

Comparación de los métodos por espectrofotometría y automatizado Ion electrodo selectivo para la determinación de potasio sérico

Comparison of spectrophotometric and automated ion selective electrode methods
for the determination of serum potassium

*Comparação de métodos espectrofotométricos e de elétrodos iões seletivos automatizados
para a determinação de potássio sérico*

ARTÍCULO ORIGINAL



Maribel Yesenia Ferrufino Fuentes 
maribel.ferrufino@uab.edu.bo

Universidad Adventista de Bolivia. Carrera de Bioquímica. Cochabamba, Bolivia

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistavive.v9i25.469>

Artículo recibido 7 de noviembre 2025 / Aceptado 22 de diciembre 2025 / Publicado 6 de enero 2026

RESUMEN

Introducción: El potasio es un catión esencial predominante en el interior celular, cuya alteración en sangre puede generar trastornos graves, especialmente a nivel cardiovascular. Su medición precisa es fundamental en el diagnóstico y manejo de enfermedades cardíacas, renales y metabólicas. **Objetivo:** Comparar los métodos de espectrofotometría y automatizado por ion electrodo selectivo (ISE) para la determinación de potasio sérico. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo, correlacional y no experimental de corte transversal. La población estuvo conformada por 40 muestras séricas de pacientes atendidos en la Clínica Los Ángeles durante junio de 2025, seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. **Resultados:** Ambos métodos mostraron valores promedio similares (4,13 mmol/L por espectrofotometría y 4,16 mmol/L por ISE), con una correlación lineal fuerte ($r = 0,985$; $R^2 = 0,9709$), pendiente cercana a la unidad (1,036) e intercepto próximo a cero ($-0,185$). El análisis de Bland-Altman evidenció una buena concordancia, con un sesgo mínimo ($\pm 0,30$ a $-0,40$ mmol/L). **Conclusión:** Los métodos de espectrofotometría e ISE demostraron ser precisos y clínicamente comparables.

Palabras clave: Electrodo selectivo de iones; Espectrofotometría; Potasio sérico; Método automatizado

ABSTRACT

Introduction: Potassium is an essential cation in the human body, predominantly found within cells, and its alteration in blood can lead to serious disorders, particularly cardiovascular ones. Accurate measurement of serum potassium is crucial for the diagnosis and monitoring of cardiac, renal, and metabolic diseases. **Objective:** To compare spectrophotometric and automated ion-selective electrode (ISE) methods for the determination of serum potassium. **Materials and Methods:** A descriptive, correlational, non-experimental cross-sectional study was conducted with 40 serum samples from patients attending Clínica Los Ángeles during June 2025. Samples were selected through non-probabilistic convenience sampling and analyzed using both methods. **Results:** The mean values obtained were similar between methods (4.13 mmol/L by spectrophotometry and 4.16 mmol/L by ISE), showing a strong linear correlation ($r = 0.985$; $R^2 = 0.9709$). Linear regression analysis revealed a slope close to 1 (1.036) and an intercept near 0 (-0.185), indicating high comparability. The Bland-Altman analysis confirmed minimal bias (± 0.30 to -0.40 mmol/L) with no systematic differences. **Conclusion:** Both methods proved to be accurate and clinically comparable. The ISE method remains the reference standard due to its precision and automation.

Key words: Serum potassium; Spectrophotometry; Ion-Selective electrode; Automated method

RESUMO

Introdução: O potássio é um cátion essencial predominante no interior celular, cuja alteração no sangue pode gerar distúrbios graves, especialmente no âmbito cardiovascular. Sua medição precisa é fundamental para o diagnóstico e manejo de doenças cardíacas, renais e metabólicas. **Objetivo:** Comparar os métodos de espectrofotometria e automatizado por eletrodo seletivo de íons (ISE) para a determinação do potássio sérico. **Materiais e métodos:** Realizou-se um estudo descritivo, correlacional e não experimental, de corte transversal. A população foi composta por 40 amostras séricas de pacientes atendidos na Clínica Los Ángeles durante junho de 2025, selecionadas por meio de amostragem não probabilística por conveniência. **Resultados:** Ambos os métodos apresentaram valores médios semelhantes (4,13 mmol/L por espectrofotometria e 4,16 mmol/L por ISE), com forte correlação linear ($r = 0,985$; $R^2 = 0,9709$), inclinação próxima à unidade (1,036) e intercepto próximo de zero ($-0,185$). A análise de Bland-Altman evidenciou boa concordância, com viés mínimo ($\pm 0,30$ a $-0,40$ mmol/L). **Conclusão:** Os métodos de espectrofotometria e ISE demonstraram ser precisos e clinicamente comparáveis.

Palavras-chave: Eletrodo seletivo de íons; Espectrofotometria; Potássio sérico; Método automatizado

INTRODUCCIÓN

El potasio es un catión indispensable para el cuerpo humano, encontrándose en mayor cantidad dentro de las células (1). Cumple un papel fundamental para el buen funcionamiento del organismo e irremplazable por otros cationes sin que estos produzcan alteraciones en las diversas funciones (2). No obstante, pudiéndose producir desequilibrios en la concentración de potasio sérico, ya sea por su incremento (Hiperkalemia $> 5,5$ mEq/L) o disminución (hipokalemia $< 3,5$ mEq/L). Ambas condiciones provocan alteraciones en la polarización de la membrana celular, lo que puede dar lugar a diversos síntomas, siendo los más graves aquellos que afectan al sistema cardiovascular (3, 4).

La determinación de potasio en sangre es importante para un buen diagnóstico y manejo de enfermedades, principalmente trastornos cardíacos, renales y metabólicos (3). Desde esta perspectiva, se destacan dos de las técnicas más comúnmente utilizadas: el método automatizado ISE y la espectrofotometría (5, 6). El método ISE proporciona resultados rápidos y precisos, siendo ideal para entornos con una alta demanda de

pacientes (7-9). Sin embargo, su elevado costo limita su implementación (10). En cierto modo, la espectrofotometría es un método, más accesible y económico, lo que la convierte en una opción viable para laboratorios de menor capacidad y presupuesto (11).

Se realizaron estudios donde se comparan distintos métodos en la determinación de electrolitos. En el estudio realizado por Akdağ, Kader (12), comparó los niveles de potasio sérico obtenidos mediante el kit colorímetro e ISE directos e indirectos obteniéndose valores similares en todos los rangos. Asimismo, Obbed, Bashanaini (13), realizó una comparación con tres técnicas analíticas diferentes: un electrodo ion-selectivo, un fotómetro de llama y un espectrofotómetro observándose una fuerte correlación entre ellos.

La comparación entre los métodos de espectrofotometría y el automatizado por ion electrodo selectivo (ISE) busca determinar si el primero ofrece resultados comparables al método de referencia. El objetivo de esta investigación fue comparar la espectrofotometría y el método automatizado ISE para la determinación de potasio sérico.

MÉTODOS

Diseño de investigación

La presente investigación es un estudio de enfoque descriptivo-cuantitativo, de alcance correlacional y comparativo bajo un diseño no experimental de corte transversal.

Población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por 40 muestras séricas de pacientes que fueron atendidos en la Clínica los Ángeles durante el periodo de junio del 2025. El estudio utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia para aquellas muestras analizadas. Se incluyó a aquellas muestras que solicitaron el análisis de laboratorio clínico para la determinación de potasio sérico y se excluyó a aquellas muestras que presentaron lipemia, ictericia o hemólisis. El tamaño muestral se estableció siguiendo las recomendaciones de la Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) norma EP09-A3, la cual sugiere un mínimo de 40 muestras para el análisis de correlación y la evaluación de la concordancia mediante el método de Bland-Altman, incluyéndose valores en todo el rango de distribución.

Obtención de la muestra biológica

Se obtuvieron las muestras de sangre mediante venopunción, las cuales fueron centrifugadas a

3000 r.p.m. durante un periodo de tiempo de 5 minutos, para la obtención sérica. Se separó en tubos eppendorf debidamente identificados, para su posterior análisis.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la determinación de potasio sérico se empleó dos métodos para la detección del analito, mediante el equipo automatizado Ion electrodo selectivo y el método espectrofotométrico, siendo el primero la prueba de referencia.

El método de referencia Ion electrodo selectivo (ISE) es un método diseñado, desarrollado y producido para la medición de sodio, potasio y cloruro para la medición cuantitativa de estos analitos. Se basa en la determinación de la concentración del ion en una muestra midiendo el potencial eléctrico generado a través de una membrana selectiva frente a un electrodo de referencia. El procedimiento fue realizado en el equipo automatizado Smart 30 pro, requiriendo una cantidad de 60 μ L de muestra, demorando un tiempo de análisis de 35 segundos, realizando el procedimiento conforme las indicaciones del procedimiento operativo estandarizado en el laboratorio, realizando las lecturas de los controles previo a las corridas de las muestras de los pacientes.

En el método espectrofotométrico, los niveles de potasio de las muestras se determinaron mediante la medición de las absorbancias del analito a una longitud de onda de 505 nm. El procedimiento se inició con el proceso de los controles de calidad interno procesados antes de la corrida para la verificación correspondiente, luego se procedió con la adición de 1 ml del reactivo en los respectivos tubos posteriormente se pipeteo 10 μ L de suero de las diferentes muestras a cada tubo, se homogeneizó la mezcla y se llevó a incubación por 3 minutos a 37 °C. Transcurrido el tiempo se procedió a realizar la lectura en el analizador semiautomatizado STAT FAX 4500. Los resultados de ambas pruebas fueron recolectados en una ficha de recolección de datos que contenía las variables requeridas para la presente investigación.

Análisis de datos

Como parte del análisis estadístico, se compararon los resultados obtenidos por el método espectrofotométrico y los datos obtenidos mediante el método automatizado ISE, con el objetivo de evaluar la concordancia entre ambas técnicas diagnósticas. Se elaboró una base de datos en el programa de Microsoft Excel 2020, para la obtención de la ecuación de regresión, la misma que contiene el intercepto y la pendiente,

así como el cálculo del coeficiente de correlación utilizando un gráfico de dispersión tipo X, Y. Para la determinación de Bland-Altman se utilizó un gráfico de dispersión en SPSS.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó conforme a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, garantizando la confidencialidad y la protección de la información personal de los pacientes. Asimismo, conto con la aprobación del Comité de Ética de la Clínica Los Ángeles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, presenta los resultados del análisis descriptivo de las concentraciones de potasio sérico, observándose una marcada similitud en los resultados obtenidos por ambas metodologías, tanto la espectrofotometría como el método de ISE tienen concentraciones mínimas (2,60 mmol/L) y máximas similares (7,20 y 7,10 mmol/L, respectivamente), con medias cercanas (4,13 y 4,16 mmol/L). Sin embargo, la espectrofotometría presenta mayor variabilidad, con un coeficiente de variación del 22,65% y una desviación estándar de 0,93 mmol/L, frente al 21,36% y 0,89 mmol/L del método ISE.

Tabla 1. Resultados del análisis descriptivo por ambos métodos para la determinación de potasio sérico.

Estadístico	Espectrofotometría (mmol/L)	Método de ISE (mmol/L)
Concentración máxima	7,20	7,10
Concentración mínima	2,60	2,60
Coeficiente de variación (CV %)	22,65	21,36
Desviación estándar	0,93	0,89
Media	4,13	4,16

En la Tabla 2, muestra los resultados del análisis de regresión lineal entre los dos métodos de medición de potasio sérico, se presentan valores del intercepto, la pendiente y la ecuación

de la recta. Con una pendiente ($b = 1,036$) cercana a 1 e intercepto ($a = -0,185$) próximo a 0, indican una excelente correlación, lo que sugiere que sus resultados son comparables.

Tabla 2. Parámetros obtenidos del análisis de regresión lineal entre el método de espectrofotometría y el método automatizado ISE para potasio sérico.

Parámetro	Valor
Intercepto (a)	- 0,185
Pendiente (b)	1,036
Ecuación de la recta ($y = a + bx$)	$y = -0,185 + 1,036x$

La Figura 1, muestra la regresión lineal entre las concentraciones de potasio sérico medidas por el método espectrofotométrico (eje Y) y por el método automatizado ISE (eje X). La ecuación de la recta ($y = 1,0362x - 0,1855$) muestra una pendiente muy próxima a 1, lo que indica una

relación lineal casi perfecta entre ambos métodos. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9709$) indican una correlación casi perfecta, ya que el 97 % de la variación en un método puede explicarse por el otro.

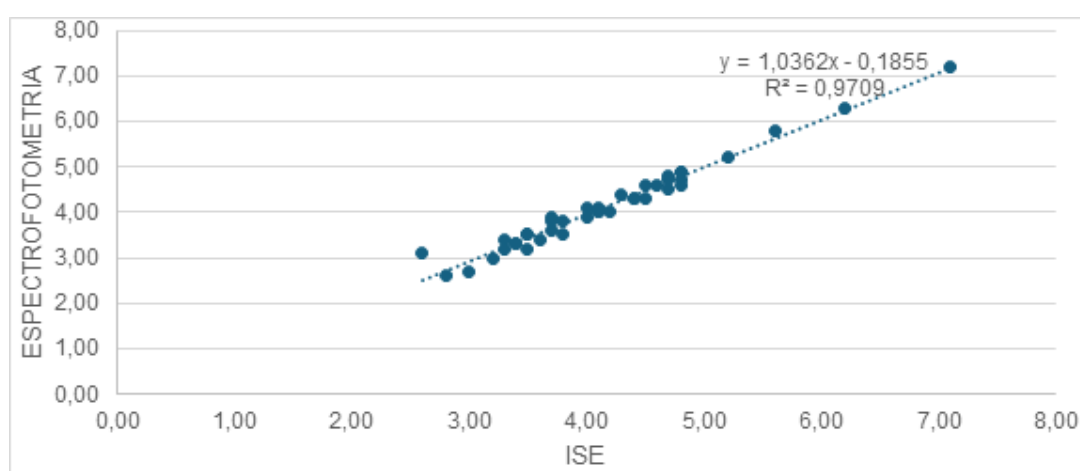


Figura 1. Recta de regresión obtenida entre el método de espectrofotometría y el método automatizado ISE para potasio sérico.

En la Tabla 3, el coeficiente de correlación de Pearson (r) y del coeficiente de determinación (R^2), utilizados para evaluar la relación entre los resultados de potasio sérico obtenidos por espectrofotometría y por el método automatizado

ISE. El valor de $r = 0,985$ indica una correlación positiva entre ambos métodos. Por su parte, $R^2 = 0,970$ muestra que el 97 % de la variación está en los resultados de un método.

Tabla 3. Resultados del coeficiente de correlación de Pearson entre métodos.

Correlaciones	
Coeficiente de determinación (R^2)	0,970
Coeficiente de correlación (r)	0,985

En la Figura 2, el gráfico de Bland-Altman muestra la concordancia entre los valores de potasio sérico obtenidos por el método espectrofotométrico y el método automatizado ISE. En el eje X se representa el promedio de las concentraciones obtenidas por ambos métodos, mientras que en el eje Y se grafican las diferencias entre ellos. La línea verde indica la

media de las diferencias, correspondiente al sesgo promedio, y las líneas naranjas representan los límites de concordancia ($\pm 1,96$ DE), establecidos aproximadamente entre +0,30 y -0,40 mmol/L. La mayoría de los puntos se distribuye cerca de la línea media, lo que evidencia una buena concordancia y ausencia de tendencia sistemática entre ambos

métodos. Asimismo, se observó un valor situado por debajo del límite inferior de concordancia, correspondiente a una muestra previamente congelada. Esta discrepancia puede atribuirse a

alteraciones preanalíticas asociadas al proceso de congelación y descongelación del suero, las cuales pueden afectar la estabilidad del potasio y generar variaciones en su medición.

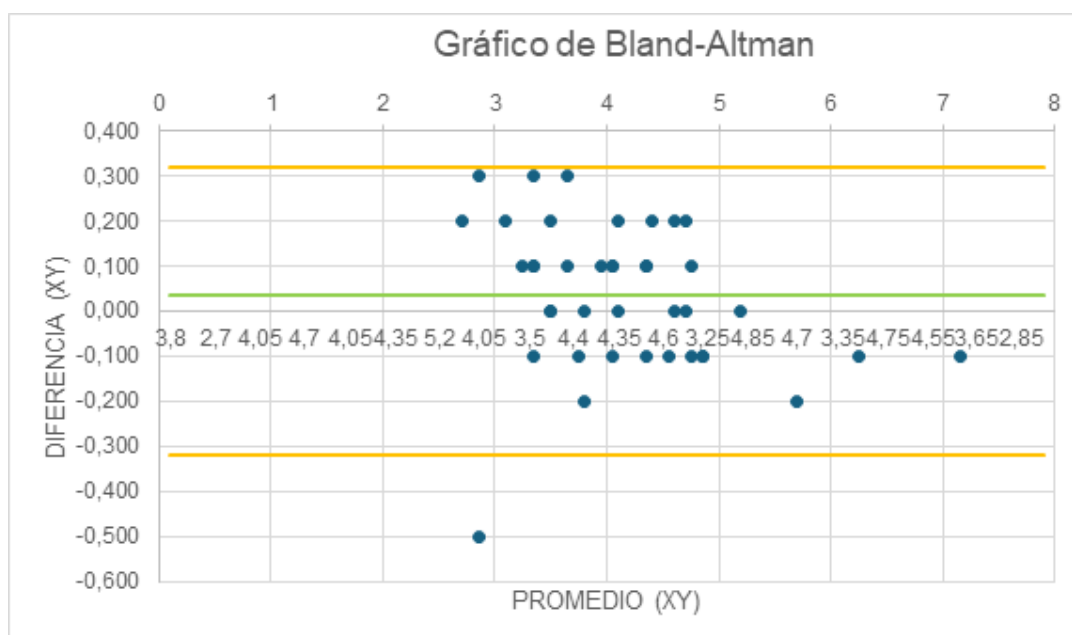


Figura 2. Gráfico de Bland–Altman para evaluar la concordancia entre los resultados de potasio sérico obtenidos por espectrofotometría y el método automatizado ISE.

Discusión

El análisis de los resultados del presente estudio reveló que ambos métodos evaluados espectrofotometría e ion electrodo selectivo (ISE) presentan valores muy similares en la determinación del potasio sérico, con medias de 4,13 mmol/L y 4,16 mmol/L, respectivamente. Esta similitud sugiere que las diferencias entre ambos métodos no son estadísticamente significativas, lo que coincide con lo reportado en investigaciones previas. Asimismo, estudios como los de Labanti, Peralta (14), y Albert,

Subramanian (15), demostraron que pueden existir ligeras discrepancias estadísticas entre los métodos directos e indirectos, obteniéndose medias de (4,3 y 4,38 mmol/L) y (3,83 y 4,08 mmol/L) respectivamente, estos resultados son comparables y equivalentes.

De igual manera, el coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0,985$) y el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9709$) observados en el presente estudio reflejan una asociación casi perfecta entre ambas técnicas, en línea con lo descrito por Alvim, Pereira (6), y Obbed,

Bashanaini (13), quienes también encontraron una fuerte correlación entre el método ISE y los procedimientos fotométricos, teniendo el coeficiente de correlación de ($R^2= 0,908$ K+) y ($R^2= 0,886$, $R^2=0,819$, $R^2= 0,806$) respectivamente. Estos autores también destacan que el método ISE, además de su alta precisión, ofrece ventajas en cuanto a automatización, rapidez y reproducibilidad de resultados, características que explican la leve reducción en el coeficiente de variación (21,36 %) frente a la espectrofotometría (22,65 %) observada en el presente trabajo.

Por otro lado, el análisis de Bland–Altman evidenció una concordancia adecuada entre ambos métodos, con un sesgo promedio mínimo ($\pm 0,30$ a $-0,40$ mmol/L) y sin tendencia sistemática, hallazgos que respaldan la validez del uso complementario de ambas técnicas. Resultados similares fueron reportados por Yilmaz, Uysal (16), y Khan, Mahiyuddin (5), ($0,4 \pm 0,70$) y ($-0,39$ a $1,98$ mmol/L), quienes avalaron que tanto el ISE como los métodos fotométricos proporcionan resultados confiables y comparables, siempre que se mantengan condiciones analíticas controladas y calibraciones adecuadas.

Por lo expuesto, los hallazgos del presente estudio coinciden con la literatura existente en cuanto a que el método automatizado ISE representa el estándar de referencia actual por su precisión y rapidez, mientras que la espectrofotometría

continúa siendo una alternativa válida, económica y accesible, especialmente en laboratorios con limitaciones de recursos, tal como señalan Akdağ, Kader (12). De este modo, ambos métodos pueden considerarse eficaces y complementarios para la determinación del potasio sérico, siendo su elección dependiente del contexto operativo y de las necesidades clínicas específicas.

Dado que el presente estudio se realizó utilizando un solo equipo automatizado y uno semiautomatizado para la medición de electrolitos y se centró únicamente en la determinación del potasio sérico, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el alcance metodológico incluyendo la comparación entre distintos equipos automatizados, como analizadores de electrolitos, gasometrías, etc.), así como la incorporación de otros electrolitos (sodio y cloro) para obtener un panorama más completo del comportamiento analítico entre métodos.

CONCLUSIÓN

El estudio realizado en la Clínica Los Ángeles en junio de 2025 permitió comparar los métodos de espectrofotometría y automatizado por ion electrodo selectivo (ISE) para la determinación del potasio sérico. Los resultados mostraron valores medios muy similares ($4,13$ y $4,16$ mmol/L) y una fuerte correlación lineal ($r = 0,985$; $R^2 = 0,9709$),

lo que indica una alta comparabilidad entre ambos métodos.

Así también el análisis de regresión evidenció una pendiente cercana a la unidad (1,036) y un intercepto próximo a cero (−0,185), demostrando la ausencia de sesgos sistemáticos significativos, mientras que el análisis de Bland–Altman confirmó una buena concordancia con un sesgo promedio mínimo ($\pm 0,30$ a $-0,40$ mmol/L).

Por lo tanto, estos hallazgos demuestran que el método de espectrofotometría da valores equivalentes o cercanos al método de referencia ISE, pudiéndose utilizar como una alternativa válida y accesible en entornos con recursos limitados.

CONFLICTO DE INTERÉS. Los autores declaramos que no existe conflicto de interés para la publicación del presente artículo.

REFERENCIAS

1. Pérez E, Esquivel R. Adecuación de metodologías para análisis de sodio y potasio por espectroscopía de absorción atómica, en sales de rehidratación oral. *TM*. 2018 [citado 5 de junio de 2025];31(2):40-57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7438906>
2. Sánchez J, Veloz L, Casa P, Oña R. Manejo clínico y terapéutico en pacientes con hipokalemia y trastornos del sodio. *Dominio de las Ciencias*. 2021;7(6):1366-85. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383780>
3. Hidayat A, Horino H, Rzeznicka I. Smartphone-enabled quantification of potassium in blood plasma. *Sensors*. 2021;21(14):4751. <https://doi.org/10.3390/s21144751>.

4. De Sequera P, Alcazar R, Albalade M. Trastornos del potasio. *Hipopotasemia e hiperpotasemia: Nefrología al día*; 2019. <https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-trastornos-del-potasio-hipopotasemia-e-613>.
5. Khan N, Mahiyuddin N, Ahsan A, Fatema K, Ahmed F. Comparison between measurement of sodium and potassium by Blood Gas Analyzer versus Laboratory based Auto-analyzer among critically ill patients in a tertiary care hospital. *Bangladesh Critical Care Journal*. 2023;11(1):3-6. <https://doi.org/10.3329/bccj.v11i1.66038>.
6. Alvim R, Pereira C, Pereira O, Do Amaral J. Comparative analysis for strength serum sodium and potassium in three different methods: Flame photometry, ion-selective electrode (ISE) and colorimetric enzymatic. *J Clin Lab Anal*. 2018;32(9):e22594. <https://doi.org/10.1002/jcla.22594Digital>.
7. Chen L, Wang W, Wang G. Electrochemical detection of electrolytes using a solid-state ion-selective electrode of single-piece type membrane. *Biosensors*. 2021;11(4):109. <https://doi.org/10.3390/bios11040109>.
8. Fan X, Li Q, Jin Z, Yu X, Ding M, Ju Y. Establishment and application of a new serum sodium candidate reference method. *Clinica Chimica Acta*. 2020;508:249-53. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.05.046>.
9. Banerjee A, Mehrotra G. Role of correction factor in minimizing errors while calculating electrolyte values between Blood–gas analyzer and laboratory autoanalyzer: A comparative study. *Indian journal of critical care medicine: peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*. 2018;22(1):34. https://doi.org/10.4103/ijccm.IJCCM_406_17.
10. Jia K, Zhang C, Huang X, Wang L, Hao X, Mu R, et al. Reference intervals of serum sodium, potassium, and chlorine in Chinese Han population and comparison of two ISE methods. *J Clin Lab Anal*. 2015;29(3):226-34. <https://doi.org/10.1002/jcla.21755Digital>.

- 11.** Villegas R, Magaña J. Aplicaciones de la espectrofotometría como herramienta de detección de estrés oxidativo en pacientes con preeclampsia. *Alerta*. 2022;5(1):64-73. <https://doi.org/10.5377/alerta.v5i1.10293>.
- 12.** Akdağ T, Kader S, Dost H, Ünlü A. Comparison of the Results of Sodium, Potassium, and Chlorine Measured Through Ion Selective Electrode (ISE) Method in Different Devices. *Genel Tıp Dergisi*. 2022;32(2):198-202. <https://doi.org/10.54005/GENELTIP.1038123>.
- 13.** Obbed M, Bashanaini M, Albeity Z, Bin L. Three Different Analytical Techniques for Measuring Serum Sodium as Well as Potassium Levels in Yemeni Patients with Kidney Disease: A Comparative Study. *Hadhramout University Journal of Natural Applied Sciences*. 2024;21(1):11-9. <https://n9.cl/gqzbzc>
- 14.** Labanti M, Peralta S, Gerardo C. Estrategia de comparación de métodos para la determinación de ionograma séricobasado en un sistema documental. *Revista Bioquímica y Patología Clínica*. 2025;89(1):27-32. <https://doi.org/10.62073/4d4wcm79>.
- 15.** Albert V, Subramanian A, Rangarajan K, Pandey R. Agreement of two different laboratory methods used to measure electrolytes. *J Lab Physicians*. 2011;3(02):104-9. <https://doi.org/10.4103/0974-2727.86843>.
- 16.** Yılmaz S, Uysal H, Avcil M, Yılmaz M, Dağlı B, Bakış M, et al. Comparison of different methods for measurement of electrolytes in patients admitted to the intensive care unit. *SMJ*. 2016;37(3):262. <https://doi.org/10.15537/smj.2016.3.13539>.