

El Residente

REVISIÓN - OPINIÓN

Aplicación y utilidad de las reglas de oro del bicarbonato

Araceli Monserrath Reyes-Palomino,* Horacio Márquez-González,**
Cleotilde Mireya Muñoz-Ramírez,* Lizeth Toledo-Gómez,* Patricia Zárate-Castañón,*
Eduardo Almeida-Gutiérrez***

RESUMEN. Las reglas de oro tienen utilidad diagnóstica en los desequilibrios ácido base, sobre todo para diferenciar entre trastornos mixtos, es decir, cuando existen alteraciones ácido-base de diferente origen en un mismo paciente. La primera regla tiene utilidad para el diagnóstico de los trastornos respiratorios, la segunda para el diagnóstico de las metabólicas y la tercera establece el tratamiento. En este trabajo explicamos las tres reglas de oro del bicarbonato, así como la forma de aplicarlas en algunos ejemplos.

Palabras clave: Anión, catión, bicarbonato, trastornos ácido base.

ABSTRACT. *The golden rules have diagnostic utility in acid-base imbalances, especially to differentiate between a mix of conditions, ie when there are acid-base alterations of different origin in the same patient. The first rule is useful for the diagnosis of respiratory disorders, the second for diagnosing metabolic and the third establishes treatment. In this paper we explain the three golden rules of bicarbonate, and how to apply them with some examples.*

Key words: Anion, cation, bicarbonate, acid-base disorders.

La interpretación del equilibrio ácido base es trascendental en la práctica médica diaria. Existe un legado histórico producto del esfuerzo conjunto entre químicos, físicos, biólogos y médicos que han aportado los conocimientos empleados actualmente para entender la interacción entre los iones y cationes responsables de dicho equilibrio.

Dado que el conocimiento no se ha mantenido estático, los conceptos de equilibrio ácido base (A-B) se han modificado por la electroneutralidad y las leyes físicas de la materia. A mediados del

siglo pasado, la era del bicarbonato (HCO_3) protagonizada por Henderson y Hasselbalch lideraron por mucho tiempo la forma de entender el comportamiento del pH. Por décadas se sentenció que la relación entre el bicarbonato (HCO_3) y el dióxido de carbono (CO_2) explicaban por completo los cambios del pH y clasificaban del todo los trastornos (acidemia y alcalemia) y componentes (metabólico y respiratorio) del desequilibrio A-B.

Precisamente en esta época fueron propuestas las tres reglas de oro del bicarbonato, mismas que se desprenden de la ecuación de

* Terapia Intensiva Pediátrica, Instituto Nacional de Pediatría.

** Cardiopatías Congénitas, Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI.

*** Coordinación de Investigación. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Correspondencia:

Horacio Márquez-González

UMA Hospital de Cardiología. Av. Cuauhtémoc No. 330, Col. Doctores, CP. 06720, México, D.F. Conmutador: 56276900, ext. 22203.

E-mail: horacioinvestigacion@hotmail.com

Conflicto de intereses:

Todos los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses con respecto a la publicación de este artículo.

Recibido: 9 de marzo de 2015. Aceptado con modificaciones: 16 de junio de 2015.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en: www.medigraphic.com/elresidente

Henderson-Hasselbalch y que pretenden explicar y clasificar las alteraciones gasométricas. Actualmente podría suponerse que están en desuso, no obstante aún conservan utilidad en el trabajo diario de los médicos, por la facilidad de uso, la limitada cantidad de componentes requeridos para interpretarlas y la información otorgada sobre los trastornos mixtos. A continuación se abordará de manera particular cada una de ellas.¹

PRIMERA REGLA DE ORO DEL BICARBONATO²

Está diseñada para explicar el pH a través de la pCO_2 y se entiende de la siguiente manera: «Por cada 10 mmHg que varía la pCO_2 mmHg, el pH se incrementa o reduce 0.08 unidades en forma inversamente proporcional».

Está indicada ante la sospecha de un trastorno de origen respiratorio. El incremento de la pCO_2 modificará el pH hacia la acidemia o bien su disminución generará alcalemia. La retención de CO_2 disminuye el valor del pH debido a la falta de unión con el H_2O que consecuentemente impide la transformación de ácido carbónico a HCO_3 e iones hidrógeno. Por el contrario, la disminución de CO_2 incrementará el pH en 0.08 unidades.

Para calcular esta regla (Figura 1) debe tomarse el resultado de la pCO_2 registrado en la gasometría arterial y restarlo al valor hipotético o ideal de la pCO_2 ; debido a que el rango normal es de 35 a 45 mm Hg, se recomienda utilizar el valor intermedio, es decir 40. Enton-

ces, el resultado de la sustracción, que puede ser positivo o negativo, deberá multiplicarse por la constante previamente mencionada (0.08) y dividirse en 10. El resultado (positivo o negativo) deberá ser adicionado al pH normal esperado, que se recomienda considerarlo como 7.40.

Si el pH real se aproxima razonablemente al pH calculado (se recomienda ± 0.02 unidades), los cambios serán respiratorios; si por el contrario el pH es inferior al calculado, se debe sospechar la existencia de una acidemia metabólica y se continuará con la segunda regla de oro del HCO_3 .

Por ejemplo, un paciente masculino de tres años de edad con diagnóstico de neumonía e insuficiencia respiratoria secundaria, que ameritó asistencia mecánica ventilatoria y fue decanulado de manera programada, presentó el siguiente control gasométrico: pH 7.26, $pCO_2 = 56$ mmHg, $pO_2 = 78$ mmHg y $HCO_3 = 24.6$ mmol/L. Empleando la primera regla de oro el resultado es el siguiente:

Cuarenta (ideal)-56(real) es igual a-16 mmHg; posteriormente se multiplica por 0.08 resultando -0.12U, que al dividirse entre 10, resulta -0.012. Mismos que serán restados al pH ideal de la siguiente manera: 7.40-0.012 resultando un pH de 7.28; dado que el pH real es de 7.26 puede concluirse que la primera regla de oro del HCO_3 explica por completo el trastorno y componente primario, que es la acidosis respiratoria.

En conclusión, con esta regla se determina el pH esperado para una alteración en pCO_2 .

1

$$\frac{[pCO_2 \text{ (Ideal)} - pCO_2 \text{ (real)}] \times 0.08}{10} \quad \text{Respiratorio}$$

2

$$\text{pH real} + \frac{(\text{DB} \times 0.15)}{10} \quad \text{Metabólico}$$

3

$$\text{Déficit de base} \times \text{kg de peso} \times 0.3$$

Figura 1.

Reglas de oro del bicarbonato.

SEGUNDA REGLA DEL BICARBONATO³

Es utilizada para diagnosticar la presencia de acidemia metabólica o un componente mixto (acidosis respiratoria y metabólica) y se lee: **«Por cada 0.15 unidades que se modifican el pH, se incrementa o disminuye el exceso o déficit de base en 10 unidades, que pueden expresarse en mEq/L de bicarbonato»** (Figura 1).

Esta regla está diseñada ante la sospecha de un trastorno de origen metabólico, considera a la base para calcular la relación que existe con la disminución del pH.

Para su aplicación debe tomarse el resultado del déficit de base reportado por la gasometría, multiplicarlo por la constante 0.15 y posteriormente dividirlo entre 10 para obtener las unidades que serán restadas al pH ideal.

Ejemplo de ello, un paciente femenino de tres años con diagnóstico de leucemia aguda linfoblástica que presenta cuadro de gastroenteritis de dos días de evolución, ingresa por deshidratación severa; se toma una gasometría con pH = 7.35, pCO₂ = 30.5 mmHg, pO₂ = 54 mmHg y HCO₃ = 16.6 mmHg, EB = -6.9 Al utilizar la primera y segunda regla de oro del bicarbonato, la interpretación será la siguiente:

- Primera regla de oro: $40 - 30.5 = 9.5$ que multiplicado por 0.08 es igual a 0.76; y dividido entre 10, resulta 0.076, que finalmente se sumará al pH ideal de 7.40, es decir 7.47. Por lo tanto, existe una discrepancia entre el pH calculado y el real, lo que significa que la primera regla de oro no explica la alteración ácido base.
- Segunda regla de oro: se utilizará el déficit de base de -4 y se multiplicará por 0.15 y el resultado será el cociente de 10, lo que significa que sumarán -0.06 al pH ideal, por lo tanto esta regla se interpreta para un déficit de base de -4; se espera tener un pH de 7.34 que es concordante con el reportado en la gasometría.

TERCERA REGLA DE ORO DEL BICARBONATO⁴

Es la única que aporta información para corregir el trastorno de la acidemia metabólica. Debe utilizarse con cautela, dado que el tratamiento consistirá en la corrección del déficit de HCO₃ con su administración directa; si se desconocen las indicaciones del mismo se cometerá un error que puede comprometer el estado del paciente. Por lo que es imperioso recordar que las indicaciones absolutas de la corrección son el pH < 7.20 y datos clínicos de repercusión hemodinámica secundaria a la acidemia; en los casos de cetoacidosis diabética no debe corregirse de primera estancia y nunca debe hacerse en bolos.

La tercera regla utiliza el déficit obtenido en el tercer paso y multiplicado por peso y por una constante (0.3-0.6); el resultado final en mEq de CHO₃ deberá dividirse en dos tantos, administrando la primera mitad en 8 horas y el resto en las siguientes 24 a 48 horas.

Un ejemplo de su aplicación es el siguiente: cinco años con diagnóstico de insuficiencia renal crónica sin tratamiento médico desde hace seis meses, con fiebre sin aparente foco infeccioso, clínicamente despierto con respiración rápida y superficial. La gasometría reporta pH de 7.08, pCO₂ = 13 mmHg, CHO₃ = 10 mmol/L y déficit de bases de 26, peso de 17 kg. La aplicación de las reglas es la siguiente:

- Primera regla: a la pCO₂ ideal de 40 mmHg se resta la real de 13 mmHg, obteniendo un valor positivo de 27, el cual se multiplica por 0.08 y posteriormente se divide entre 10, lo que da como resultado 0.21 unidades que se sumarán al pH ideal. Dado que el pH calculado es de 7.61 no es concordante con el real, se interpreta que el paciente no tiene un componente respiratorio.
- Segunda regla: se multiplica el valor del déficit de base de 26 por la constante de 0.15, a su vez la cifra final será el cociente de 10, por lo que el resultado de -0.39 se resta al pH ideal, obteniendo un valor final de pH de 7.01 que justifica el trastorno de acidemia metabólica.

- Tercera regla: la reposición de bicarbonato se calcula de la siguiente manera:
 Reposición en mEq de bicarbonato = $(17 \text{ kg}) \times (-26) \times (0.3)$ lo que significa que deben ser administrados 132 mEq de CHO_3^- .

Con lo anterior se ejemplifica la aplicación de dichas reglas, considerando las ventajas y desventajas que presenta su uso (Cuadro I).

UTILIDAD DE LAS REGLAS EN LOS TRASTORNOS MIXTOS

Si bien pareciera que la primera y segunda regla son juegos matemáticos, su interacción

representa tal grado que ambas pueden diagnosticar la presencia de componentes mixtos; si la primera regla de oro define que existe una acidemia respiratoria (pH calculado de acidemia y el real de acidemia, pero la diferencia entre ambos de ± 0.02 unidades del pH) y la segunda regla diagnóstica acidemia metabólica, entonces el paciente tendrá un componente mixto de acidemia respiratoria y metabólica. Dicho abordaje se explica en la figura 2.

CONCLUSIONES

Las reglas de oro son de amplia utilidad para la interpretación adecuada de una gasometría y para hacer diagnósticos acertados. Su aplicación se extiende a trastornos mixtos y ayuda a dar tratamiento con sustitución de bicarbonato cuando éste sea indicado. Es importante considerar que generalmente existen alteraciones hidroelectrolíticas que le acompañan y en numerosas ocasiones los pacientes presentan otras patologías que pueden modificar el curso habitual de una alteración ácido base normal. Igualmente mencionamos las limitaciones que las reglas de oro tienen.

Cuadro I. Ventajas y desventajas de utilizar las reglas de oro del bicarbonato.	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se infiere el trastorno primario a partir del pH y PCO_2 • Diagnostica alteraciones mixtas (acidemia respiratoria y acidemia metabólica) • La tercera regla incluye una fórmula para tratamiento de corrección de bicarbonato 	<ul style="list-style-type: none"> • No estima efecto compensador • No infiere causas • No identifica trastornos primarios o secundarios • No determina si la alteración es por ácidos no titulables

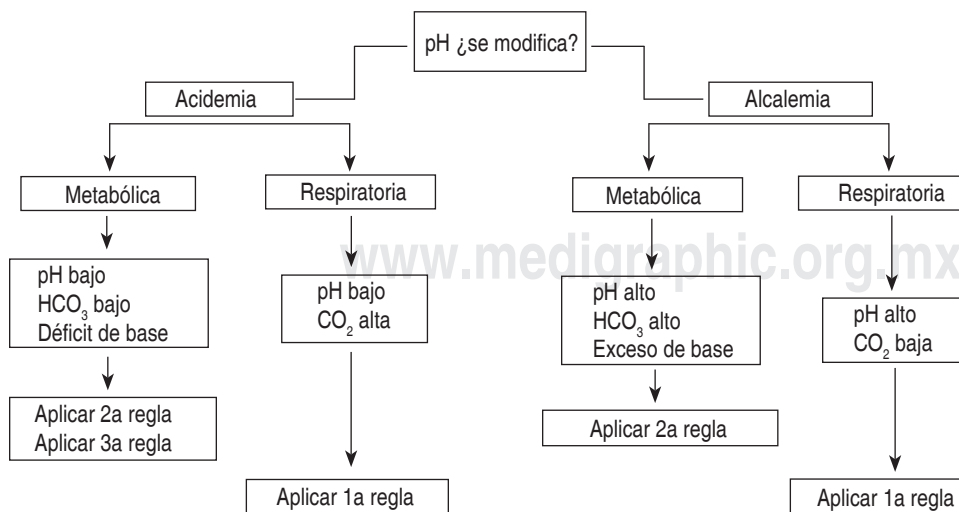


Figura 2.

Esquema propuesto para la utilización de las reglas de oro del bicarbonato.

BIBLIOGRAFÍA

1. Relman AS. What are acids and bases? Am J Med. 1954; 17 (4): 435-437.
2. Whittier WL, Rutecki GW. Primer on clinical acid-base problem solving. Dis Mon. 2004; 50 (3): 122-162.
3. Julie R, Ingelfinger M. Disorders of fluids and electrolytes. N Engl J Med. 2014; 371 (19): 1821-1830.
4. Doldán-Pérez O. Trastornos del equilibrio ácido base. Pediatr (Asunción). 2006; 33 (1): 32-41.