

Correlación entre mediciones séricas y gasométricas de glucosa, sodio y potasio en pacientes pediátricos críticos del Hospital Nacional de Niños, Costa Rica (julio-octubre, 2024)

Correlation between Serum and Blood Gas Measurements of Glucose, Sodium, and Potassium in Critically Ill Pediatric Patients at the National Children's Hospital, Costa Rica (July-October, 2024)

Arlín Méndez Sáenz¹, María Gabriela Jiménez Hurtado², Esteban Castro Artavia³.

1, 2 y 3 Licenciada en Microbiología y Química Clínica, Laboratorio clínico, Hospital de Niños, Caja Costarricense de Seguro Social, San José, Costa Rica.

✉ Contacto de correspondencia: María Gabriela Jiménez Hurtado mgjimenezh@ccss.sa.cr

RESUMEN

En el laboratorio clínico del Hospital Nacional de Niños de Costa Rica se reciben actualmente muestras duplicadas para el monitoreo de glucosa, sodio y potasio en pacientes críticos. Este estudio comparó los resultados obtenidos por el analizador Beckman Coulter DxC 700 AU y los gasómetros RAPIDpoint 500e, mediante dos análisis estadísticos no paramétricos. Se evaluó la correlación entre ambos instrumentos, y se obtuvo coeficientes de correlación de Spearman superiores a 0.99 para los tres mensurandos. Posteriormente, con la prueba de Wilcoxon no se hallaron diferencias significativas para glucosa ($p = 0.1382$), pero sí para sodio y potasio ($p < 0.001$). Finalmente, se aplicó la guía CLSI EP23 para proponer un análisis de riesgos asociado a cada plataforma. Se concluye que hay una correlación muy fuerte entre los resultados de glucosa, sodio y potasio que arrojan los analizadores de bioquímica y los gasómetros y, según el análisis de riesgos propuesto, también se concluye que, para el seguimiento de pacientes críticos, los gasómetros RAPIDpoint 500e implican menos riesgos altos y críticos en comparación con el analizador Beckman Coulter DxC 700 AU.d.

Palabras clave: análisis al pie de la cama del paciente, glucosa, electrolitos, correlación, análisis de riesgos.

ABSTRACT

At the Clinical Laboratory of the National Children's Hospital of Costa Rica, duplicate samples are currently received for monitoring glucose, sodium, and potassium levels in critically ill patients. This study compared the results obtained from the Beckman Coulter DxC 700 AU analyzer and the RAPIDpoint 500e blood gas analyzers using two non-parametric statistical analyses. First, the correlation between both instruments was evaluated, yielding Spearman correlation coefficients greater than 0.99 for all three analytes. Subsequently, the Wilcoxon test was applied to assess statistically

Cómo citar:

Méndez Sáenz, A., Jiménez Hurtado, M. G., & Castro Artavia, E. Correlación entre mediciones séricas y gasométricas de glucosa, sodio y potasio en pacientes pediátricos críticos del Hospital Nacional de Niños, Costa Rica (julio-octubre, 2024). Revista Ciencia Y Salud Integrando Conocimientos, 9(3). <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v9i3.880>

Recibido: 21/Abr/2025

Aceptado: 01/Sep/2025

Publicado: 16/Sep/2025



significant differences between the results. No significant differences were found for glucose ($p = 0.1382$), while sodium and potassium showed significant differences ($p < 0.001$). Finally, based on the CLSI EP23 guideline, a risk analysis was conducted to evaluate each platform. It was concluded that there is a very strong correlation between the glucose, sodium, and potassium results provided by biochemistry analyzers and blood gas analyzers and, based on the risk analysis, it was also concluded that for the monitoring of critically ill patients, the RAPIDpoint 500e analyzers present fewer high and critical risks compared to the Beckman Coulter DxC 700 AU analyzer.

Keywords: point of care testing, glucose, electrolytes, correlation, risk management.

INTRODUCCIÓN

La determinación de glucosa y electrolitos en líquidos biológicos es una práctica rutinaria y esencial en el entorno hospitalario, especialmente en unidades de cuidados intensivos, donde puede comprometer directamente la vida del paciente [1]. Estos análisis urgentes deben ofrecer resultados rápidos y confiables. Sin embargo, los laboratorios centrales suelen tardar más de 30 minutos en arrojar resultados de bioquímica en suero, lo que puede retrasar decisiones clínicas críticas [2].

En el Laboratorio Clínico del Hospital Nacional de Niños (HNN) de Costa Rica, las mediciones séricas de glucosa, sodio y potasio se realizan mediante dos analizadores Beckman Coulter DxC 700 AU y cuatro gasómetros RAPIDPoint 500e. En la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN) del HNN, los monitoreos de laboratorio a los pacientes críticos se efectúan cada seis horas y, frecuentemente se envían dos muestras por paciente para analizar los mismos mensurandos por métodos distintos porque, en la historia del laboratorio, un contrato de gases arteriales aportó un gasómetro que no incluía la medición ni de glucosa ni de sodio o potasio.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la correlación entre los resultados de pacientes obtenidos por ambas metodologías. Asimismo, busca valorar si la duplicación de muestras es necesaria o si puede evitarse para optimizar tiempos de respuesta del Laboratorio Clínico y recursos sin comprometer la atención al paciente.

La finalidad de la investigación es aportar evidencia que facilite una rápida toma de decisiones, basada en gestión de riesgos, que mejore la atención de las y los pacientes pediátricos críticos internados en los servicios de UCI y UCIN del HNN.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio de campo retrospectivo, observacional y transversal, con enfoque cuantitativo, orientado a mejorar los procesos del Laboratorio Clínico del HNN. Este estudio se sometió a revisión de criterio técnico por parte del Comité Ético Científico del Hospital Nacional de Niños, y recibió su aprobación como estudio no biomédico en el oficio HNN-DG-CEC-237-2024.

Desde un punto de vista positivista, se analizó, mediante una metodología experimental, si existe correlación entre los resultados de muestras de suero obtenidos en los analizadores del laboratorio central Beckman Coulter DxC 700 AU y los resultados de muestras de sangre total en los gasómetros RAPIDPoint 500e de glucosa, sodio y potasio del mismo paciente, obtenidos en el mismo proceso de punción.

Muestras y pacientes

Se incluyeron en este análisis los datos de 333 muestras duplicadas de pacientes pediátricos críticos entre los meses de julio a octubre del 2024. Se excluyeron del estudio las muestras coaguladas, hemolizadas, que solo presentaron resultados en uno de los dos equipos, y se hizo exclusión de mediciones con valores extremos.

Los datos fueron extraídos directamente del Sistema de Información del Laboratorio Clínico del HNN, LabCore, por lo que no hubo contacto directo con el paciente; no se utilizó información personal ni datos sensibles. El estudio fue anonimizado y respetó el derecho a la intimidad, confidencialidad y autonomía de los pacientes.

Medición de glucosa, sodio y potasio en los gasómetros RAPIDPoint 500e

La metodología para la determinación de glucosa en estos equipos es amperometría. El analizador emplea un electrodo enzimático que contiene glucosa oxidasa. Implica aplicar un voltaje al electrodo, y luego medir la corriente generada [3]. Se basa en la medida de corriente eléctrica generada por el intercambio electrónico entre el material de biorreconocimiento y un transductor [4].

Por otro lado, para la determinación de sodio y potasio, estos gasómetros utilizan la metodología de potenciometría directa, la cual es considerada como estándar de oro para la medición de electrolitos [5, 6]. En este caso en particular, esta tecnología mide la diferencia de potencial entre dos electrodos en una solución sin aplicación de corriente. El analizador utiliza un electrodo de ion selectivo (ISE) [3], el cual se basa en determinar la concentración de una especie electroactiva en una disolución, mediante el uso de la medida de potencial en celdas electroquímicas, compuestas por un electrodo de referencia de potencial conocido y constante [7].

Medición de glucosa, sodio y potasio en los analizadores DXC700 AU de Beckman Coulter

Para la determinación de glucosa, estos instrumentos utilizan la metodología fotométrica enzimática [8]. Por otro lado, la metodología para la determinación de sodio y potasio en estos equipos es potenciometría indirecta mediante electrodo ion selectivo (ISE) [9].

Análisis estadístico

El Instituto de Estándares para el Laboratorio Clínico (CLSI, por sus siglas en inglés) ofrece una guía para comparación de métodos con muestras de pacientes (CLSI EP09c ED3:2018) [10], pero es una guía que aplica para métodos que utilicen el mismo tipo de muestra y, en este caso, esta premisa no se cumple. Por esta razón, se optó por un análisis estadístico simple.

Para que el análisis de datos no se viera afectado por valores extremos o atípicos, se tomaron en cuenta los valores que se encontraban dentro del intervalo intercuartil de cada uno de los conjuntos de datos.

Dado que los datos no mostraron una distribución normal, se optó por utilizar la prueba de correlación de Spearman (estadística no paramétrica) con el objetivo de evaluar el grado de correlación entre los resultados de muestras de suero obtenidos en los analizadores del laboratorio central Beckman Coulter DXC 700 AU y los resultados de muestras de sangre total en los gasómetros RAPIDPoint 500 e.

Al obtener una fuerte correlación entre los resultados, se utilizó la prueba de comparación de Wilcoxon con el objetivo de evaluar si las medias de los resultados obtenidos en el analizador Dx C 700 AU y las medias obtenidas en los gasómetros, presentaban diferencias estadísticamente significativas.

Evaluación del desempeño analítico

Con el objetivo de evaluar el desempeño analítico de cada uno de los mensurandos en estudio y aportar evidencia que respalde el buen funcionamiento de los ensayos en estudio, en las diferentes plataformas analíticas, se calculó el error total analítico durante el mes de setiembre de 2024 con la siguiente fórmula:

$$ETA = k \cdot CV (\%) + sesgo (\%)$$

Donde:

ETA = error total analítico

k = 1.65 para un 95 % de confianza

CV = coeficiente de variación acumulado, a partir del procesamiento de control de calidad interno durante el mes de setiembre del 2024

Sesgo = porcentaje de desvío acumulado; se calcula como la media cuadrática de los errores porcentuales de un conjunto de encuestas de evaluación externa de la calidad [11]

Una vez que se ha calculado el error total analítico, se debe comparar con un error total analítico permitido. Para esto, se tomó en cuenta lo indicado por la European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) [12]. De esta forma, se definió el error total analítico permitido (ETAp), como se indica a continuación:

Tabla 1. Resumen de requerimientos de calidad para glucosa, sodio y potasio, según variabilidad biológica

Mensurando	Mínimo (ETAp%)	Deseable (ETAp%)	Óptimo (ETAp%)
Glucosa	9.2	6.1	3.1
Sodio	0.9	0.6	0.3
Potasio	7.3	4.9	2.4

Fuente: Base de datos de variabilidad biológica para mensurandos clínicamente significativos EFLM (European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine) [12].

Para efectos de este estudio, se seleccionó el requerimiento mínimo de error total analítico permitido (glucosa: 9.2 %, sodio: 0.9 % y potasio: 7.3 %) y, para determinar un buen desempeño del método, el error total analítico calculado debe ser menor que el error total analítico aceptable.

Análisis de riesgo

Se siguió el protocolo de gestión basado en riesgo que se indica en la guía CLSI EP 23 2Ed 2023 [13], donde se asigna una puntuación a la probabilidad de ocurrencia del riesgo identificado, una puntuación al impacto que podría producir ese riesgo y, luego, se multiplican ambos puntajes para obtener un valor numérico del riesgo.

Resultados

Prueba de correlación de Spearman

En los tres casos, el coeficiente de correlación obtenido es mayor a 0.99 (tabla 2), lo que sugiere una correlación muy fuerte entre los resultados que se obtienen de ambos equipos para glucosa, sodio y potasio.

Se representaron los datos evaluados en diagramas de dispersión con una línea de tendencia para visualizar mejor la correlación (figura 1).

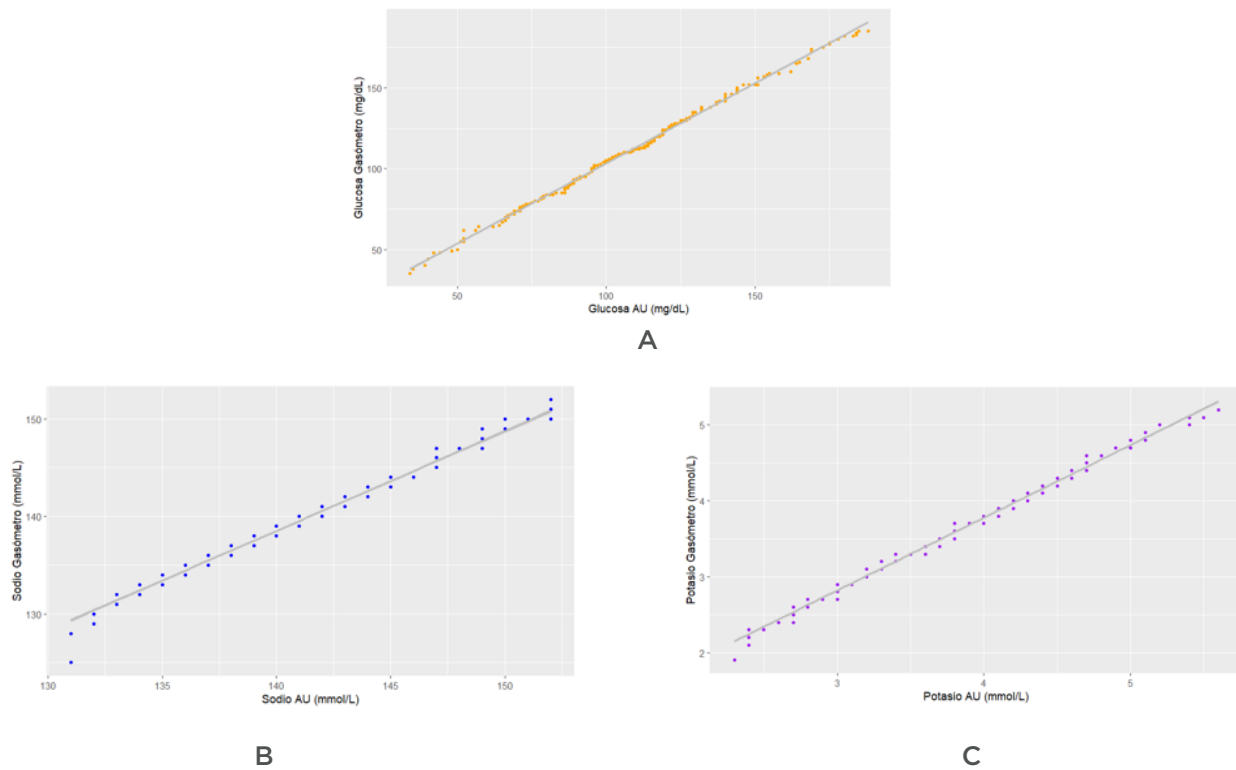


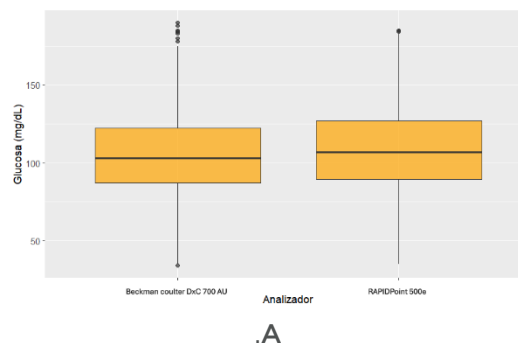
Figura 1. Diagramas de dispersión de la correlación de los valores obtenidos por los gasómetros RAPIDPoint 500 e y los valores de obtenidos del analizador DxC 700 AU.

Nota: A: glucosa, B: sodio, C: potasio

Prueba de comparación de medias de Wilcoxon

Se probó si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los resultados de ambos sistemas analíticos para los tres mensurandos en estudio.

Gráficamente, en un box plot, para la glucosa, se evidencia que los datos obtenidos por el DxC700 AU y por el RAPIDpoint 500e tienen una mediana bastante cercana y una distribución similar (Ver figura 2. A). Con el resultado de la prueba estadística, se concluye que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los resultados obtenidos por ambos analizadores ($p= 0.1382$).



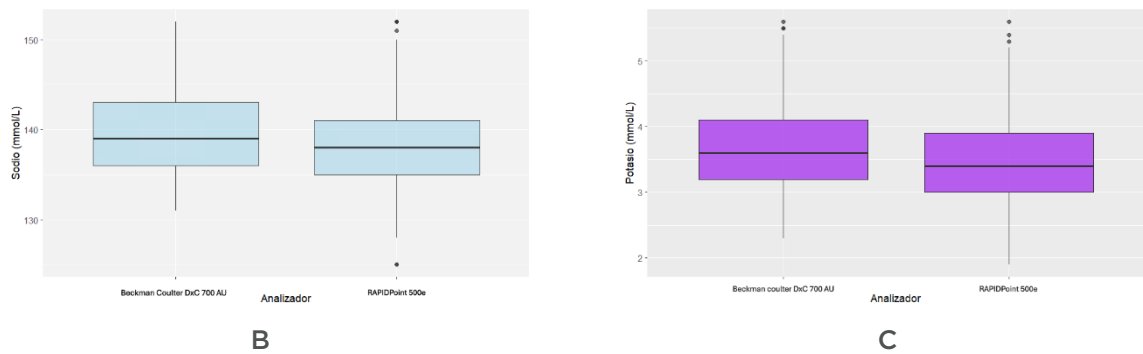


Figura 2. Boxplot de comparación de los resultados provenientes del analizador DxC 700 AU y del Gasómetro Rapidpoint 500 e.

Nota: A: datos de glucosa, B: datos de sodio, C: datos de potasio

Por el contrario, en los casos de sodio y potasio, los datos obtenidos del analizador Beckman Coulter DxC 700 AU son ligeramente mayores que los valores obtenidos de los gasómetros (figura 2. B y 2. C). Se concluye que, tanto para sodio como para potasio, sí hay diferencias estadísticamente significativas entre la media de los valores obtenidos de ambas plataformas analíticas ($p<0.001$).

Tabla 2. Resumen de pruebas estadísticas aplicadas a los conjuntos de datos de glucosa, sodio y potasio en los diferentes sistemas analíticos

Mensurando	Valor p test Wil-coxon	Interpretación	Coeficiente de correlación de Spearman	Interpretación
Glucosa	0.1382	No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos conjuntos de datos	0.999	Correlación muy fuerte entre ambos conjuntos de datos
Sodio	<0.001	Hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos conjuntos de datos	0.996	Correlación muy fuerte entre ambos conjuntos de datos
Potasio	<0.001	Hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos conjuntos de datos	0.998	Correlación muy fuerte entre ambos conjuntos de datos

Evaluación del desempeño analítico

En la tabla 3, se resume la estimación del error total analítico para los seis analizadores del estudio. En el caso del sodio, el ETA calculado es mayor que el ETA permitido (tabla 3); es decir, no cumple con el requerimiento de calidad seleccionado en ninguna de las plataformas en estudio. En este caso, se puede hacer un análisis de causa raíz que nos permita identificar posibles variables que se puedan corregir para mejorar continuamente el desempeño y, mientras tanto, se puede empezar por seleccionar un requerimiento de calidad de un nivel siguiente de variabilidad biológica para que se ajuste a la realidad del laboratorio. El siguiente nivel, según la conferencia de Milán 2014, sería estado del arte [14]. Un ejemplo de requerimiento de calidad basado en el estado del arte es CLIA. El requerimiento de calidad para sodio, según CLIA (2025) [15], es de un ± 4 mmol/L. Si se selecciona un valor de referencia de 140 mmol/L, el ETA permitido para sodio sería de un 2.86 %, aproximadamente. En este caso, el sodio tendría un desempeño satisfactorio en la mayoría de los analizadores en estudio.

Tabla 3. Resumen de cálculos de error total analítico para glucosa (ETAp: 9.2 %), sodio (ETAp: 0.9 %) y potasio (ETAp: 7.3 %) en los diferentes analizadores del estudio

Analizador	Glucosa					Mensurando Sodio					Potasio				
	Nivel de CC	CV (%)	Sesgo (%)	ETA (%)	Cumple	Nivel de CC	CV (%)	Sesgo (%)	ETA (%)	Cumple	Nivel de CC	CV (%)	Sesgo (%)	ETA (%)	Cumple
Gasómetro 509	1	0.8	1.8	3.1	Sí	1	0.3	0.6	1.1	No	1	0.4	0.9	1.6	Sí
	2	1.1	1.8	3.6	Sí	2	0.7	0.6	1.8	No	2	0.4	0.9	1.6	Sí
	3	2.2	1.8	5.4	Sí	3	0.7	0.6	2.1	No	3	0.7	0.9	2.1	Sí
Gasómetro 510	1	1.0	2.1	3.8	Sí	1	0.3	0.7	1.2	No	1	0.6	0.7	1.7	Sí
	2	2.2	2.1	5.7	Sí	2	0.3	0.7	1.2	No	2	0.7	0.7	1.9	Sí
	3	3.0	2.1	7.1	Sí	3	0.3	0.7	1.2	No	3	0.4	0.7	1.4	Sí
Gasómetro 511	1	0.5	1.8	2.6	Sí	1	0.3	0.6	1.1	No	1	0.5	1.0	1.8	Sí
	2	0.7	1.8	3.0	Sí	2	0.4	0.6	1.3	No	2	0.3	1.0	1.5	Sí
	3	1.5	1.8	4.3	Sí	3	0.4	0.6	1.3	No	3	0.5	1.0	1.8	Sí
Gasómetro 512	1	1.5	2.9	5.4	Sí	1	0.2	0.8	1.1	No	1	0.5	0.6	1.4	Sí
	2	1.7	2.9	5.7	Sí	2	0.3	0.8	1.3	No	2	0.4	0.6	1.3	Sí
	3	2.7	2.9	7.4	Sí	3	0.3	0.8	1.3	No	3	0.5	0.6	1.4	Sí
DxC 700 AU 1	2	1.9	0.5	3.7	Sí	2	1.2	0.3	2.2	No	2	2.1	0.1	3.5	Sí
	3	1.8	0.5	3.5	Sí	3	2.3	0.3	4.1	No	3	1.2	0.1	2.1	Sí
DxC 700 AU 2	2	1.7	1.4	4.2	Sí	2	1.1	0.1	2.0	No	2	2.2	0.6	4.2	Sí
	3	1.6	1.4	4.1	Sí	3	2.2	0.1	3.7	No	3	1.0	0.6	2.2	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del control de calidad interno y los informes de evaluación externa de la calidad.

Valoración y estimación del riesgo asociado al uso de las diferentes plataformas analíticas para monitoreo de pacientes críticos

La guía CLSI EP 23 segunda edición 2023 [13] propone un abordaje para la selección de la estrategia de control de calidad que aporte menos riesgos al paciente. De esta forma, se puede extrapolar esta estrategia a la selección de la plataforma analítica para seguimiento de pacientes críticos en las UCI del HNN. A continuación, se presentan los riesgos identificados con su respectiva clasificación y puntuación.

Tabla 4. Matriz de riesgo para pruebas de seguimiento (glucosa, sodio y potasio) a pacientes pediátricos críticos

Identificación de riesgos	Analizador							
	Gasómetros				DxC 700 AU			
	Impacto	Probabilidad	Riesgo	Calificación del riesgo	Impacto	Probabilidad	Riesgo	Calificación del riesgo
Volumen de muestra mayor a 1 mL	3	2	6	BAJO	3	3	9	MEDIO
Costo elevado por prueba	1	4	4	BAJO	1	1	1	MUY BAJO
Fallo del instrumento	5	2	10	ALTO	5	2	10	ALTO

Tiempo de respuesta de más de 20 min	3	1	3	MUY BAJO	3	5	15	ALTO
Mal desempeño analítico	4	1	4	BAJO	4	1	4	BAJO
Manipulación preanalítica de ser humano	3	2	6	BAJO	3	4	12	ALTO
Medición incorrecta asociada a hiperlipidemia o hiperproteïnemia	5	1	5	BAJO	5	4	20	CRÍTICO
Medición incorrecta asociada a microcoágulos	5	4	20	CRÍTICO	5	1	5	BAJO

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología propuesta en la guía CLSI EP 23 [13].

Tabla 5. Escala de puntuación de probabilidad, impacto y clasificación de riesgo

Probabilidad	Impacto	Puntuación	Riesgo
1: Improbable	1: Muy bajo	1-3	Muy bajo
2: Remoto	2: Bajo	4-6	Bajo
3: Ocasional	3: Medio	7-9	Medio
4: Probable	4: Alto	10-16	Alto
5: Muy probable	5: Muy alto	17-25	Crítico

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología propuesta en la guía CLSI EP 23 [13].

Con base en lo anterior —para efectos de las muestras de seguimiento de pacientes críticos—, la medición de glucosa, sodio y potasio por gasometría aporta menos riesgos altos en comparación con los resultados de suero. Adicionalmente, si se suman todas las puntuaciones de los riesgos obtenidos, la sumatoria de los gasómetros (58) es menor que la sumatoria de los analizadores de bioquímica (76).

Discusión

Los resultados obtenidos permiten abordar la importancia de la fiabilidad y rapidez en los análisis, así como la optimización de los protocolos clínicos y de laboratorio. El monitoreo de los pacientes de forma duplicada se hace, actualmente, por tradición, y por la existencia del mito de que la glucosa, el sodio y el potasio del analizador de bioquímica tienen mejor desempeño analítico que los mismos mensurandos en un gasómetro, que se cataloga como una prueba de POCT instrumental.

El monitoreo de estos mensurandos es crucial en el abordaje de las y los pacientes críticos. El potasio, por ejemplo, como catión intracelular, es esencial para la conducción nerviosa, las funciones musculares y el aparato

cardiovascular; su variación puede ser mortal debido, especialmente, a arritmias [16]. La hiponatremia, la alteración electrolítica más común en pacientes hospitalizados, en su presentación aguda, puede causar daño cerebral, edema y herniación, con riesgo de secuelas graves o muerte [17]. En neonatos, las enfermedades respiratorias, junto con alteraciones en la difusión de gases, anemia y trastornos hidroelectrolíticos, son frecuentes y peligrosas [7,17,18]. Las alteraciones metabólicas, especialmente en glicemia, son comunes en pacientes en UCI y emergencias; la hiperglicemia y los trastornos electrolíticos requieren evaluación rápida y tratamiento oportuno [19].

El análisis estadístico de esta investigación mostró una correlación positiva extremadamente fuerte en los tres mensurandos evaluados (coeficiente de correlación de Spearman mayor a 0.99), lo que indica que los dos tipos de equipo en estudio ofrecen mediciones muy relacionadas. Sin embargo, al hacer la prueba Wilcoxon, se observaron diferencias en los conjuntos de datos de sodio y potasio, que fueron estadísticamente significativas ($p < 0.001$).

En el caso específico del potasio, las diferencias encontradas entre las medias de las dos metodologías pueden deberse a que, durante la formación del coágulo, se libera potasio del interior de las plaquetas; por tanto, la concentración de potasio sérico es ligeramente superior al potasio plasmático [20]. Además, la hemólisis durante la centrifugación, aunque es pequeña, puede contribuir a un leve aumento de este electrolito a nivel sérico [21]. Esto concuerda con los resultados reflejados en la figura 2C.

Con respecto a las diferencias observadas en los conjuntos de datos de sodio, algunas investigaciones comentan que, cuando hay metodologías de potenciometría indirecta en las que se aplica una dilución a la muestra, previo a la medición de la concentración de electrolitos, las diferencias en la medición son frecuentes en comparación con los métodos de potenciometría directos. Por esta razón, la potenciometría directa se considera el estándar de oro para la medición de electrolitos [5,22]. Los analizadores DxC 700 AU estiman la concentración de electrolitos con una metodología de potenciometría indirecta [9]. Por el contrario, los gasómetros RAPIDPoint 500e lo hacen con una metodología de potenciometría directa [3]. Esto aunado a las diferencias en el tipo de muestra (sangre total versus suero) pueden ser las razones de las diferencias encontradas a nivel estadístico.

Desempeño analítico

En cuanto al desempeño analítico de los tres mensurandos evaluados mediante el error total analítico en las 6 plataformas, se puede ver que tanto glucosa como potasio presentan menor ETA calculado que el ETA permitido, seleccionado a partir de los datos de variabilidad biológica (EFLM). Para el caso de sodio, cuando se compara con el requerimiento de estado del arte (CLIA), la mayoría de analizadores logra cumplir con el error total analítico permitido. Esto se relaciona también, por lo crítico que es, con un resultado de sodio. Por lo general, son mensurandos con menor tolerancia al error.

Relevancia clínica de las diferencias encontradas

Con respecto a la glucosa, en la tabla 2, se observa que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los resultados que provienen de ambos analizadores ($p=0.1382$), con un resultado absoluto de 106 mg/dL para el analizador DxC 700 AU y 109 mg/dL para el gasómetro RAPIDpoint 500e. Sin embargo, las medias de sodio y potasio sí demostraron una diferencia significativa ($p<0.001$). En el caso de sodio, se obtuvo una media de 139,5 mmol/L para el analizador DxC 700 AU y 138,0 mmol/L para el gasómetro RAPIDpoint 500e.

Por otro lado, en el caso del potasio, se obtuvo una media de 3,7 mmol/L para el analizador DxC 700 AU y 3,4 mmol/L para el gasómetro RAPIDpoint 500e. Sin embargo, es importante mencionar que el estándar de oro para medición de electrolitos es el ISE directo, que es la metodología utilizada por los gasómetros. Es decir, puede ser mejor elección para medición de electrolitos en el caso de pequeñas discrepancias, como es el

caso de este estudio [5]. Un estándar de oro es la mejor prueba disponible en el momento para los ensayos de laboratorio clínico [23]. Difiere de método de referencia en que estos últimos son métodos estandarizados y aceptados por entes internacionales como la Federación Internacional de Química Clínica (IFCC), CLSI y Organización Internacional de Normalización (ISO), y se utilizan para validación de métodos [24]. En el caso particular de la medición de electrolitos, en la comunidad científica se han emitido recomendaciones provisionales de uso de ISE con potenciometría directa, pero no se ha establecido ningún método de referencia formal que cumpla con todos los criterios para serlo [6].

Gibbons y colaboradores discuten cómo las diferencias estadísticas encontradas entre diferentes estudios donde se analiza uno o más métodos son consideradas como clínicamente inaceptables. Sin embargo, es importante aclarar que un resultado con diferencia estadísticamente significativa no necesariamente está relacionado con una diferencia clínicamente significativa del estado del paciente, ya que un médico interpreta un resultado en un contexto clínico. A menudo, la magnitud relativa (alta, baja, normal) es más importante que el valor absoluto. Otros estudios han demostrado que una proporción de los análisis de pares de muestras están fuera de los estándares de la USCLIA (Enmiendas para la Mejora de los Laboratorio Clínicos de Estados Unidos, por sus siglas en inglés), lo cual pone en duda la gasometría como análisis de emergencia o “point of care”, y su utilidad. Estos estándares se relacionan principalmente con el desempeño analítico y la verificación de la calibración; nunca tuvieron la intención de dar una valoración de significancia clínica de estas diferencias [25]. Por esta razón, en este estudio, a pesar de que existe una diferencia significativa estadísticamente, hay que considerar si se presenta un impacto en la toma de decisiones clínicas. Por ejemplo, si se desea comparar un resultado de sodio o potasio obtenido al mediodía con uno tomado en la mañana, se recomienda que ambos provengan de la misma metodología analítica; es decir, comparar resultados en suero con otros en suero, o valores obtenidos por gasometría con otros de gasometría.

En otros términos, los médicos podrían hacer un análisis de las ventajas y desventajas de cada una de las plataformas analíticas y un análisis de riesgos para determinar cuál es la metodología que le aporta menos riesgos al paciente. En este estudio, se propone una valoración de riesgos donde se puede ver que, para efectos de monitoreo y seguimiento del paciente pediátrico crítico, si solamente se requiere valorar el resultado de glucosa, sodio y potasio, una sola muestra de sangre total heparinizada es suficiente, y no es necesario enviar también una muestra de suero para procesamiento de estos mensurandos en el analizador de bioquímica. Si, por el contrario, se requiere valorar otras pruebas bioquímicas, sí resulta necesario el envío de una muestra de suero para su respectivo procesamiento.

Con el propósito de simplificar la toma de decisiones, a continuación, se resumen las ventajas de cada analizador: para los gasómetros, el volumen mínimo de sangre total para su procesamiento es 0,7 mL; los resultados están listos en menos de 15 minutos desde el momento en que la muestra ingresa al laboratorio, y pueden ser visualizados rápidamente en el sistema de información del laboratorio. Además, presentan un buen desempeño analítico para glucosa, sodio y potasio; según los requerimientos de calidad seleccionados en este estudio, disminuyen el riesgo de medición de electrolitos incorrecta por hiperlipidemia, así como son analizadores autónomos con limpiezas y procesamiento de control de calidad interno automáticos. En el momento en el que un mensurando se sale de especificaciones de su control de calidad interno, el parámetro se inhabilita hasta que se logre resolver el inconveniente.

Para los analizadores DxC 700 AU, los electrolitos reciben una calibración diaria y el procedimiento de control de calidad interno es muy robusto. Los tres mensurandos poseen un sesgo muy bajo que se nota por los porcentajes de desvío acumulado en las encuestas de evaluación externa. También, los ensayos en este sistema analítico tienen la ventaja de que no presentan riesgo de medición errónea por microcoágulos porque se utiliza suero como tipo de muestra.

Esta discusión abre la posibilidad de optimizar los procesos de monitoreo de pacientes pediátricos críticos, y reducir el tiempo de respuesta de los resultados si se utiliza únicamente la información dada por los gasómetros. Esto bajo el criterio médico. También, se debe considerar que los pequeños cambios en la volemia

de pacientes neonatos son relevantes. Es decir, evitar la toma de una muestra adicional podría contribuir al bienestar del paciente.

Limitaciones del estudio

El estudio presentó algunas limitaciones importantes. Entre ellas, destacan las variables preanalíticas como la hemólisis y los microcoágulos, que pueden alterar las concentraciones de electrolitos o interferir en el análisis de las muestras. Además, se utilizaron diferentes equipos (cuatro gasómetros y dos analizadores de bioquímica), lo que podría haber generado variabilidad por diferencias técnicas entre dispositivos.

También se emplearon distintos tipos de muestra (sangre total y suero), lo cual pudo afectar la comparabilidad de los resultados, dado que factores fisiológicos y técnicos influyen en su composición. Aunque existen guías del CLSI para comparar métodos y para comparar resultados de pacientes, estas aplican cuando se utiliza el mismo tipo de muestra y, por esta razón, no se tomaron en cuenta como parte de la metodología.

Adicionalmente, la heterogeneidad clínica de los pacientes en UCI y UCIN puede haber introducido variabilidad biológica significativa. Finalmente, el uso de controles de calidad de tercera parte en los analizadores DxC 700 AU, aunque válidos, podría no alinearse totalmente con los estándares del fabricante y afectar la precisión de los resultados.

Estas consideraciones deben tenerse presentes al interpretar los hallazgos de esta investigación.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio aportan evidencia y abren la discusión sobre la necesidad de revisar los procedimientos de toma de muestras en la UCI y UCIN del Hospital Nacional de Niños de Costa Rica. Esto podría ahorrar tiempo y recursos sin comprometer la calidad del abordaje del paciente.

Hay una correlación muy fuerte entre los resultados de los analizadores Beckman Coulter DXC 700 AU y los gasómetros RAPIDPoint 500e para glucosa, sodio y potasio. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de glucosa en suero y glucosa por gasometría, pero sí se encontraron diferencias entre los resultados de sodio y potasio, lo que sugiere que es mejor hacer seguimiento y comparación de mediciones con resultados de una misma metodología.

Con base en el análisis de riesgos propuesto, para efectos de monitoreo de pacientes pediátricos críticos, la gasometría presentó menos riesgos altos y críticos en comparación con las mediciones de suero. Se recomienda una revisión de los protocolos y la implementación de cambios en la práctica clínica basados en gestión del riesgo para mejorar la eficiencia y la rapidez del proceso de seguimiento de pacientes críticos.

En términos generales, los resultados obtenidos sugieren que los gasómetros RAPIDPoint 500e son una opción confiable y eficaz para la medición de glucosa, sodio y potasio en situaciones críticas, lo que permitiría al personal médico tomar decisiones rápidas y optimizar el tratamiento de los pacientes en las unidades de cuidados intensivos.

Declaración de conflicto de intereses

Se declara que ninguno de los autores presenta algún conflicto de interés por el artículo.

Declaración de financiamiento

La publicación no presentó ningún medio de financiamiento

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado VP, Peñaloza LR. Determinación de la sensibilidad y especificidad de diferentes métodos para el análisis de sodio y potasio en suero humano. Cuad Hosp Clínicas [Internet]. 2006;51(1):19. Available from: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lng=es&nrm=iso&tlng=
2. Martínez García JJ, Torres Galicia CG, Camacho Fregoso JJ. Correlación de la glucosa, sodio y potasio en gases arteriales y sangre venosa periférica en niños graves. Pediatría de México. 2012;14(1).
3. Siemens Healthcare Diagnostics. Guía del Operador del sistema RAPIDPoint 500 e. 11419464 Rev. D. 2023.
4. Martín Hernández MI. Implementación y desarrollo de biosensores amperométricos en el ámbito biomédico [Internet]. Universidad de La Laguna; 2015. Available from: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=%2B34nq9cUvjk%3D>
5. Lindfield RS. Understanding electrolyte measurements: direct and indirect ion-selective electrode (ISE) methods. Acute Care Testing [Internet]. Radiometer Medical; [cited 2025 Jun 21]. Available from: <https://acutecaretesting.org/en/articles/understanding-the-different-values-in-electrolyte-measurements>
6. Burnett RW, et al. Recommendations for measurement and conventions for reporting sodium and potassium by ion-selective electrodes in undiluted serum, plasma or whole blood. Clin Chem Lab Med. 2000;38(10):1065–71.
7. Quiroz Ramírez F. Comparación entre gasometría venosa y determinación sérica de hemoglobina, hematocrito, sodio y potasio en pacientes pediátricos [Internet]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2021. Available from: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
8. Beckman Coulter. AU / DxC AU instrucciones de uso glucosa. BLOS6X21 17. 2022. p. 1–8.
9. Beckman Coulter. ISE ISE Reagents / Standards. BLOS66320 12. 2021. p. 1–11.
10. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Measurement procedure comparison and bias estimation using patient samples. 3rd ed. CLSI guideline EP09. Wayne (PA): CLSI; 2018.
11. Bignone FA, Zunino D, Funes ME, Reati GJ. Ciencia, tecnología y educación: nuevas formas de producción y circulación del conocimiento. Bernal (AR): Editorial UNQ; 2019.
12. Aarsand AK, Fernandez-Calle P, Webster C, Coskun A, Gonzales-Lao E, Diaz-Garzon J, et al. The EFLM Biological Variation Database [Internet]. [citado 2025 feb 16]. Available from: <https://biologicalvariation.eu/>
13. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Laboratory quality control based on risk management. 2nd ed. CLSI document EP23-Ed2. Wayne (PA): CLSI; 2023.
14. Jones G. Milan – The new hierarchy: Update from the EFLM strategic conference on defining analytical performance goals. Quality specifications for QC and QAP. Pathology. 2016;48(S16):S16.

15. Westgard QC. 2025 CLIA acceptance limits for proficiency testing [Internet]. Madison (WI): Westgard QC; [fecha desconocida] [citado 2025 abr 8]. Available from: <https://westgard.com/clia-a-quality/quality-requirements/2024-clia-requirements.html>
16. Esquivel CG, Ayala JP, Rivera JÁ, Velasco V, Hernández O, Castillo C. Medición de sodio, potasio, calcio y glucosa en suero-plasma y hemoglobina-hematócrito. *Med Interna México*. 2005;21(5):339-46.
17. Medrano-Rodríguez AB, Ortega-Cortés R, Torres-Infante E, Macario-Reynoso A, Carlos J, León B-D. Hiponatremia y su etiología en pacientes pediátricos ingresados a sala de urgencias. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2017;55(1):64-70.
18. Márquez-González H, Mota-Nova AR, Castellano-García DM, Yáñez-Gutiérrez L, Muñoz-Ramírez MC, Villa-Romero AR. Diferencias gasométricas y ventilatorias en neonatos con enfermedades respiratorias. *Rev Mex Pediatría*. 2014;81:5-9.
19. Saldaña OÍM. Veracidad de un analizador de gasometría para determinar glucemia, respecto a un método de laboratorio convencional. *An Fac Med*. 2014;75(3).
20. Reillo Sánchez CM, Mínguez-Velasco V. Generalidades del ionograma. *Clinica*. 2024;29(2530-643X):5-13.
21. Tang S, Mei Z, Huang D, Liu L, Yang L, Yin D, et al. Comparative analysis of hemoglobin, potassium, sodium, and glucose in arterial blood gas and venous blood of patients with COPD. *Nature*. 2024;14(5194):1-6.
22. Casals J, Broseta JJ, Fernández RM, Rodríguez D, del Risco J, Gómez M, et al. Correlación entre el sodio plasmático determinado por el laboratorio y el determinado por el monitor de hemodiálisis. *Nefrología*. 2024;44(3):417-22.
23. Bell D, Campos A. Gold standard [Internet]. *Radiopaedia.org*; 2024 Dec 28 [cited 2025 Jun 22]. Available from: <https://radiopaedia.org/articles/gold-standard>.
24. Maas AHJ. IFCC reference methods for measurement of pH, gases and electrolytes in blood: reference materials. *Eur J Clin Chem Clin Biochem*. 1991;29(4):253-61.
25. Gibbons M, Klim S, Marzaris A, Dillon O, Kelly AM. How closely do blood gas electrolytes and haemoglobin agree with serum values in adult emergency department patients: An observational study. *Emerg Med Australas*. 2018;31(2):24-46.