



Artículo original

# La diferencia de iones fuertes (DIF) calculada por el método de Fencl-Stewart simplificado es un predictor de mortalidad en pacientes con choque séptico

Jesús Salvador Sánchez Díaz,\* Cristóbal Meneses Olgún,\* Enrique Monares Zepeda,\* Armando Torres Gómez,\*\* Janet Aguirre Sánchez,\* Juvenal Franco Granillo\*

## RESUMEN

**Introducción:** El método de Stewart (teoría de la diferencia de iones fuertes), para calcular el equilibrio ácido-base en el paciente crítico se puede utilizar en la Unidad de Cuidados Intensivos para una evaluación más exacta del equilibrio ácido base. Esta metodología se ha limitado en la práctica diaria por lo complejo de sus fórmulas y la cantidad de exámenes de laboratorio que implica. **Objetivo:** Demostrar que el método de Fencl-Stewart Simplificado es predictor de mortalidad en pacientes con choque séptico. **Material y métodos:** Estudio descriptivo realizado en una Unidad de Cuidados Intensivos de un Hospital de Tercer Nivel. Incluimos a los pacientes ingresados con choque séptico ingresados de enero de 2005 a diciembre de 2012. Las mediciones fueron: Escala SOFA, SvcO<sub>2</sub>, índice de choque, pH, base, diferencia de iones fuertes con el método de Fencl-Stewart simplificado, índice cardíaco, aniones no medidos; las mediciones fueron realizadas al ingreso y a las 24 horas. El análisis estadístico se realizó con la prueba t de Student y el valor predictivo de los aniones no medidos para predecir mortalidad se obtuvo a través de maximizar el área debajo de ROC. **Resultados:** N = 41, M/F n = 24 (58%)/17 (42%); sobrevivientes 21 (51%), no sobrevivientes 20 (49%). La evaluación de la probabilidad de muerte pre-prueba fue del 49%. El punto de corte para los ANM fue de -2 mEq/L. **Conclusiones:** Los aniones no medidos calculados por el método de Fencl-Stewart simplificado al ingreso identifican a los pacientes con choque séptico en menor riesgo de muerte. Es probable que las alteraciones ácido-base condicionadas por las soluciones utilizadas en la reanimación de los pacientes en choque séptico condicionen la pérdida del valor predictivo.

**Palabras clave:** Diferencia de iones fuertes, método de Fencl-Stewart simplificado, choque séptico, aniones no medidos.

## ABSTRACT

**Introduction:** The Stewart model (theory of strong ion difference), to calculate the acid-base balance in critically ill patients is a method that can be used in the Intensive Care Unit for a more accurate assessment of acid base equilibrium. This methodology has

\* Servicio de Terapia Intensiva, Departamento de Medicina Crítica «Dr. Mario Shapiro», Centro Médico ABC.

\*\* Departamento de Ortopedia, Centro Médico ABC.

## Correspondencia:

Dr. Jesús Salvador Sánchez Díaz

The American British Cowdray Medical Center IAP Sur 136 Núm. 116, Col. Las Américas, 01120, Del. Álvaro Obregón, México, D.F.

Tel: 5230 8000, ext. 8154

E-mail: chavita\_amerika@hotmail.com

Recibido para publicación: 07 de mayo de 2014

Aceptado: 26 de junio de 2014

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/archivosdemedicinadeurgencia>

been limited in daily practice so complex their formulas and the number of tests involving laboratory. **Objective:** Demonstrate that the FencI-Stewart Method Simplified useful to predict mortality in septic shock patients. **Material and methods:** This was a retrospective, observational and descriptive study, conducted in an Intensive Care Unit of a tertiary care hospital. We included all patients with septic shock admitted to the ICU from January 2005 to December 2012. The next measures were collected: Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), Central Venous O<sub>2</sub> Saturation (ScvO<sub>2</sub>), shock index (SI), pH, base (B), strong ion gap (SIG), cardiac index (CI), anions not measured (UMA) were measured at time of admission and 24 hours later. Normally-distributed variables were compared with an Independent T-Test; Threshold UMA predictive value to predict mortality was obtained to maximize the ROC. **Results:** N = 41, M/F n = 24 (58%)/17 (42%); surviving 21 (51%), non survivors: n = 20 (49%). The evaluation of the probability of death pre-test was 49%. The cutoff for the non measured anions was -2 mEq/L. **Conclusions:** The non measured anions calculated by the FencI-Stewart simplified method identifies septic shock patients with decreased risk of mortality at admission. It is likely that acid-base disturbances could be conditioned by the solutions used during the resuscitation of patients in septic shock decreasing the predictive value.

**Key words:** Strong ion difference, FencI-Stewart method simplified, septic shock, unmeasured anions.

## INTRODUCCIÓN

Los mecanismos responsables para el equilibrio del estado ácido-base no están completamente entendidos. Hay controversia respecto al mejor método para su análisis e interpretación. El Anión Gap es el método más utilizado en la práctica clínica para diagnosticar y orientar el manejo de enfermedades críticas. A pesar del uso común del Anión Gap, los datos existentes no proporcionan directrices claras para predecir resultados clínicos.<sup>1</sup>

Un nuevo interés ha dado lugar a la renovación en la evaluación del equilibrio ácido-base, con el uso cada vez mayor del modelo de Stewart (teoría de la diferencia de iones fuertes), para calcular el equilibrio ácido-base en el paciente crítico. Éste es uno de varios métodos que se pueden utilizar en la Unidad de Cuidados Intensivos para realizar una evaluación cuantitativa. Como cualquier modelo matemático, una comprensión básica de sus principios es útil para una aplicación e interpretación adecuadas.<sup>2</sup>

El modelo de Stewart para el análisis de los trastornos ácido-base se fundamenta en dos leyes fisicoquímicas: *Electroneutralidad*, la cual dice que en soluciones acuosas la suma de todos los iones con cargas positivas debe ser igual a la suma de todos los iones con cargas negativas. La otra ley, *Conservación de la Masa*, postula que la cantidad de una sustancia permanece constante a menos que ésta sea adicionada o generada, removida o destruida.<sup>3</sup>

Según Stewart, las tres variables independientes que controlan las modificaciones del potencial de hidrogeniones (pH) son las siguientes:<sup>4</sup>

- Iones fuertes.
- Ácidos débiles.
- Dióxido de carbono.

Los iones fuertes son completamente disociados en el pH fisiológico. Los iones fuertes más abundantes en

el espacio extracelular son sodio (Na<sup>+</sup>) y cloro (Cl<sup>-</sup>); otros iones fuertes importantes incluyen potasio (K<sup>+</sup>), Mg<sup>+</sup> y Ca<sup>+</sup>; cada uno aplica un efecto electroquímico y osmótico. La diferencia de iones fuertes (DIF) de Stewart es siempre positiva.<sup>4</sup>

En el espacio extracelular, la diferencia entre aniones y cationes se calcula:<sup>4</sup>

$$\begin{aligned} \text{DIF} &= (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^+ + \text{Mg}^{2+}) \\ &\quad - \\ &\quad (\text{Cl}^- + \text{Otros Aniones Fuertes: A}^-) \\ &= \\ &40 \text{ a } 44 \text{ mEq} \end{aligned}$$

Los ácidos débiles son la albúmina y el fosfato, cuyo grado de disociación está relacionado con la temperatura y el pH. Son representados por el símbolo ATOT. La principal limitación de los enfoques tradicionales del equilibrio ácido-base ha sido la pobre atención prestada a cambios en los ATOT. Éstos podrían no influir en sujetos sanos, pero en pacientes que cursan con aumento o disminución de la albúmina o el fosfato podrían condicionar acidosis o alcalosis.<sup>4</sup>

El metabolismo aeróbico produce grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); a su vez, éste es hidratado dentro de los eritrocitos por medio de la anhidrasa carbónica en ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>); esto libera el equivalente de 12,500 mEq de hidrógeno (H<sup>+</sup>) por día. El CO<sub>2</sub> existe en cuatro formas: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, iones bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e iones carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>). El principal mecanismo de excreción es a través de la ventilación alveolar.<sup>4</sup>

Existen seis principales alteraciones del equilibrio ácido-base:<sup>4</sup>

- 1) Acidosis por el incremento de la presión arterial de CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>).
- 2) Acidosis por disminución de la DIF: hipercloremia, disminución de sodio, incremento del agua libre.

- 3) Acidosis por incremento de los ATOT: hiperfosfate-mia, hiperproteinemia.
- 4) Alcalosis por disminución de la  $\text{PaCO}_2$ .
- 5) Alcalosis por incremento del DIF: hipocloremia, hipo-natremia.
- 6) Alcalosis por disminución de los ATOT: hipofosfa-temia, hipoalbuminemia.

Varios grupos de investigación han combinado el enfoque del exceso de base con el enfoque de Stewart para el abordaje de la fisiología del estado ácido-base. Para combinar estos enfoques, los grupos examinaron los efectos sobre el exceso de base de dos variables independientes de Stewart: diferencia de iones fuertes y concentración total de ácido débil.<sup>5</sup>

Gilfix y sus colegas obtuvieron cinco ecuaciones para estimar el efecto sobre el exceso de base de la diferencia de iones fuertes y la concentración total de ácido débil. Si bien este enfoque es razonablemen-te simple, se necesitan programas matemáticos para realizar estas ecuaciones; Balasubramanyan y colegas propusieron el método de Fencl-Stewart para el abor-daje de los trastornos ácido-base.<sup>6,7</sup>

El método de Fencl-Stewart para las alteraciones ácido-base utiliza cinco ecuaciones de complejidad variable para estimar el efecto del exceso de base de los componentes importantes: la diferencia de iones fuertes (sodio y cloro), la concentración total de áci-dos débiles (albúmina) y los iones no medidos.<sup>5</sup>

El reflejo más exacto del verdadero estado ácido-base puede ser derivado del uso del método de Fencl-Stewart, el cual habla de la diferencia de iones fuertes aparente (DIFa), la diferencia de iones fuertes efectiva (DIFe) y del GAP de la diferencia de iones fuertes (GDIF), calculados de la siguiente manera:<sup>4</sup>

- $\text{DIFa} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}) - \text{Cl}^-$  (car-ga normal + 40)
- $\text{DIFe} = \text{HCO}_3^- + \text{albúmina} + \text{fosfato}$  (carga nor-mal - 40)
- $\text{GDIF} = \text{DIFa} - \text{DIFe}$  (carga normal +- 2)  
(Representa la carga de aniones no medidos)

Un enfoque alternativo usado por Gilfix y cols., sub-secuentemente por Balasubramanyan y cols. y Story y cols. es calcular de manera simplificada a través de las siguientes fórmulas: déficit de base debido a sodio-clo-ro ( $\text{DBNa-Cl}$ ) =  $\text{Na-Cl}-32$  y el déficit de base debido a la albúmina ( $\text{DBalb}$ ) =  $[42 - \text{albúmina (g/L)}] \times 0.25$ ; con estas fórmulas, el porcentaje de correlación con el Método de Fencl-Stewart es de 82 hasta 98%.

O'Dell y cols. validaron dos ecuaciones simples: déficit de base debido a los aniones no medidos

(BDANM) =  $\text{BDtot}-\text{BDalb}-\text{BDNa-Cl}$  y Aniones No Medidos (ANM) =  $2.39 - (0.871 \times \text{BDANM})$ , que permiten el análisis del déficit de base en tres com-ponentes (cloro, albúmina y aniones no medidos).<sup>4,5,8</sup>

Todas estas ecuaciones pueden ser realizadas en la cama del paciente y son de utilidad clínica demos-trada.<sup>4,5,8</sup>

Actualmente no se ha demostrado la utilidad del cálculo de la Diferencia de Iones Fuertes para predecir mortalidad en los pacientes con choque séptico y menos aún utilizando el método de Fencl-Stewart Simplificado.

El abordaje de los trastornos ácido-base a través de los métodos tradicionales Henderson-Hasselbalch (descrito en 1916) y Siggaard-Andersen (descrito en 1958) no permite explicar todos los trastornos ácido-base, particularmente si son mixtos. Esto a pesar del uso de Anión Gap (descrito en 1975 por Emmett y Narins).<sup>3,9,10,11</sup>

Peter Stewart, en 1983, comentó que el abordaje tradicional de los trastornos ácido-base era una pro-puesta pequeña, cualitativa y confusa, por lo que pos-tuló un abordaje físico-químico cuantitativo.<sup>4,5</sup>

Kaplan y Kellum, en el 2008, demostraron la utilidad clínica de calcular la diferencia de iones fuertes en pacientes con trauma como predictor de mortalidad.<sup>12</sup>

Aún no se ha demostrado la utilidad del cálculo de la diferencia de iones fuertes para predecir mortalidad en los pacientes con choque séptico y menos todavía utilizando el método de Fencl-Stewart simplificado. Consideramos que es necesario analizar y establecer el valor pronóstico en esta población. Este es un mé-todo que se puede utilizar en la Unidad de Cuidados Intensivos para una evaluación más exacta del equili-brio ácido-base.

El método de Stewart se ha limitado en la práctica diaria por lo complejo de sus fórmulas y la cantidad de exámenes de laboratorio que implica. Al utilizar el método de Fencl-Stewart simplificado podemos dis-minuir estas situaciones.

La realización de este proyecto de investigación permitirá el abordaje de los trastornos ácido-base de una manera simple, con mayor precisión y, sobre todo, a la cabecera del paciente con fórmulas sencillas y fáciles de recordar.

### Objetivo general

Utilizar el método de Fencl-Stewart simplificado para determinar la diferencia de iones fuertes en pacien-tes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos del Centro Médico ABC.

### Objetivo específico

Utilizar la diferencia de iones fuertes calculados por el método de Fencl-Stewart Simplificado para predecir mortalidad en pacientes con choque séptico.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio retrospectivo, observacional y descriptivo realizado en una Unidad de Cuidados Intensivos de un hospital de tercer nivel. Incluimos a los pacientes con choque séptico y monitoreo hemodinámico avanzado ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) de enero del 2005 a diciembre del 2012. Para obtener los expedientes elegibles se realizó búsqueda electrónica por medio de la base de datos del Departamento de Medicina Crítica «Dr. Mario Shapiro».

Las siguientes mediciones fueron realizadas: escala para evaluación de fallo orgánico secuencial (SOFA), saturación venosa central de  $O_2$  ( $SvcO_2$ ), índice de choque (IC), potencial de hidrogeniones (pH), base (B), diferencia de iones fuertes (DIF), índice cardíaco (IC), aniones no medidos (ANM); las mediciones fueron realizadas al ingreso y a las 24 horas posteriores. Se calculó con el método de Fencl-Stewart simplificado la diferencia de iones fuertes (DIF) a través de las siguientes fórmulas: déficit de base debido a la albúmina (DBalb) =  $[42 - \text{albúmina (g/L)}] \times 0.25$ , déficit de base debido a sodio-cloro (DBNa-Cl) =  $\text{Na-Cl} - 32$ , déficit de base debido a los aniones no medidos (BDUMA) =  $\text{BDtot} - \text{DBalb} - \text{DBNa-Cl}$ ; finalmente, aniones no medidos (ANM) =  $2.39 - (0.871 \times \text{BDUMA})$ .

### FÓRMULAS

- Se calculó diferencia de iones fuertes con el método de Fencl-Stewart simplificado al ingreso y a las 24 horas de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos.
- Déficit de base debido a la albúmina (DBalb) =  $[42 - \text{albúmina (g/L)}] \times 0.25$ .
- Déficit de base debido a sodio-cloro (DBNa-Cl) =  $\text{Na-Cl} - 32$ .
- Déficit de base debido a los aniones no medidos (BDUMA) =  $\text{BDtot} - \text{DBalb} - \text{DBNa-Cl}$ .
- Aniones no medidos (ANM) =  $2.39 - (0.871 \times \text{BDUMA})$ .

El análisis estadístico se realizó con la prueba t de Student y el valor predictivo de los aniones no medidos para predecir mortalidad se obtuvo al maximizar el área debajo de ROC. Las variables categóricas

fueron descritas usando frecuencias y porcentajes [n (%)], para las numéricas con media y desviación estándar ( $M \pm DE$ ). Se calculó porcentaje de mortalidad, riesgo relativo, con intervalos de confianza del 95% y las diferencias se calcularon mediante  $\chi^2$ . Se compararon diferencias entre las medias mediante t de Student de muestras relacionadas. Se buscaron diferencias entre el grupo que sobrevivió (grupo 1) y el que no sobrevivió (grupo 2), mediante la t de Student de grupos independientes. Se encontró el punto de corte al maximizar la ROC. Se considera como significativa una  $p < 0.05$ . Para realizar el análisis se utilizó el paquete estadístico: SPSS v. 18.

Dado que todos los pacientes contaron con consentimiento informado para su ingreso a UTI, que autoriza la realización de procedimientos diagnósticos o terapéuticos durante su estancia en UTI, y ya que no se realizó ninguna intervención durante el estudio, no existieron faltas a la ética médica básica.

### RESULTADOS

Las características basales de ambos grupos fueron edad de  $62.5 \pm 15.5$  años, SOFA de  $10 \pm 4$ ,  $SvcO_2$  de  $63 \pm 14$ , índice de choque  $1 \pm 0.3$ , pH de  $7.31 \pm 0.10$ , base de  $-5.5 \pm 7$ , gap de iones fuertes  $-2.5 \pm 7.5$ , índice cardíaco  $3.6 \pm 1.5$  y aniones no medidos de  $4 \pm 6.8$  (Cuadro I).

De los 41 pacientes ingresados al estudio, 24 (58%) fueron hombres y 17 (42%) mujeres, 21 pacientes sobrevivieron (51%) y 20 fallecieron (49%). En la comparación al ingreso de las características basales entre los grupos de sobrevivientes y no sobreviviente se encontraron: edad ( $61.5 \pm 17$  versus  $63.5 \pm 14$ ), SOFA ( $9.9 \pm 4$  versus  $10.5 \pm 3.4$ ),  $SvcO_2$  ( $60.7 \pm 15$  vs  $66\% \pm 12$ ), índice de choque ( $0.9 \pm 0.3$  versus  $1.0 \pm 0.3$ ), pH ( $7.32 \pm .11$  versus  $7.3 \pm .10$ ), Base ( $-4.5 \pm 7$  versus  $-6.3 \pm 6$ ), gap de iones fuertes ( $-1.3 \pm 7.3$  versus  $-3.8 \pm 7.6$ ), índice cardíaco ( $3.7 \pm 1.0$  versus  $3.8 \pm 1.8$ ), aniones no medidos ( $1.9 \pm 7.4$  versus

**Cuadro I.**

Características basales de la población  $N = 41$ .

Edad	62.5	$\pm 15.5$
SOFA ingreso	10	$\pm 4$
$SvcO_2$ ingreso	63	$\pm 14$
Índice de choque ingreso	1.0	$\pm 0.3$
pH ingreso	7.31	$\pm 0.10$
Base ingreso	-5.5	$\pm 7$
Gap iones fuertes ingreso	-2.5	$\pm 7.5$
Índice cardíaco ingreso	3.6	$\pm 1.5$
Aniones no medidos ingreso	4.0	$\pm 6.8$

6.2 ± 5.5) entre los sobrevivientes y no sobrevivientes respectivamente (Cuadro II).

Dentro de las características de la evolución a las 24 horas de los grupos de pacientes sobrevivientes y no sobrevivientes, se encontró: SOFA (10 ± 3.8 versus 11.4 ± 3.2), SvcO<sub>2</sub> (70.8 ± 9.4 versus 71 ± 9.7), índice de choque (0.7 ± 0.18 versus 1.0 ± 0.3), pH (7.39 ± 0.6 versus 7.36 ± 0.09), base (-1.2 ± 4.5 versus -3.0 ± 6.1), gap de iones fuertes (4.2 ± 10.5 versus -3.8 ± 12), índice cardiaco (3.7 ± 1.0 versus 3.8 ± 1.8), aniones no medidos (-1.9 ± 7.1 versus -0.34 ± 10) entre los sobrevivientes y no sobrevivientes respectivamente (Cuadro III).

El análisis de ROC de los aniones no medidos estimados por la fórmula: ANM = 2.39 - (0.871 × BDU-MA), al ingreso para predecir mortalidad, mostró un área de 0.674, con un valor de corte de -2 mEq/L, una sensibilidad de 90 % y especificidad de 40% (IC 95%, 0.503-0.854, p = 0.05) (Figura 1 y Cuadro IV).

### DISCUSIÓN

La mortalidad en el presente estudio fue del 49%, semejante a la reportada en la literatura.<sup>12</sup> Por medio del análisis de la ROC de los aniones no medidos, calculados por el método de Fecl-Stewart Simplificado al ingreso para predecir mortalidad, se obtuvo un área de 0.674, con un valor de corte de -2 mEq/L, con una sensibilidad del 90% y una especificidad del 40% (IC del 95%, 0.503-0.854; p = 0.04). La probabilidad preprueba de muerte fue del 49%, y al realizar el RL positivo determinamos que aquellos pacientes por arriba del punto de corte de -2 mEq/L incrementaban

la mortalidad del 49 al 59% y al realizar el RL negativo determinamos que los pacientes por debajo del punto de corte de -2 mEq/L disminuían su mortalidad del 49 al 19%.

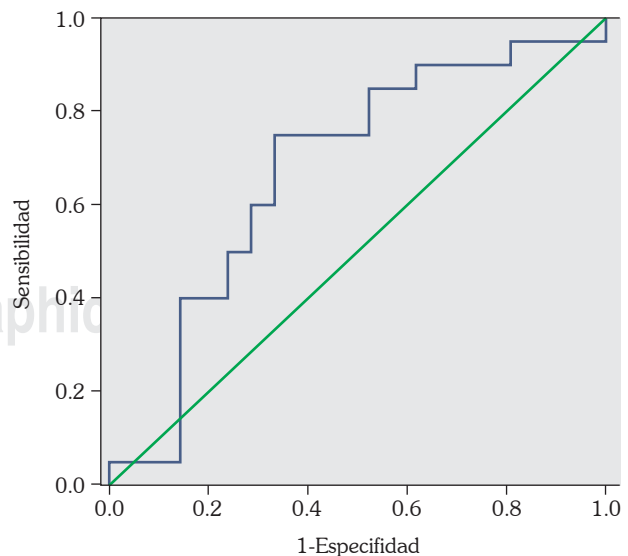
En un estudio observacional y retrospectivo, Kaplan y Kellum<sup>13</sup> reportaron la DIF calculada por el método convencional de Fencil-Stewart, con 8.3 ± 4.4 versus 1.3 ± 3.6 mEq/L; p < 0.001, entre los sobrevivientes y los que murieron respectivamente, y donde sólo 2% de los sobrevivientes tuvieron DIF mayor de 5 mEq/L y sólo el 7% de los no sobrevivientes tenían una DIF menor de 5 mEq/L. Nuestros resultados

**Cuadro III.**  
Diferencia entre sobrevivientes y no sobrevivientes a las 24 horas.

	Sobrevivientes N = 21	No sobrevivientes N = 20	p
SOFA	10 ± 3.8	11.4 ± 3.2	0.23
SvcO <sub>2</sub>	70.8 ± 9.4	71 ± 9.7	0.9
Índice de choque	0.7 ± 0.18	1.0 ± 0.3	0.001
pH	7.39 ± 0.6	7.36 ± 0.09	0.21
Base	-1.2 ± 4.5	-3.0 ± 6.1	0.27
Gap de iones fuertes	4.2 ± 10.5	-3.8 ± 12	0.28
Índice cardiaco	3.7 ± 1.0	3.8 ± 1.8	0.7
Aniones no medidos	-1.9 ± 7.1	-0.34 ± 10	0.5

**Cuadro II.**  
Diferencia entre sobrevivientes y no sobrevivientes al ingreso.

	Sobrevivientes N = 21	No sobrevivientes N = 20	p
Edad	61.5 ± 17	63.5 ± 14	0.6
SOFA	9.9 ± 4	10.5 ± 3.4	0.6
SvcO <sub>2</sub>	60.7 ± 15	66 ± 12	0.24
Índice de choque	0.9 ± 0.3	1.0 ± 0.3	0.001
pH	7.32 ± .11	7.3 ± .10	0.87
Base	-4.5 ± 7	-6.3 ± 6.0	0.042
Gap de iones fuertes	-1.3 ± 7.3	-3.8 ± 7.6	0.2
Índice cardiaco	3.7 ± 1.0	3.8 ± 1.8	0.21
Aniones no medidos	1.9 ± 7.4	6.2 ± 5.5	0.04



**Figura 1.** Curva ROC.



**Cuadro IV.**  
Análisis ROC como predictor de mortalidad en pacientes con choque séptico.

	ADC	IC 95%	p	Sen %	Esp %	Punto de corte	RL+	RL-
Aniones no medidos al ingreso	0.674	0.503-0.854	0.05	90	40	-2 mEq/L	1.5	0.25

coinciden con los datos de Kaplan y Kellum, pues la cantidad de aniones no medidos al ingreso también fue mayor en el grupo de no sobrevivientes que en el grupo de sobrevivientes con  $6.2 \pm 5.5$  versus  $1.9 \pm 7.4$  mEq/L;  $p = 0.04$ . Estos resultados muestran que el incremento de los aniones no medidos al ingreso en pacientes con trauma y choque séptico aumenta la mortalidad.

En el estudio realizado por Matthew Martin y cols.<sup>14</sup> se analizaron de manera retrospectiva 427 pacientes con trauma admitidos a una Unidad de Cuidados Intensivos; se calculó la DIF con el método convencional de Fencl-Stewart, encontrando valores de 7 versus 5.2 mEq/L;  $p < 0.01$  en el grupo de sobrevivientes y no sobrevivientes respectivamente.

Danilo T. Noritomi y cols.<sup>15</sup> describieron de manera prospectiva y observacional la composición de la acidosis metabólica en pacientes con sepsis severa y choque séptico al ingreso y a los cinco días, en una Unidad de Cuidados Intensivos. La DIF calculada por el método convencional de Fencl-Stewart fue responsable de mayor déficit de base en el grupo de no sobrevivientes, causado principalmente por hipercloremia. La resolución de la acidosis metabólica en el grupo de sobrevivientes fue atribuida a disminución de la DIF. Nuestro estudio también llevado a cabo en pacientes con choque séptico correlaciona con los reportados previamente, con déficit de base de  $-4.5 \pm 7$  versus  $-6.3 \pm 6$ ;  $p = 0.04$  en el grupo de sobrevivientes y no sobrevivientes respectivamente. El mayor déficit de base en el grupo de no sobrevivientes está condicionado por el mayor número de aniones no medidos.

Kellum y Gunnerson<sup>16</sup> refieren que la infusión de solución salina 0.9% de manera rápida tiene como resultado acidosis hiperclorémica, debido a la reducción de la DIF por exceso de cloro en el plasma, así como por la eliminación excesiva de bicarbonato a nivel renal. La reanimación de los pacientes en choque séptico, en su mayoría llevada a cabo con soluciones isotónicas con alto contenido de cloro, conlleva acidosis hiperclorémica, la cual podría asociarse a mayor mortalidad en esta población. Es probable que las alteraciones ácido-base condicionadas por las so-

luciones utilizadas en la reanimación de los pacientes en choque séptico condicionen la pérdida del valor predictivo de los aniones no medidos.

El uso del método de Stewart se ha limitado en la práctica diaria por lo complejo de sus fórmulas y la cantidad de exámenes de laboratorio que implica. El método de Fencl-Stewart simplificado disminuye estas situaciones. Este método permitirá el abordaje de los trastornos ácido-base de una manera simple, con mayor precisión y, sobre todo, a la cabecera del paciente con fórmulas sencillas y fáciles de recordar.

## CONCLUSIONES

Los aniones no medidos calculados por el método de Fencl-Stewart simplificado al ingreso identifican a los pacientes con choque séptico en menor riesgo de muerte. Es probable que las alteraciones ácido-base condicionadas por las soluciones utilizadas en la reanimación de los pacientes en choque séptico condicionen la pérdida del valor predictivo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lipnick MS. Difference between critical care initiation anion gap and prehospital admission anion gap is predictive of mortality in critical illness. *Crit Care Med* 2013; 41 (1): 49-59.
2. Wooten EW. Science review: Quantitative acid-base physiology using the Stewart model. *Critical Care* 2004; 8: 448-452.
3. Stewart PA. Modern quantitative acid-base chemistry. *Can J Physiol Pharmacol* 1983; 61 (12): 1441-1461.
4. Deutschman CS, Neligan PJ. Evidence-Based Practice of Critical Care. Copyright # 2010 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.
5. Story DA. Strongions, weak acids and base excess: a simplified Fencl-Stewart approach to clinical acid-base disorder. *Br J Anaesth* 2004; 92: 54-60.
6. Gilfix BM, Bique M, Magder S. A physical chemical approach to the analysis of acid-base balance in the clinical setting. *J Crit Care* 1993; 8: 187-197.
7. Balasubramanyan N, Havens PL, Hoffman GM. Unmeasured anions identified by the Fencl-Stewart method predict mortality better than base excess, anion gap, and lactate in patients in the pediatric Intensive Care Unit. *Crit Care Med* 1999; 27: 1577-1581.
8. O'Dell E et al. Validation of a method to partition the base deficit in meningococcal sepsis: a retrospective study. *Critical Care* 2005.

9. Hasselbalch KA. Die Berechnung der Wasserstoffzahl des Blutes aus der freien und gebunden Kohlensäure desselben, und die Sauerstoffbindung des Blutes als Funktion der Wasserstoffzahl. *Biochemische Zeitschrift* 1917; 78: 112-144.
10. Siggaard-Anderson O. The acid base status of the blood. 1st ed Munksgard: Copenhagen; 1963: 134.
11. Emmett M, Narins RG. Clinical use of anion gap. *Medicine* 1977; 56: 38-54.
12. Dellinger RP. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Severe Sepsis and Septic Shock: 2012.
13. Kaplan LJ, Kellum JA. Comparison of acid-base models for prediction of hospital mortality following trauma. *Shock* 2008.
14. Martin M. Diagnosis of acid-base derangements and mortality prediction in the Trauma Intensive Care Unit: The physiochemical approach. *J Trauma*. 2005; 58 (2): 238-243.
15. Noritomi DT. Metabolic acidosis in patients with severe sepsis and septic shock: A longitudinal quantitative study. *Crit Care Med* 2009; 37 (10): 2733-2739.
16. Eisenhut M. Causes and effects of hyperchloremic acidosis. *Critical Care* 2006; 10: 413.