosis mixta</b>	6 (2%)
<b>Alcalosis respiratoria con acidosis metabólica</b>	19 (7%)
<b>Acidosis respiratoria con alcalosis metabólica</b>	69 (25%)

Tabla 6

En 122 casos se evidenciaron alteraciones mixtas según el método de Stewart comparadas con 116 casos en el de Henderson-Hasselbach. Al igual que en el método de HH la alteración mas frecuente por método de Stewart continuó siendo la acidosis respiratoria correspondiendo a 137 casos (49%), seguido por la acidosis metabólica hiperclorémica en 85 (30.8%). En la tabla 7 se incluye la clasificación de los trastornos de acuerdo al método de Stewart.

<b>MÉTODO STEWART</b>	
<b>Alteración de pCO<sub>2</sub></b>	
1. Acidosis	46
2. Alcalosis	13
<b>DIF Anormal</b>	
<b>Trastornos del agua</b>	
1. Acidosis por dilución (hiponatrémica)	2
2. Alcalosis por contracción (hipernatrémica)	1
<b>Trastornos de iones fuertes</b>	
1. Acidosis hiperclorémica	25
2. Alcalosis hipoclorémica	3
3. Exceso de aniones no identificados	0
<b>Acidos débiles no volátiles</b>	
1. Acidosis hiperalbuminémica	0
2. Alcalosis hipoalbuminémica	5
3. Acidosis hiperfosfatémica	0
4. Alcalosis hipofosfatémica	2
<b>Mixtos</b>	122
<b>Normal</b>	57

Tabla 7

La tabla de concordancia de los métodos de acuerdo al Kappa de Cohen se muestra en la tabla 8.

TABLA DE CONCORDANCIA		Método de Stewart								
		Normalidad	Acidosis			Alcalosis			Acidosis metabólica y alcalosis respiratoria	Alcalosis metabólica y acidosis respiratoria
			Met.	Resp.	mixta	Met.	Resp.	Mixta		
Henderson	Normalidad	42	9			2				
	Acidosis	Respiratoria		1	31	10				2
		Metabólica	1	20						
		Mixta		1		23				
	Alcalosis	Respiratoria					12	1	1	1
		Metabólica	14			1	13			
		Mixta					3	2	1	
	Acidosis metabólica y alcalosis respiratoria								18	
Alcalosis metabólica y acidosis respiratoria			16	6					45	

Tabla 8 Tabla de concordancia entre métodos de Henderson Hasselbach y Stewart.

		ST		
		acidosis metabólica	alcalosis metabólica	Normal
HH	acidosis metabólica	62		1
	alcalosis metabólica	8	60	33
	Normal	21	6	85

Tabla 9 Tabla de concordancia entre alteraciones metabólicas entre Henderson Hasselbach (HH) y Stewart (ST).

El índice de concordancia de acuerdo al método de Kappa de Cohen fue de 0.62 que corresponde en la tabla 10 a un valor considerable. (12,13)

<b>Índice de Kappa</b>	<b>Fuerza de la concordancia</b>
<b>0.00</b>	Pobre
<b>0.01-0.20</b>	Leve
<b>0.21-0.40</b>	Aceptable
<b>0.41-0.60</b>	Moderada
<b>0.61-0.80</b>	Considerable
<b>0.81-1.00</b>	Casi perfecta

**Tabla 10** ÍNDICE DE CONCORDANCIA SEGÚN KAPPA DE COHEN

## 7. CONCLUSIONES

El análisis de los resultados del presente trabajo muestra que existe una concordancia considerable para el trastorno de los estados ácido-básicos entre los métodos de Henderson-Hasselbach y Stewart (índice de 0.62); lo cual nos permitiría utilizar cualquiera de los dos métodos para hacer el diagnóstico de las alteraciones ácido-básicas en la población pediátrica. Sin embargo, por los costos adicionales que supone la realización de albúmina y fósforo para el cálculo en el método de Stewart comparado con el método de Henderson Hasselbach, este último seguiría siendo un método excelente y costo efectivo para el diagnóstico de los trastornos ácido básicos. Una ventaja que presenta el método de Stewart es que en algunas ocasiones en las que se presenten retos diagnósticos este método aporta mayor información acerca del origen de la alteración.

Es factible realizar trabajos en los que se evalué el estado ácido base en los pacientes pediátricos.

Posteriormente se podrán realizar otros trabajos sobre el imbalance ácido base mediante estos métodos, que establezcan su alteración en patologías específicas, para evaluar si los resultados son similares o diferentes al del presente trabajo.

## 8. DISCUSIÓN

El trabajo realizado esta acorde con la literatura actual en los que hay múltiples artículos que intentan comparar estos métodos. Lo importante de la metodología utilizada es la comparación de los métodos mediante el índice de Kappa, ante la ausencia de un estándar de oro.

Es claro que teóricamente el método de Stewart provee una aproximación mas lógica al diagnóstico de los estados de imbalance del estado acido base, utilizando además mas determinantes para el diagnóstico de las distintas alteraciones y llevando a una mejor aproximación a la etiología del imbalance. (14)

Pero así mismo los defensores del método de Henderson Hasselbach consideran que este es mas fácil de utilizar, tiene menos requerimientos lo que implica menos costos y que finalmente con la utilización de las normas de compensación, los cambios en el estado ácido base generan cambios en el bicarbonato que permiten identificar las alteraciones que se están presentando en el organismo. Sin contar que ambos modelos son teóricos y no hay evidencia clara de que ninguno sea superior. (16)

Los resultados evidenciados en el grupo evaluado en el trabajo, muestran alta incidencia de DIFa disminuida, también evidenciado esto en un trabajo previo en nuestra institución (3); lo que refuerza la sospecha de que la reanimación con solución salina al 0.9% puede estar afectando el estado ácido base en los pacientes con choque e incluso estar contribuyendo a la perpetuación de la acidosis. Para identificar esto con claridad habría que evaluar si el uso de líquidos endovenosos diferentes modifica el estado ácido base de los pacientes.

Finalmente consideramos que cualquiera de los dos métodos es útil para el diagnostico del imbalance del estado ácido base, pero que es importante analizar si mediante un diagnóstico etiológico mas específico se cambia el pronóstico de los pacientes o si el uso de cualquiera de los dos métodos es igual para su manejo.



## Bibliografía

1. Gunnerson K. Clinical review: The meaning of acid–base abnormalities in the intensive care unit – epidemiology. *Critical Care* 2005; 9 (5); 508-516.
2. Kaplan L, Frangos S. Clinical review: Acid–base abnormalities in the intensive care unit. *Critical Care* 2005; 9 (2); 198-203.
3. Betancur A. Comparación De Tres Métodos Para La Evaluación De Los Trastornos Acido-Base En Población Pediátrica Que Requiere Cuidado Intensivo. Trabajo de grado 2009. Universidad Nacional de Colombia.
4. Greenbaum J, Nirmalan M. Acid-base balance: The traditional approach. *Current Anaesthesia & Critical Care* 2005; 16, 137–142.
5. Story D. Bench-to-bedside review: A brief history of clinical acid-base. *Critical Care* 2004; 8; 253-258.
6. Greenbaum J, Nirmalan M. Acid-base balance: Stewart`s physicochemical approach. *Current Anaesthesia & Critical Care* 2005; 16, 133–135
7. Rinaldi S., De Gaudio A.R. Strong ion difference and strong anion gap: The Stewart approach to acid base disturbances. *Current Anaesthesia & Critical Care* (2005); 16, 395–402.
8. Gunnerson K., Kellum J. Acid-base and electrolyte analysis in critically ill patients: are we ready for the new millennium? *Current Opinion in Critical Care* 2003; 9, 468–473.
9. Antonini B, Piva S, Paltenghi M. The early phase of critical illness is a progressive acidic state due to unmeasured anions. *European Journal of Anaesthesiology* 2008; 25, 566–571.
10. Martin M, Murray J, Berne T. Diagnosis of Acid-Base Derangements and Mortality Prediction in the Trauma Intensive Care Unit: The Physicochemical Approach. *The Journal of Trauma*. 2005; 58, 238–243.
11. Dubin A, Meneses M, Masevicius F. Comparison of three different methods of evaluation of metabolic acid-base disorders. *Critical Care Medicine* 2007; 35, 1264–1270.

12. Cerda J, Villarroel L. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría* 2008; 79 (1): 54-58.
13. López de Ullibarri Galparsoro I, Pita Fernández S. Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Cad Aten Primaria* 1999; 6: 169-171. Actualización 24/09/2001.
14. Gómez A. Cuidado Intensivo y Trauma. 2ª Edición. Sección I parte 5: Homeostasis del hidrógeno: una aproximación basada en la teoría de Stewart. 2009
15. Meza M. Disturbios del estado ácido-básico en el paciente crítico. *Acta Med Per* 2011; 28(1): 46-55.
16. Kurtz I, Kraut J, Ornekian V, Nguyen M. Acid-base analysis: a critique of the Stewart and bicarbonate-centered approaches. *Am J Physiol Renal Physiol* 2008; 294:F1009–F103.
17. Moviat M, Terpstra A, Ruitenbeek W, Kluijtmans L, Pickkers P, Hoeven J. Contribution of various metabolites to the “unmeasured” anions in critically ill patients with metabolic acidosis. *Crit Care Med* 2008 Vol. 36, No. 3
18. Morgan T. Clinical review: The meaning of acid–base abnormalities in the intensive care unit – effects of fluid administration. *Critical Care* 2005, 9:204-211.