



Universidad
Norbert Wiener

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN
LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA

Tesis

Efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos
séricos en metodología ISE en una clínica oncológica, 2025

Para optar el Título Profesional de
Licenciada en Tecnología Médica en Laboratorio Clínico y Anatomía
Patológica

Presentado por:

Autora: Monsefú Cerna, Lady Diana

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0566-4506>

Asesora: Mg. Guadalupe Gómez, Haydee Ana

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0589-9759>

Lima – Perú

2026

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01

Yo, Lady Diana Monsefú Cerna egresado de la Facultad de **Ciencias de la Salud** y Escuela Académica Profesional de **Tecnología Médica** de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo de investigación “Efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos en metodología ISE en una clínica oncológica,2025” Asesorado por el docente: Mg Haydee Ana Guadalupe Gómez DNI 06213645 ORCID 0000-0003-0589-9759. Tiene un índice de similitud de **8 (ocho) %** con código 14912:541445970 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....
Firma de autor 1

Nombres y apellidos del Egresado:
 Lady Diana Monsefú Cerna
 DNI: 75888034

.....
Firma de autor 2

Nombres y apellidos del Egresado
 DNI:



.....
Firma

Nombres y apellidos del Asesor: Mg Haydee Ana Guadalupe Gómez
 DNI: 06213645

Lima, 08 de Noviembre de 2025.

Dedicatoria:

Principalmente a Dios, a mis queridos padres, a mi esposo, a mis hermanos y sobrinos por confiar en mis sueños y ser un soporte importante en mi vida.

Agradecimiento:

Doy gracias a Dios por darme salud y bienestar en el transcurso de mi vida.

Agradezco a mi querida madre María Cerna, que hoy me acompaña desde el cielo por ser la patrocinadora de mis metas, a mi padre Julio Monsefú por enseñar que siempre se puede llegar más lejos.

Agradezco a mi esposo por ser mi soporte en mis caídas y triunfos.

Agradezco a mis hermanos por ser inspiración de superarme y crear nuevos objetivos

A mi asesora Mg Haydee Guadalupe por su gran conocimiento brindado en todo el proceso para realizar la tesis.

ÍNDICE

CAPITULO I: EL PROBLEMA	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Formulación del problema	12
1.2.1 Problema general	12
1.2.2 Problemas específicos	12
1.3 Objetivos de la investigación	12
1.3.1 Objetivo general	12
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 Justificación de la investigación	13
1.4.1 Teórica	13
1.4.2 Metodológica	14
1.4.3 Práctica	14
1.5 ¡Error! Marcador no definido.	14
1.5.1 Temporal	14
1.5.2 Espacial	15
1.5.3 Recursos	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes	16
2.2 Bases teóricas	19
2.3 Formulación de hipótesis	25
2.3.1 Hipótesis general	25
2.3.2 Hipótesis Específicas	25
CAPITULO III: METODOLOGÍA	27
3.1 Método de la investigación	27
3.2 Enfoque de la investigación	27
3.3 Tipo de investigación	27
3.4 Diseño de la investigación	27
3.5 Población, muestra y muestreo	28
3.6 Variables y operacionalización	29
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.7.1 Técnica	29
3.7.2 Descripción de instrumentos	30
3.7.3 Validación	31
3.7.4 Confiabilidad	31
3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos	32

3.9 Aspectos éticos	32
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	33
4.1 Resultados:	33
4.1.1 Análisis descriptivos de resultados	33
4.1.2 Prueba de hipótesis	38
4.1.3 Discusión de resultados	54
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1 Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
REFERENCIAS	60
ANEXOS	66
Anexo N°1: Matriz de consistencia	66
Anexo N°2: Instrumentos	67
Anexo N°3: Aprobación del comité de ética	68
Anexo N°4: Carta de aprobación de la institución para la recolección de los datos	69
Anexo N°5: Reporte de similitud de Turnitin	70

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Distribución de la Frecuencia y Porcentaje de Rangos de Concentración de Proteínas en las Muestras	33
TablaN°2: Estadísticas Descriptivas de las Concentraciones de Proteínas y Electrolitos en Muestras de Suero	34
Tabla N°3: Medias y Desviaciones Estándar de Electrolitos por Rango de Concentración de Proteínas	35
Tabla N°4: Pruebas de Normalidad (Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk) para las Variables Analizadas	39
Tabla N°5: Correlación entre las Concentraciones de Proteínas y Electrolitos por Método de Medición	40
Tabla N°6: Pruebas de Wilcoxon para muestras relacionadas	45
Tabla N°7: Resultados de la comparación entre metodologías ISE directa e indirecta en la medición de electrolitos (Na, K, Cl) por grupos de concentración de proteínas séricas	46
Tabla N°8: Límites de Error Total Aceptables para Electrolitos Séricos según CLIA	47
Tabla N°9: Sesgo promedio de sodio (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración proteica sérica.	49
Tabla N°10: Sesgo promedio de potasio (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración proteica sérica.	51

Tabla N° 11: Sesgo promedio para el cloro (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración proteica sérica.	52
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Distribución de los valores medios del sodio sérico por nivel de proteínas	36
Figura N°2: Distribución de los valores medios del potasio sérico por nivel de proteínas	37
Figura N°3: Distribución de los valores medios del cloro sérico por nivel de proteínas	38
Figura N°4: Gráficos de correlación entre la concentración de proteínas y los valores de electrolitos séricos.	43
Figura N°5: Gráfico de error del sesgo de sodio por rangos de proteínas séricas frente a límites aceptables de CLIA	50
Figura N°6: Gráfico de error del sesgo de potasio por rangos de proteínas séricas frente a límites aceptables de CLIA	51
Figura N°7: Gráfico de error del sesgo porcentual de cloro (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración de proteínas séricas	53

Abstract:

Introduction: Serum electrolytes are electrically charged minerals found in the blood and play essential roles in fluid balance, nerve transmission, and muscle function. These minerals are measured using direct and indirect ISE methods. They respond selectively to a particular ion, generating an electrical potential proportional to its concentration.

Objectives: To determine the effect of protein concentration on the measurement of serum electrolytes in ISE methodology.

Materials and methods: A hypothetical-deductive study was conducted at the Instituto Oncológico Peruano clinic in the Centrolab laboratory from November to April of 2025. A total of 388 serum samples with protein concentrations ranging from <4 g/dL to >12 g/dL were measured using the direct and indirect ISE methods.

Results: Serum electrolytes (Na⁺, K⁺, and Cl⁻) were measured with different total protein concentrations, which were processed using the direct and indirect ISE methods. The Wilcoxon test showed significant differences for Na⁺ and K⁺ with the indirect ISE method, while Cl⁻ showed statistically significant differences with the direct ISE method.

Conclusion: It is concluded that the direct ISE method interfered with total protein concentrations in the measurement of Na⁺, while Cl⁻ showed variation in results with the direct ISE method without considering protein values.

Keywords: Serum electrolytes, protein concentration, ISE method

Resumen:

Introducción: Los electrolitos séricos son minerales con carga eléctrica que se encuentran en la sangre y desempeñan funciones esenciales en el equilibrio de líquidos, la transmisión nerviosa y la función muscular. Estos minerales se realizan la medición por medio del método ISE directo e indirecto que responden de manera selectiva a un ion particular, generando un potencial eléctrico proporcional a su concentración.

Objetivos: Determinar el efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos en metodología ISE.

Material y métodos: Se aplicó un estudio hipotético-deductivo de tipo aplicada en la clínica Instituto Oncológico Peruano en el laboratorio Centrolab durante el periodo de noviembre a abril del 2025. Se realizó la medición de 388 sueros con concentraciones proteicas en un rango de $< 4\text{g/dL}$ hasta $> 12\text{ g/dL}$ mediante el método ISE directo e indirecto.

Resultados: Se realizó la medición de electrolitos séricos (Na^+ , K^+ y Cl^+) con diferentes concentraciones de proteínas totales, las cuales se procesaron por medio del método ISE directo e indirecto, la prueba de Wilcoxon presentó diferencias significativas para Na^+ y K^+ con el método ISE indirecto, por otro lado, el Cl^+ presentó diferencias estadísticamente significativas con el método ISE directo.

Conclusión: Se concluye que el método ISE directo presentó interferencia con la concentración de proteínas totales en la medición de Na^+ , así mismo el Cl^+ presentó variación de resultados con el método ISE directo sin tener en consideración el valor de proteínas.

Palabras clave: Electrolitos séricos, concentración de proteínas, método ISE

INTRODUCCIÓN

La medición de electrolitos séricos, como el sodio, potasio y cloruro, es fundamental en la práctica clínica para evaluar el equilibrio hidroelectrolítico y ácido-base en el organismo. Estos análisis son cruciales para diagnosticar y monitorear diversas condiciones médicas, como la deshidratación, la insuficiencia renal y las alteraciones del equilibrio ácido-base.

Sin embargo, la precisión de estos análisis puede verse afectada por varios factores, incluyendo la concentración de proteínas totales en la muestra. La presencia de proteínas en la muestra puede influir en la medición de electrolitos, especialmente cuando se utilizan métodos indirectos de medición, como el método de electrodos selectivos de iones (ISE).

En este contexto, fue importante evaluar el efecto de la concentración de proteínas totales sobre la medición de electrolitos séricos para determinar la precisión y la exactitud de los resultados. En este estudio, se determinó los resultados de la medición de electrolitos séricos utilizando métodos directos e indirectos en muestras con diferentes concentraciones de proteínas totales.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La interferencia en el dosaje de electrolitos séricos puede verse afectada por condiciones de hiperproteinemia o hiperlipidemia alterando la fiabilidad de los resultados de laboratorio. Las proteínas pueden ocasionar una disminución de la proporción acuosa del plasma el cual va ocasionar un falso aumento o falsa disminución de los electrolitos es por eso importante saber a partir de que concentraciones pueden existir interferencia para evitar diagnósticos erróneos (1,2).

En un estudio se evidenció la medición de Na^+ mediante el método de iones selectivos de electrodos demostrando discrepancias de los resultados con relación a las proteínas totales. La prevalencia demuestra en los pacientes en UCI que 1 de cada 12 hospitalizados arroja resultados discordantes de Na^+ con respecto a las proteínas fuera del rango de interferencia, se revela una hiperproteinemia en el 1.2% de los resultados en la que se daría una pseudohiponatremia. Así mismo teniendo en cuenta que 1 de cada 4 hospitalizados demuestra una prevalencia de hipoproteinemia con relación a la medición de Na^+ demuestra una pseudonormonatremia (2).

Las alteraciones electrolíticas suelen reflejar cambios profundos en la permeabilidad celular y en la distribución de iones entre los compartimentos intra y extracelulares (3).

Un trastorno hidroelectrolítico, como hiponatremia o hiperkalemia, puede tener consecuencias graves y, en muchos casos, poner en peligro la vida del paciente. Las alteraciones, incluso leves, en los niveles de electrolitos pueden desencadenar complicaciones en personas con enfermedades subyacentes, como insuficiencia renal, insuficiencia cardíaca, diabetes, o en aquellos en estado crítico (4).

En pacientes adultos hospitalizados el trastorno electrolítico más común es la prevalencia de hiponatremia puede estar entre 2.5% y 15%, y su incidencia aumenta considerablemente en pacientes críticos o en terapia intensiva. La hipokalemia sigue en frecuencia a la hiponatremia, con una prevalencia de aproximadamente 1.9% y una incidencia del 1.4% cuando se consideran niveles de potasio sérico de ≤ 2.8 mEq/L. El tercer trastorno electrolítico más frecuente es la hiperkalemia, con una incidencia que oscila entre el 1.4% y 1.7%, especialmente en personas con insuficiencia renal (5).

El método de potenciometría con Electroodos Selectivos para Iones (ISE) ha ganado relevancia en el análisis de cationes y en la cuantificación de electrolitos. Este método ofrece varias ventajas significativas: rapidez, menor interferencia, exactitud y facilidad de uso. El ISE en la potenciometría está convirtiéndose en una alternativa valiosa para el análisis de electrolitos, mejorando la eficiencia y fiabilidad en la práctica clínica (6). Es por ello que mediante este trabajo de investigación busco determinar el efecto de los diferentes niveles de proteínas sobre la cuantificación de electrolitos séricos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos en metodología ISE en una clínica oncológica en el año 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Existe interferencia entre los valores de proteínas séricas y las concentraciones de electrolitos (sodio, potasio y cloro) por la metodología ISE directo e indirecto?
- ¿Existe variación en las concentraciones séricas de los electrolitos (sodio, potasio y cloro) sin evaluar el efecto de los valores de proteínas determinadas por las metodologías ISE directo e indirecto?
- ¿Existe variación en las concentraciones de electrolitos por metodología ISE directo e indirecto, según los niveles de proteínas séricas?
- ¿Cuánto es el sesgo de la metodología ISE indirecto con respecto a la ISE directo, evaluando límites establecidos por las regulaciones de CLIA para la medición de electrolitos en suero?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general:

Determinar el efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos en metodología ISE.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Analizar la interferencia entre los valores de proteínas séricas y las concentraciones de electrolitos (sodio, potasio y cloro) por la metodología ISE directo e indirecto.
- Comparar las concentraciones séricas de electrolitos (sodio, potasio y cloro) sin evaluar los valores de proteínas determinadas por las metodologías ISE directo e indirecto.
- Estimar las concentraciones de electrolitos por metodología ISE directo e indirecto, según los niveles de proteínas séricas.
- Establecer los valores de sesgos de la metodología ISE indirecto con respecto a la ISE directo, evaluando si estos sesgos superan los límites establecidos por las regulaciones de CLIA para la medición de electrolitos en suero.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Teórica

El presente trabajo tuvo como finalidad demostrar el efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos, es de importancia ya que las proteínas al presentar un valor alterado pueden causar valores de hipoproteinemia o hiperproteinemia, es así también que una alteración en los electrolitos séricos como en sodio, potasio o cloro puede llevar un desbalance. Es relevante determinar si las proteínas podrían estar causando una interferencia con resultados de los electrolitos.

Por ello mediante el método ISE directo e indirecto se buscó ver el efecto que causan las proteínas sobre la medición de electrolitos séricos.

1.4.2. Metodológica

Esta investigación es de tipo experimental, por medio de este se pretende demostrar los conocimientos teóricos en un contexto práctico. Fue así que mediante el documento de la Sociedad Española de Química Clínica fue la guía para continuar con los lineamientos del estudio en base a las diferentes concentraciones de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos ante las interferencias; implementando y realizando una comparación de diversas técnicas se buscó determinar cuál de los métodos proporciona resultados más precisos y confiables en la cuantificación de estos analitos.

1.4.3. Práctica

Se pretendió con este estudio poder llegar al objetivo, es por ello que se evaluó la medición de electrolitos con diferentes concentraciones de proteínas: elevados, normales y bajos, además mediante el uso del método dISE iISE se determinó cuál de los procedimientos brinda mejor precisión de resultados de electrolitos séricos.

Así también se encontró dejar como antecedente si el efecto de interferencia para la medición de electrolitos séricos, se trató de niveles alterados de proteínas.

1.5. Delimitaciones de la Investigación

1.5.1. Temporal

El trabajo de investigación fue desarrollado en el periodo de noviembre – abril en el 2025, el cual se ejecutará el estudio correlacional.

1.5.2. Espacial

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Lima, en una clínica oncológica.

1.5.3. Recursos

- Se recolectaron muestras de suero ya procesadas con valores de proteínas totales en rangos normales como alterados según lo requerido para la investigación en una clínica oncológica.
- Uso del espacio del área de laboratorio clínico.
- Se cuenta con los recursos económicos para poder llevar a cabo la investigación, así mismo el recurso logístico.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Chopra, et al., (2) El estudio se realizó con el propósito de “Informar el efecto simultaneo de diferentes concentraciones de proteínas y lípidos en la medición de sodio (Na^+) y potasio (K^+) mediante electrodos selectivos de iones directos e indirectos (dISE e iISE)”. Este estudio se llevó a cabo en 195 muestras de suero de pacientes, obteniendo resultados para Na^+ ($p=0,007$) y K^+ ($p=0,002$) con significancia clínica con muestras de TP normal y alteradas, además la interferencia de TG no fue significativo, al contrario, con el Colesterol afecto al Na^+ en conjunto de colesterol bajo Vs normal, K^+ fue relevante ($p=0,009$) con el colesterol bajo Vs normal. Se concluye que no es recomendable intercambiar el método de medición de electrolitos por el dISE e iISE, en relación con muestras con hiperproteinemia ($\geq 8\text{g/dL}$) o hipercolesterolemia ($\geq 300\text{mg/dL}$), en especial para Na^+ .

Dimeski, et al., (7) Se realizó un estudio con el propósito de “Estimar la proporción de análisis de sodio en plasma con electrodos selectivos de iones indirectos (ISE)”. El estudio se llevó a cabo en 346 muestras clínicas seleccionadas para reflejar concentraciones de proteínas altas, bajas o normales. Se predijo un desacuerdo en el sodio en 25% en casos UCI, casi el 97% ocurrieron en muestras hipoproteinemicos donde el ISE indirecto tenía que exceder al ISE directo. El cual se proyectó un 8% de desacuerdo en las muestras a nivel de todo el hospital, de las cuales el 70% eran muestras hipoproteinemicos. Presentando desacuerdo entre el ISE directo e indirecto en la medición de sodio, evidenciando 1 de cada 4 casos en UCI y 1 de cada 12 en el Hospital.

Chow, et al., (8) El presente estudio se realizó con el objetivo de “Evalúa el impacto en la evaluación del estado de electrolitos de las mediciones ISE directas de sodio y potasio en comparación con las indirectas en muestras de pacientes”. Se realizó el estudio en 190 muestras para la medición de sodio y potasio, utilizando ISE indirecto ($140,0 \pm 5,0$ y $4,5 \pm 0,6$, respectivamente) en comparación con ISE directo ($136,5 \pm 5,2$ y $4,5 \pm 0,6$, respectivamente). La ISE indirecta clasificó de forma inadecuada el 28% de las muestras, teniendo en cuenta que la hipoproteinemia es común en pacientes críticamente enfermos y esto puede conducir a mediciones indirectas de electrolitos ISE falsamente altas. Se concluye que para este tipo de pacientes la medición se realice por el método ISE directo siendo más preciso y consistente.

Katrangi, et al., (9) El estudio se evaluó con el objetivo de “Establecer relación entre la concentración de proteína total (TP) sérica y la magnitud del efecto de exclusión de electrolitos en los valores de sodio medidos mediante ISE indirecto”. Se llevó a cabo en 112 muestras de suero residual de pruebas de PT ordenadas por el médico, obteniendo como resultados: $\Delta[\text{Na}^+]$ fue inversamente proporcional a la concentración de TP. La mayoría de los pacientes de la unidad de cuidados intensivos (81%) eran hipoproteinémicos. Solo el 10,9% de las órdenes de prueba de sodio incluyen una orden para TP en la misma recolección. En conclusión, la medición indirecta de sodio se ve afectada cuando aumentan las concentraciones de TP.

Gohel, et al., (10) Se realizó un estudio con el propósito de “Ver el efecto de la hipoproteinemia en la medición de electrolitos mediante dos técnicas diferentes ISE directo e ISE indirecto”. En el estudio se llevó a cabo en 90

muestras de suero normal respecto a proteínas con valores normales y bajas para la medición de sodio y potasio. Obteniendo resultado en el grupo 1: Proteínas normal valores de Sodio (Na^+): ISE Directo: $138,1 \pm 4,764$ mmol/L e ISE Indirecto: $139,3 \pm 3,887$ mmol/L, Potasio (K^+): ISE Directo: $4,41 \pm 0,644$ mmol/L e ISE Indirecto: $4,40 \pm 0,592$ mmol/L. Grupo 2: Proteínas $<5\text{g/dl}$ medición de Na^+ odio (Na^+): ISE Directo: $134,57 \pm 5,520$ mmol/L e ISE Indirecto: $138,64 \pm 5,401$ mmol/L, Potasio (K^+): ISE Directo: $4,146 \pm 0,9639$ mmol/L e ISE Indirecto: $4,186 \pm 0,8989$ mmol/L. Concluyendo que niveles de proteínas totales en suero ($< 5 \text{ g/dL}$), los valores de sodio medidos por el método ISE directo e ISE indirecto son significativamente diferentes.

Delgado, et al., (11) Este estudio se llevó a cabo “Establecer el valor de corte para que el recuento de plaquetas interfiera en el potasio sérico y estimar el porcentaje de casos de pseudohipercalemia y pseudonormocalemia”. Se evaluó mediante la revisión de historias clínicas en los años 2010 a 2019 es por ello que se consideró a 54 pacientes con trombocitosis. Este estudio dio con la concentración de K^+ en relación con las plaquetas ($p < 0,001$; p Spearman= $0,394$) en suero. El valor límite del K^+ impide en el recuento de plaquetas, con una sensibilidad y especificidad de 0,67 y 0,58 respectivamente; en los casos de pseudohipercalemia o pseudonormocalemia se presentó el 0.4% de mediciones de potasio séricos susceptibles. Se entiende que este estudio brinda un valor límite para el conteo de plaquetas que interfiere en las mediciones séricas de potasio, así mismo se refleja cuestiones con relación pseudohipercalemia y pseudonormocalemia.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Electrolitos séricos:

Los electrolitos séricos son minerales en la sangre que tienen un papel crucial en diversas funciones del cuerpo. Los principales electrolitos incluyen sodio, potasio, calcio, cloruro, bicarbonato y magnesio (12,13).

Los electrolitos son compuestos que, al disolverse en líquidos como el plasma sanguíneo, se disocian en iones cargados eléctricamente, los cuales son fundamentales para mantener las funciones fisiológicas del cuerpo. Los iones pueden tener cargas positivas (cationes) como el sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), o cargas negativas (aniones) como el cloruro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) (14,15).

2.2.2. Funciones de los electrolitos:

Los electrolitos son minerales con carga eléctrica que desempeñan funciones esenciales en el mantenimiento del equilibrio interno del cuerpo:

- Regulación del pH: Los electrolitos contribuyen a mantener el equilibrio ácido-base en la sangre. Por ejemplo, el bicarbonato actúa como un amortiguador que ayuda a neutralizar los ácidos y bases, manteniendo el pH de la sangre en un rango normal (12).
- Equilibrio ácido-base: Los niveles de electrolitos influyen en el equilibrio entre ácidos y bases en el cuerpo, que es esencial para que las enzimas y otros procesos biológicos funcionen correctamente (16).

- **Función neuromuscular:** Los electrolitos como el sodio, potasio y calcio son cruciales para la transmisión de impulsos eléctricos a lo largo de los nervios y para la contracción de los músculos. Un desequilibrio puede afectar la función nerviosa y muscular, lo que puede llevar a síntomas como calambres, debilidad o alteraciones en la función cardíaca (16).
- **Transporte de líquidos y nutrientes:** Los electrolitos ayudan a regular el movimiento del agua dentro y fuera de las células, los tejidos y los espacios corporales. Esto es crucial para mantener un equilibrio adecuado de fluidos en el cuerpo (12,17).
- **Mantenimiento del equilibrio de agua:** Los electrolitos como el sodio y el potasio son fundamentales para regular el volumen de agua en el cuerpo. Un equilibrio adecuado de estos electrolitos asegura que las células no se deshidraten ni se hinchen excesivamente (12,17).

2.2.3. Alteraciones en los electrolitos séricos:

- **Sodio:** El sodio juega un papel crucial en la regulación del equilibrio de líquidos al influir en la presión osmótica del líquido extracelular. Su concentración en el líquido extracelular determina el volumen y la presión de este, afectando directamente la hidratación de las células y la presión arterial. Además, el sodio también es esencial para la función neuromuscular y el equilibrio ácido-base (14).

La hiponatremia se define como una concentración de sodio en sangre menor a 135 mEq/L. Este trastorno es bastante común y puede ser causado por diversas condiciones o problemas, incluyendo: pérdida

excesiva de sodio, edema, secreción excesiva de hormona antidiurética (14, 18).

La hipernatremia, una condición caracterizada por la elevación de la concentración sérica de sodio por encima de 145 mEq/L. Causando déficit de agua relacionado al sodio y excesiva ingesta de sodio (18).

- Potasio: es un ion esencial que se encuentra predominantemente dentro de las células y juega un papel crucial en la fisiología celular, especialmente en los tejidos excitables como los nervios y los músculos (19,20).

La hipokalemia es una condición en la que los niveles de potasio en sangre descienden por debajo de los 3,5 mEq/L (21). La deficiencia de potasio puede tener diversas causas como: uso de diuréticos, poliuria, aumento de la secreción de aldosterona; afectando gravemente el funcionamiento celular, especialmente en tejidos excitables como el músculo y el sistema nervioso (18).

La hiperkalemia es una condición caracterizada por un aumento en la concentración de potasio (K^+) en el suero plasmático, con niveles superiores a 5.5 mEq/L (14,22). Pueden causar: Insuficiencia renal, destrucción masiva de tejidos, traumatismos graves, hemolisis, etc. (18,22).

- Cloro: Es un electrolito clave que ayuda a mantener el equilibrio de fluidos y la electro neutralidad en el cuerpo. Su concentración en suero es fundamental para la regulación del pH y la función renal, y niveles anormales pueden indicar trastornos en el equilibrio electrolítico (23).

La hipocloremia puede provocar síntomas como debilidad muscular, fatiga y alteraciones en el equilibrio ácido-base, causas gastrointestinales, renales, mecanismos de hemodilución (14,23).

La hipercloremia es un factor de riesgo para el desarrollo de lesión renal aguda en pacientes críticos, presencia de otras variables intervinientes como la sepsis, el balance hídrico, el requerimiento de vasopresor (24,25).

2.2.4. Método electrodos selectivos de iones (ISE):

Los electrodos selectivos para iones (ISE, por sus siglas en inglés) son dispositivos que utilizan membranas permeables específicas para medir la concentración de ciertos iones en una solución. Al entrar en contacto con el ion objetivo, la membrana genera un potencial eléctrico que se puede correlacionar con la concentración del ion mediante la ecuación de Nernst (26,27).

2.2.5. Tipos de Método Electrodos Selectivos de Iones:

- Método dISE: es un método electro analítico que mide el potencial generado en una celda electroquímica para determinar la actividad o concentración de un analito en solución. En este contexto, se utiliza un electrodo selectivo de iones (ISE) como electrodo indicador, cuyo potencial varía en función de la actividad iónica del ion específico que se está midiendo. (28,29).

El proceso en la potenciometría directa se puede resumir de la siguiente manera:

- a) Celda electroquímica: Se construye una celda que consta de un electrodo de referencia (con un potencial constante) y un electrodo indicador (en este caso, un ISE), cuya respuesta depende de la actividad del ion de interés (28).
 - b) Electrodo indicador: El electrodo selectivo de iones desarrolla un potencial que es proporcional a la actividad del ion en solución, de acuerdo con la ecuación de Nernst (28).
 - c) Medición del potencial: El potencial entre el electrodo de referencia y el electrodo indicador se mide, y esta lectura está relacionada con la actividad o concentración del ion en la solución (28).
 - d) Conversión a concentración: La actividad iónica puede convertirse en concentración a través de factores de calibración específicos para el ion que se está analizando (28).
- Método iISE: es una técnica electroanalítica similar a la potenciometría directa, pero en lugar de medir el potencial directamente en la muestra original, la concentración o actividad de los iones se estima después de realizar una dilución o algún tipo de pretratamiento de la muestra. En esta técnica, se utilizan también electrodos selectivos de iones (ISE) para medir el potencial generado en función de la actividad iónica, pero el procedimiento implica un paso adicional que afecta la concentración real de los iones en la solución (30).

- a) Dilución previa de la muestra: A diferencia de la potenciometría directa, en la que la muestra se mide tal cual, en la potenciometría indirecta es común diluir la muestra antes de medir la actividad de los iones. Esto se hace, por ejemplo, en muestras con matrices complejas, donde la interferencia de otras sustancias podría afectar la precisión de la medición directa (30).
- b) Medición tras el pre tratamiento: Después de diluir la muestra o llevar a cabo el pre tratamiento, se mide el potencial con el electrodo selectivo de iones (ISE), y ese potencial se relaciona con la actividad o concentración del ion, pero tomando en cuenta la dilución (30).
- c) Cálculo de la concentración: El potencial medido se usa para calcular la concentración de los iones, pero se necesita ajustar el resultado teniendo en cuenta el factor de dilución utilizado. La fórmula para calcular la concentración final debe incluir el factor de corrección debido a la dilución realizada previamente (30).

2.2.6. Interferencias en la medición de electrolitos séricos:

- Método de dilución indirecto: La presencia de altos niveles de lípidos (hiperlipidemia) o proteínas (hiperproteinemia) en la muestra puede desplazar el agua plasmática, lo que altera la relación real entre los electrolitos y el volumen de agua. Esto puede llevar a lecturas inexactas de electrolitos, ya que el volumen total de la muestra se diluye sin tener en cuenta el volumen de agua efectivamente disponible para los electrolitos (2,31).

- Método directo: Aunque el método directo es menos susceptible a las alteraciones debidas a la hiperproteinemia o hiperlipidemia, todavía puede verse afectado por interferencias como la presencia de sustancias endógenas o exógenas que reaccionan con los electrodos, alterando la medición de los electrolitos. Algunos medicamentos o compuestos químicos también pueden interferir con la sensibilidad de los electrodos selectivos (2,31).

2.3. Formulación de Hipótesis:

2.3.1. Hipótesis general:

Existe relación significativa de los diferentes niveles de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos mediante el método ISE Directo e Indirecto.

2.3.2. Hipótesis específicas:

- Los valores de proteínas séricas interfieren significativamente en las concentraciones de sodio, potasio y cloro determinadas mediante la metodología ISE indirecto, en comparación con la metodología ISE directo.
- Existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro medidas por las metodologías ISE directo e indirecto, independientemente de los valores de proteínas séricas.
- Las concentraciones de sodio, potasio y cloro estimadas por la metodología ISE indirecto varían significativamente según los niveles de proteínas séricas, mientras que las obtenidas por ISE directo no presentan variaciones significativas.

- Los sesgos de las concentraciones de sodio, potasio y cloro obtenidas por la metodología ISE indirecto con respecto a la ISE directo superan los límites aceptables establecidos por la normativa CLIA para la medición de electrolitos en suero.

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA:

3.2. Método de investigación:

Corresponde al método hipotético – deductivo, porque es un procedimiento que intenta dar solución al planteamiento de hipótesis de la investigación, mediante este método se pretende anticipar alternativas de solución a los problemas presentados (32).

3.3. Enfoque de la investigación:

El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo, por ello se centra en recopilar y analizar datos numéricos para comprender fenómenos, establecer relaciones y generalizar resultados a una población más amplia (33).

3.4. Tipo de investigación:

La investigación es de tipo aplicada, porque se basa en la experiencia y la observación directa para obtener datos concretos y verificables. Se enfoca en recolectar información a través de métodos como experimentos, encuestas, observaciones o análisis de datos (34).

3.5. Diseño de investigación

La investigación experimental se encuentra dentro de la investigación cuantitativa porque permite establecer relaciones de causa y efecto. Este método se basa en el manejo libre de una variable independiente (VI) para observar los cambios en la variable dependiente (VD), mientras se controlan otras variables que podrían influir en los resultados. (35).

3.6. Población, muestra y muestreo:

Población: El estudio se realizó en el 2025 de presente año, teniendo como población de estudio fue 610 muestras de sueros de pacientes con diferentes niveles de proteínas.

Muestra: Se estimó la cantidad de 388 muestras de suero.

Se utilizó la técnica de muestreo no probabilística por conveniencia, porque los elementos de la muestra son selectivos según su disponibilidad y accesibilidad para la investigación (36).

Criterios de inclusión:

- Muestras libres de hemolisis
- Muestras con valores de proteínas totales
- Muestras no lipémicas
- Muestras con datos completos de electrolitos (Na, K, Cl)
- Muestras con adecuados volúmenes

Criterios de exclusión

- Muestras no almacenadas a la T° adecuada.
- Muestras procesadas solo por el método ISE directo
- Muestras recolectadas en el tubo incorrecto.
- Presencia de fibrina en el tubo de recolección.
- Muestras con presencia de coágulo.

3.7. Variables y operacionalización:

a. Variable independiente:

Concentración de proteínas

b. Variable dependiente:

Electrolitos séricos

Operacionalización de variables:

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Escala Valorativa
Concentración de proteínas	Es cantidad de proteínas presentes en una solución, generalmente expresada en unidades como gramos por decilitro	Se determinará por el método de Biuret.	g/dL	Proteínas	Hipoproteinemia	<5.0 g/dL
					Normoproteinemia	5.0-9.0 g/dL
					Hiperproteinemia	>9.0 g/dL
Electrolitos séricos	Son minerales presentes en la sangre y otros fluidos corporales, que llevan una carga eléctrica positiva o negativa.	Se determinará por el método electrodos selectivos de iones (ISE) directo e indirecto	mEq/L	Sodio	Hiponatremia	<135 mEq/L
					Normonatremia	135–145 mEq/L
					Hipernatremia	>145 mEq/L
				Potasio	Hipokalemia	<3.0 mEq/L
					Normokalemia	3.0–5.3 mEq/L
					Hiperkalemia	>5.3 mEq/L
Cloro	Hipocloremia	<96 mEq/L				
	Normocloremia	96–106 mEq/L				
	Hiperclorremia	>106 mEq/L				

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

3.8.1. Técnica:

Se obtuvieron 388 muestras de sueros de pacientes con diferentes concentraciones de proteínas con los siguientes valores:

- < 4 g/dL
- 4 - 4,9 g/dL
- 5 - 5,9 g/dL
- 6 - 6,9 g/dL
- 7 - 7,9 g/dL
- 8 - 8,9 g/dL
- 9 - 9,9 g/dL
- 10 - 10,9 g/dL
- 11 - 11,9 g/dL
- > 12 g/dL

Dichas muestras de sueros con las diferentes concentraciones de proteínas fueron procesados por medio de técnicas de mediciones analíticas (análisis bioquímicos) utilizando como instrumento el equipo de medición RT-1904C RAYTO espectrofotométrico por el método de Biuret, dicha técnica consiste en la detección de cadenas peptídicas que formará un completo colorido. Además, se realizó la medición analítica de electrolitos séricos mediante el método ISE directo e ISE indirecto este método consiste en medir el potencial generado por la interacción de los iones de interés con una membrana selectiva, permitiendo conocer de manera precisa la concentración de iones en una solución. El estudio utilizó los equipos de medición automatizados de I-STAT y ATELLICA, se evaluaron criterios de calidad como: exactitud, precisión, rango dinámico y sensibilidad.

3.8.2. Descripción de instrumentos:

En el presente estudio se utilizó una ficha de recolección de datos para el registro de las muestras de sueros de los pacientes hospitalizados.

Empleando el método ISE directo e ISE indirecto en dichos equipos como I-STAT y ATELLICA respectivamente. Con el fin de medir el

valor los electrolitos séricos, teniendo en cuenta que las muestras obtenidas tendrán diferentes niveles de proteínas.

3.8.3. Validación:

En la validación de la medición de: Proteínas, Sodio, Potasio y Cloro se empleó ciertas características metodológicas como:

EXACTITUD	
NA	± 4 mEq/L
K	± 0.5 mEq/L
Cl	± 10 mEq/L
Proteínas	98.70%

PRECISION	
NA	CV 5%
K	CV 5%
Cl	CV 5%
Proteínas	CV 0.85%

RANGO DINAMICO	
SUERO	
NA	75-250mEq/L
K	1,0-14,0mEq/L
CL	50-175mEq/L

SENSIBILIDAD	
SUERO	
Proteínas	Límite de detección 0,10g/dL
	Límite de linealidad 112g/dL

Las características metodológicas permitieron brindar resultados confiables y útiles en la interpretación clínica. Así garantizar y asegurar resultados correctos (37,38).

3.8.4. Confiabilidad:

El estudio en investigación fue regulado por medio de controles de calidad internos y externos, el control de calidad interno se realizó con la marca QCA para proteínas totales: Seriscann Normal (Suero control normal) (Ref. 99 41 48) y Seriscann Anormal (Ref. 99 46 85) el cual lo realizó el responsable del área así mismo para el control interno de electrolitos se determinó con la marca ABBOTT / Eg6+ CARTRIDGE. El control de calidad externo se evaluó por la

derivación de aquellas muestras a otro laboratorio secundario con certificación.

3.9. Plan de procesamientos y análisis de datos:

Se empleó uso del programa Excel para presentar la ficha de recolección de datos (Anexo 2), además se usará el programa estadístico SPSS. El estudio se llevó a cabo por medio de la prueba de rangos de Wilcoxon para datos pareados o relacionados con el fin de demostrar la existencia de diferencias estadísticas entre la alícuota sin interferente con las alícuotas conteniendo cantidades crecientes de proteínas. Así mismo se usó los gráficos de Bland-Altman con significancia estadística ($p > 0.005$).

3.10. Aspectos éticos:

Se solicitó el permiso correspondiente al área de comité y ética de la Universidad Norbert Wiener con fines de tomar acción a dicho estudio. De igual manera se pidió la autorización del laboratorio clínico, con el propósito de obtener las muestras requeridas para la evaluación.

La investigación empleó muestras de sueros de pacientes hospitalizados con diferentes niveles de proteínas por lo cual el estudio no causa ningún tipo de daño a los pacientes, porque estas muestras de suero se encontraron almacenados en la seroteca del laboratorio clínico.

4. CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

4.2.Resultados:

4.2.1. Análisis descriptivo de resultados:

Se analizaron un total de 388 sueros con concentraciones proteicas variables entre 3,10 y 14,53 g/dL, categorizados en diez rangos, como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1. Distribución de la Frecuencia y Porcentaje de Rangos de Concentración de Proteínas en las Muestras

Rango de proteínas g/dL	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido <4	20	5,2	5,2	5,2
4 - 4,99	53	13,7	13,7	18,9
5 - 5,99	51	13,1	13,1	32,0
6 - 6,99	56	14,4	14,4	46,4
7 - 7,99	57	14,7	14,7	61,1
8 - 8,99	55	14,2	14,2	75,3
9 - 9,99	15	3,9	3,9	79,2
10 - 10,99	16	4,1	4,1	83,3
11 - 11,99	44	11,3	11,3	94,6
> 12	21	5,4	5,4	100,0
Total	388	100,0	100,0	

La media general de proteínas fue de $7,57 \pm 2,60$ g/dL.

Las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro determinadas por ISE directo e indirecto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Estadísticas Descriptivas de las Concentraciones de Proteínas y Electrolitos en Muestras de Suero

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PROTEINAS g/dL	388	3,10	14,53	7,5687	2,59562
Na INDIRECTO mmol/L	388	107,00	192,00	139,2546	8,55544
K INDIRECTO mmol/L	388	2,23	7,75	4,0495	0,77256
Cl INDIRECTO mmol/L	388	83,00	143,00	108,0716	6,87711
Na DIRECTO mmol/L	388	106,80	199,90	139,1979	7,90911
K DIRECTO mmol/L	388	2,09	7,59	4,0287	0,72244
Cl DIRECTO mmol/L	388	11,90	154,70	109,3515	10,04413
N válido (por lista)	388				

Se compararon los valores medios de sodio (Na^+), potasio (K^+) y cloro (Cl^-) obtenidos mediante las metodologías ISE directo e ISE indirecto, en función de los rangos de concentración de proteínas séricas. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

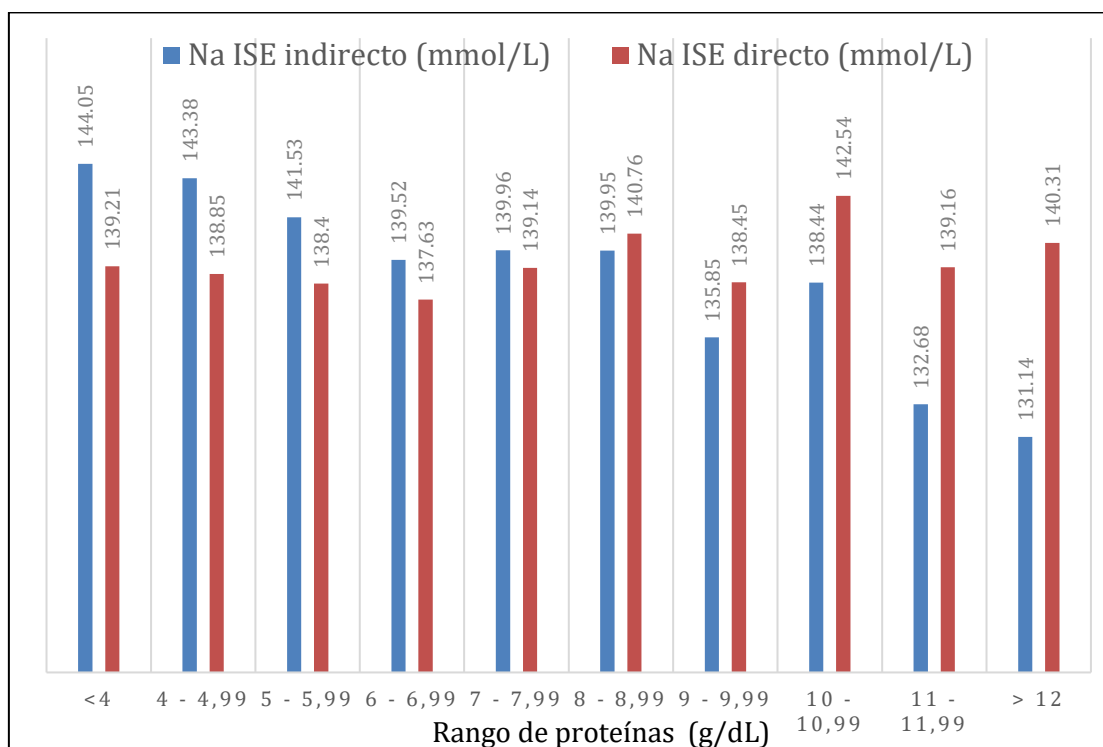
Tabla 3. Medias y Desviaciones Estándar de Electrolitos por Rango de Concentración de Proteínas

Rango de proteínas g/dL		Na INDIRECTO mmol/L	K INDIRECTO mmol/L	CI INDIRECTO mmol/L	Na DIRECTO mmol/L	K DIRECTO mmol/L	CI DIRECTO mmol/L
<4	Media	144,0500	4,2935	111,1850	139,2050	4,1270	110,0700
N=20	Desviación estándar	8,59299	0,92087	7,38136	8,15801	0,85180	7,83186
4 - 4,99	Media	143,3774	4,3815	110,0057	138,8453	4,2047	110,3321
N=53	Desviación estándar	7,67420	0,90579	7,42497	8,56279	0,87417	7,75303
5 - 5,99	Media	141,5294	4,1386	108,2275	138,4039	4,0024	106,1863
N=51	Desviación estándar	6,94652	0,80727	6,90206	6,86492	0,79976	15,13018
6 - 6,99	Media	139,5179	4,1705	106,2893	137,6304	4,0463	106,2929
N=56	Desviación estándar	6,49753	0,66977	5,90336	6,46287	0,72727	6,64688
7 - 7,99	Media	139,9649	4,1198	105,3982	139,1368	4,0996	106,0895
N=57	Desviación estándar	8,79522	0,44328	7,39357	9,53575	0,42943	8,72205
8 - 8,99	Media	139,9455	4,2185	105,6273	140,7691	4,2600	106,4491
N=55	Desviación estándar	4,85881	0,66660	4,37567	4,88876	0,66524	5,83863
9 - 9,99	Media	135,8533	3,9927	107,8200	138,4467	4,0773	111,8600
N=15	Desviación estándar	3,41548	0,71612	4,51983	3,86835	0,71460	7,07085
10 - 10,99	Media	138,4375	3,7863	112,6250	142,5438	3,8700	118,0313
N=16	Desviación estándar	10,03971	1,27372	6,94622	8,55391	1,17814	9,49615
11 - 11,99	Media	132,6818	3,5102	110,4409	139,1591	3,7291	116,8500
N=44	Desviación estándar	7,75429	0,40690	6,17178	7,28596	0,40102	9,49415
> 12	Media	131,1429	3,1771	110,0048	140,3095	3,4238	114,3762
N= 21	Desviación estándar	14,33278	0,25203	8,34934	14,10528	0,23353	10,89857
Total	Media	139,2546	4,0495	108,0716	139,1979	4,0287	109,3515
N=388	Desviación estándar	8,55544	0,77256	6,87711	7,90911	0,72244	10,04413

Sodio (Na⁺)

El sodio medido por ISE indirecto mostró un patrón descendente conforme aumentaba la concentración proteica. En el grupo con proteínas >12 g/dL, se obtuvo el valor más bajo (131,1 ± 14,3 mmol/L), mientras que en el grupo con <4 g/dL, la media fue la más alta (144,1 ± 8,6 mmol/L). Por otro lado, los valores de sodio por ISE directo se mantuvieron más estables, con medias cercanas a 139 mmol/L en la mayoría de los grupos, aunque también se observó una ligera disminución en los rangos intermedios (mínimo de 137,6 mmol/L en el grupo de 6-6,99 g/dL).

Figura 1. Distribución de los valores medios del sodio sérico por nivel de proteínas

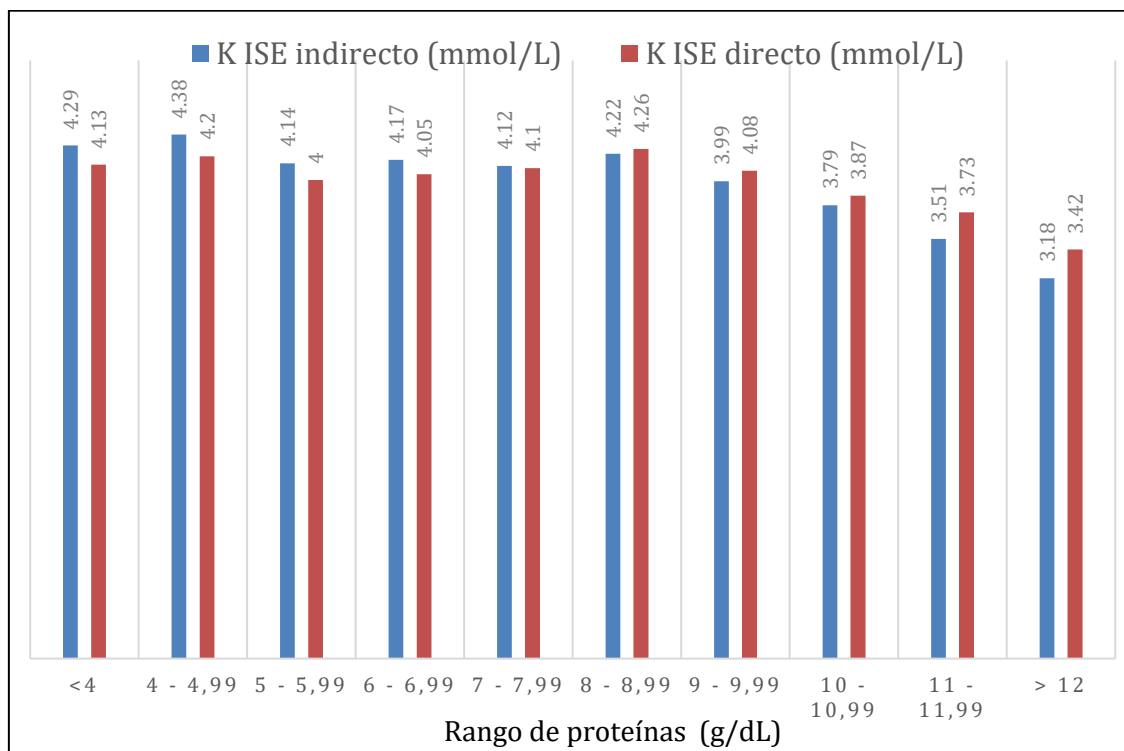


Potasio (K⁺)

Para el potasio, se observó una disminución progresiva en los valores promedio conforme aumentaba la concentración de proteínas, particularmente con el método **indirecto**. El valor más alto se registró en el grupo <4 g/dL (4,29 ± 0,92 mmol/L), mientras que el más bajo se encontró en el grupo >12 g/dL (3,18 ± 0,25 mmol/L). En el método **directo**, la

disminución también fue evidente, pero menos pronunciada (de 4,13 a 3,42 mmol/L del grupo <4 al >12 g/dL, respectivamente).

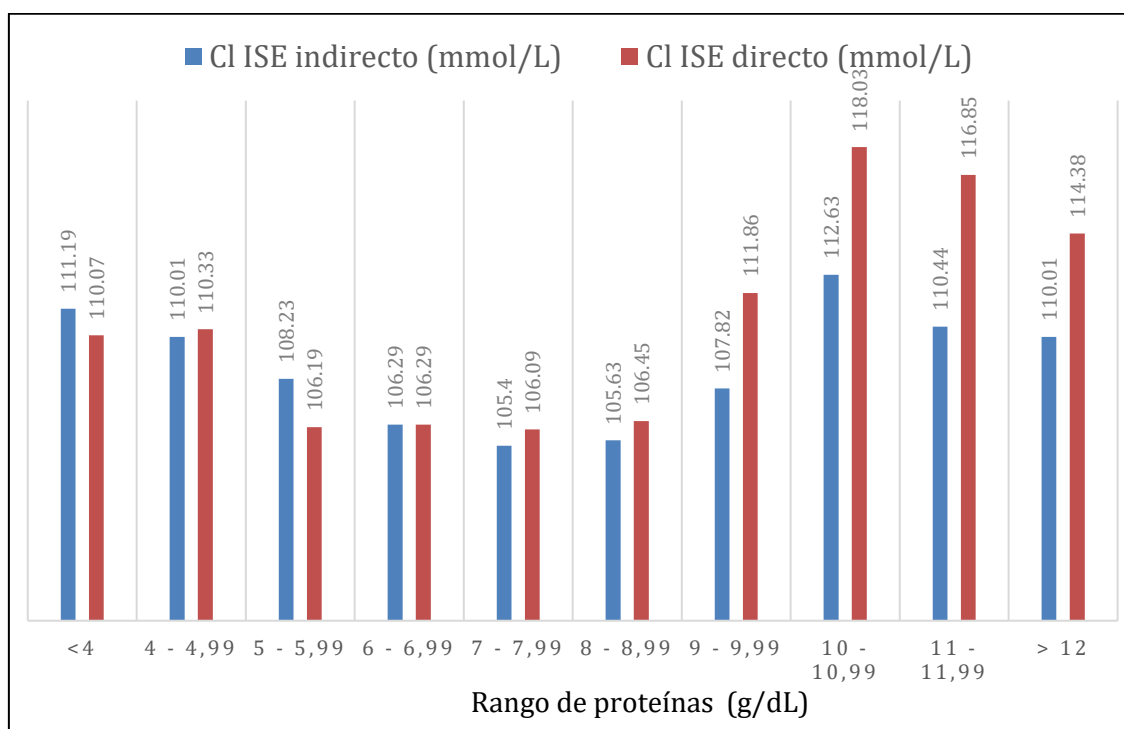
Figura 2. Distribución de los valores medios del potasio sérico por nivel de proteínas



Cloro (Cl⁻)

El cloro por **ISE indirecto** también mostró una disminución progresiva desde el grupo <4 g/dL ($111,2 \pm 7,4$ mmol/L) hasta alcanzar su menor valor en el grupo de 7-7,99 g/dL ($105,4 \pm 7,4$ mmol/L), con posterior incremento en los grupos con proteínas ≥ 10 g/dL. En cambio, el cloro por **ISE directo** tuvo un comportamiento diferente, con un aumento sostenido desde 110,1 mmol/L en el grupo <4 g/dL hasta 118,0 mmol/L en el grupo 10-10,99 g/dL.

Figura 3. Distribución de los valores medios del cloro sérico por nivel de proteínas



En general, los valores medidos por ISE indirecto fueron más sensibles a los cambios en la concentración de proteínas séricas, con una mayor variación en los extremos. Sugiriendo que el método indirecto podría estar influenciado por la composición de fase sólida del suero. El método directo mostró menor variabilidad entre grupos, lo que coincide con su menor susceptibilidad al efecto de dilución y composición proteica.

4.1.2. Prueba de hipótesis:

Antes de realizar las pruebas de hipótesis se evaluó si las variables del estudio seguían una distribución normal, para lo cual se aplicó el test estadístico de Kolmogórov Smirnov, obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4. Pruebas de Normalidad (Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk) para las Variables Analizadas

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROTEINAS g/dL	0,087	388	0,000	0,952	388	0,000
Na INDIRECTO mmol/L	0,109	388	0,000	0,917	388	0,000
K INDIRECTO mmol/L	0,103	388	0,000	0,924	388	0,000
Cl INDIRECTO mmol/L	0,080	388	0,000	0,977	388	0,000
Na DIRECTO mmol/L	0,155	388	0,000	0,813	388	0,000
K DIRECTO mmol/L	0,114	388	0,000	0,925	388	0,000
Cl DIRECTO mmol/L	0,113	388	0,000	0,834	388	0,000

Con valores de $p < 0.05$: los datos no tienen distribución normal para ninguna de las variables, por lo cual para el estudio posterior se empleó estadística no paramétrica.

Análisis de correlación

Para evaluar la posible asociación entre la concentración de proteínas séricas y los niveles de sodio, potasio y cloruro determinados por los métodos de ion-selective electrodo (ISE) directo e indirecto. Dado que la concentración de proteínas puede influir en el volumen de agua plasmática y, por lo tanto, en la distribución y medida de los electrolitos, se analizó si existe una relación lineal significativa entre estas variables. Para ello, se utilizaron pruebas de correlación, según la distribución de los datos.

Para lo cual se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

- ✓ **H₀ (hipótesis nula):** No existe correlación significativa entre la concentración de proteínas séricas y los niveles de sodio, potasio y cloro medidos por ISE indirecto e ISE directo.
- ✓ **H₁ (hipótesis alternativa):** Existe una correlación significativa entre la concentración de proteínas séricas y los niveles de sodio, potasio y cloro medidos por ISE indirecto e ISE directo.

A continuación, se presentan los resultados de las correlaciones entre las concentraciones de proteínas séricas y los niveles de electrolitos (Na, K y Cl), tanto en las mediciones directas como indirectas, utilizando el coeficiente de correlación de Spearman debido a la naturaleza no paramétrica de los datos.

Tabla 5. Correlación entre las Concentraciones de Proteínas y Electrolitos por Método de Medición

Variable	Método de Medición	Coef. de Correlación (ρ)	Valor p	Interpretación
Proteínas g/dL - Na INDIRECTO mmol/L	Indirecto	-0,507	< 0,001	Correlación negativa significativa moderada
Proteínas g/dL - Na DIRECTO mmol/L	Directo	-0,018	0,721	No significativa (correlación muy débil)
Proteínas g/dL - K INDIRECTO mmol/L	Indirecto	-0,379	< 0,001	Correlación negativa significativa moderada
Proteínas g/dL - K DIRECTO mmol/L	Directo	-0,209	< 0,001	Correlación negativa significativa débil
Proteínas g/dL - Cl INDIRECTO mmol/L	Indirecto	-0,015	0,764	No significativa (correlación muy débil)
Proteínas g/dL - Cl DIRECTO mmol/L	Directo	0,161	0,001	Correlación positiva significativa débil

Proteínas séricas y sodio (Na)

Na INDIRECTO mmol/L

Se encontró una correlación negativa significativa moderada entre las proteínas séricas y el sodio medido por el método indirecto ($\rho = -0,507$, $p < 0,001$). Esto indica que a medida que aumenta la concentración de proteínas, los niveles de sodio tienden a disminuir. Este hallazgo sugiere que la medición indirecta de sodio es sensible a la variabilidad en los niveles de proteínas en el suero.

Na DIRECTO mmol/L

No se observó una correlación significativa entre las proteínas séricas y los niveles de sodio medidos por el método directo ($\rho = -0,018$, $p = 0,721$). Esto sugiere que la medición directa de sodio no se ve afectada de manera significativa por los cambios en las concentraciones de proteínas.

Proteínas séricas y potasio (K)

K INDIRECTO mmol/L

Se encontró una correlación negativa significativa moderada entre las proteínas séricas y los niveles de potasio medidos por el método indirecto ($\rho = -0,379$, $p < 0,001$). A mayores concentraciones de proteínas en suero, los niveles de potasio tienden a disminuir, lo que podría indicar que los métodos indirectos para la medición del potasio son más susceptibles a interferencias por la concentración proteica.

K DIRECTO mmol/L

Con el método directo, la correlación negativa débil pero significativa fue observada ($\rho = -0,209$, $p < 0,001$), indicando una relación más leve pero aún significativa entre los niveles de potasio y las proteínas. A pesar de ser débil, esta asociación sugiere que el método directo también puede verse afectado, aunque en menor medida.

Proteínas séricas y cloro (Cl)

Cl INDIRECTO mmol/L

No se encontró una correlación significativa entre las proteínas séricas y los niveles de cloro medidos por el método indirecto ($\rho = -0,015$, $p = 0,764$). Esto sugiere que el método indirecto de medición de cloro no se ve influenciado de manera relevante por las concentraciones de proteínas en suero.

Cl DIRECTO mmol/L

Se observó una correlación positiva significativa débil entre las proteínas y los niveles de cloro medidos por el método directo ($\rho = 0,161$, $p = 0,001$). Esto indica que, en sueros con mayor concentración de proteínas, los niveles de cloro medidos directamente tienden a ser ligeramente más altos, aunque la relación es débil.

Interpretación de los Resultados

1. Efecto de las proteínas sobre los electrolitos:

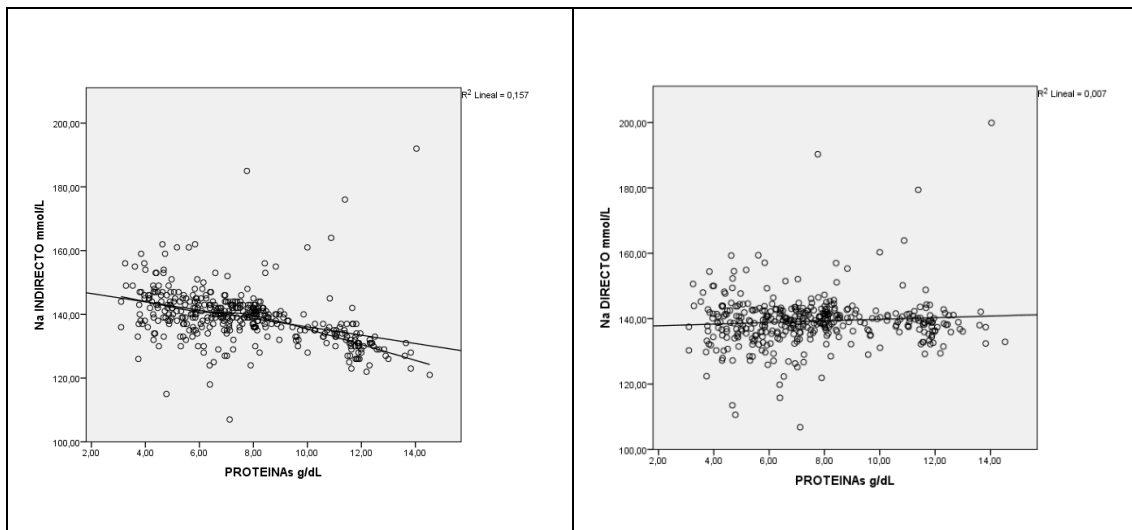
- ✓ **Na y K:** Las correlaciones encontradas con los métodos indirectos sugieren que la medición de sodio y potasio puede verse afectada por la concentración de proteínas en suero. La mayor concentración de proteínas parece estar asociada con una reducción en los niveles de estos electrolitos.
- ✓ **Cl:** El cloro medido por el método indirecto no mostró una correlación significativa, lo que sugiere que su medición no es tan susceptible a la variabilidad de proteínas en el suero. Sin embargo, el método directo mostró una ligera correlación positiva, indicando que los niveles de cloro pueden aumentar con mayores concentraciones de proteínas, aunque esta relación es débil.

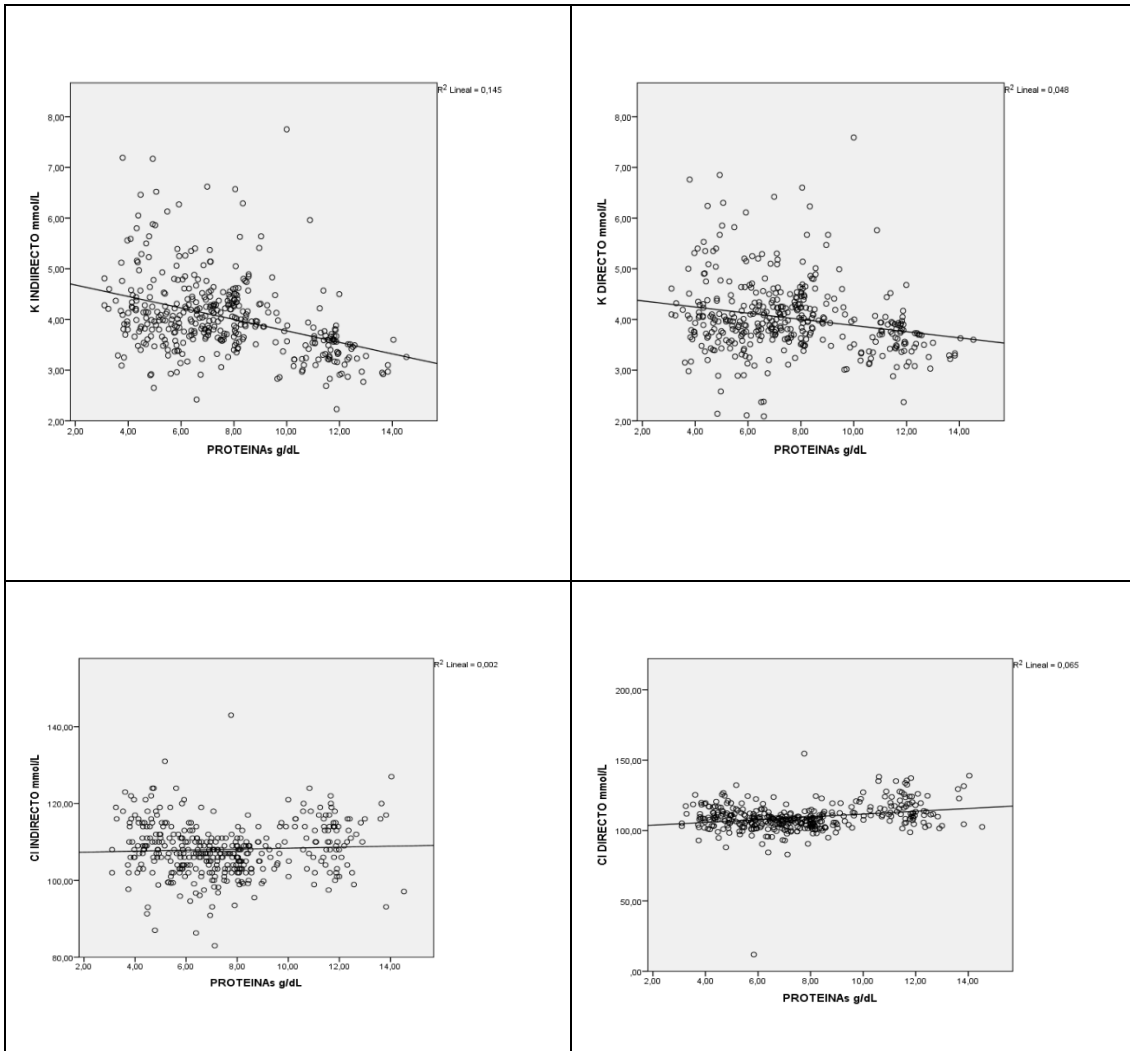
2. Importancia de la metodología:

- ✓ Los resultados sugieren que el **método indirecto** para la medición de **sodio** y **potasio** es más susceptible a interferencias debidas a los niveles de proteínas en suero, mientras que el **método directo** muestra una menor susceptibilidad a estas variaciones.
- ✓ Para la medición de **cloro**, los resultados fueron menos consistentes, con una correlación significativa solo en la medición directa

A continuación, se muestran los gráficos de correlación:

Figura 4. Gráficos de correlación entre la concentración de proteínas y los valores de electrolitos séricos.





Comparación de las concentraciones séricas de electrolitos determinadas por metodologías ISE directo e indirecto: análisis mediante la prueba de Wilcoxon

Con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por las metodologías ISE directo e ISE indirecto en la medición de electrolitos séricos, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Esta prueba no paramétrica es adecuada para comparar dos mediciones apareadas en presencia de datos no normalmente distribuidos. Para lo cual se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

- ✓ **Hipótesis nula general (H_0):** La mediana de las diferencias entre los valores medidos por ISE directo e ISE indirecto para cada electrolito (Na^+ , K^+ , Cl^-) es igual a cero.
- ✓ **Hipótesis alternativa (H_1):** La mediana de las diferencias entre los valores medidos por ISE directo e ISE indirecto para al menos un electrolito es diferente de cero.

Tabla 6. Pruebas de Wilcoxon para muestras relacionadas

Electrolito	Hipótesis nula	Valor de p	Decisión	Interpretación
Sodio (Na)	La mediana de las diferencias entre Na indirecto y Na directo es 0	0,121	Conservar H_0	No hay diferencia significativa entre ambos métodos para sodio.
Potasio (K)	La mediana de las diferencias entre K indirecto y K directo es 0	0,349	Conservar H_0	No hay diferencia significativa entre ambos métodos para potasio.
Cloruro (Cl)	La mediana de las diferencias entre Cl indirecto y Cl directo es 0	0,000	Rechazar H_0	Existe una diferencia significativa entre ambos métodos para cloruro.

Los resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de sodio y potasio mediante las metodologías ISE directo e indirecto ($p > 0,05$). Sin embargo, sí se evidenció una diferencia significativa en los niveles de cloruro ($p < 0,001$), lo que sugiere que el método utilizado influye en su resultado.

Comparación de los resultados de electrólitos séricos determinados por ISE directo e indirecto según rangos de concentración proteica

Este análisis tuvo como objetivo comparar los valores de sodio, potasio y cloruro determinados mediante las metodologías de ion-selectivo directo (ISE directo) e indirecto (ISE indirecto) en muestras agrupadas según rangos de concentración de proteínas séricas. La comparación dentro de cada grupo permitió evaluar si la variabilidad proteica

influye en las diferencias observadas entre ambas metodologías, especialmente ante concentraciones de proteínas fuera del rango normal, donde podrían existir interferencias analíticas.

Hipótesis

- ✓ **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas entre los valores de electrolitos obtenidos mediante ISE directo e ISE indirecto dentro de cada grupo de concentración proteica.
- ✓ **Hipótesis alternativa (H_1):** Existen diferencias significativas entre los valores de electrolitos obtenidos mediante ISE directo e ISE indirecto dentro de al menos uno de los grupos de concentración proteica.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de la comparación entre las metodologías ISE directo e ISE indirecto por cada grupo de concentración de proteínas, basado en los resultados de la prueba de Wilcoxon para las mediciones de sodio, potasio y cloro:

Tabla 7. Resultados de la comparación entre metodologías ISE directa e indirecta en la medición de electrolitos (Na, K, Cl) por grupos de concentración de proteínas séricas

Grupo de Proteínas (g/dL)	Na DIRECTO - Na INDIRECTO (p)	K DIRECTO - K INDIRECTO (p)	Cl DIRECTO - Cl INDIRECTO (p)
< 4	0.000	0.000	0.064
4 - 4.99	0.000	0.000	0.294
5 - 5.99	0.000	0.000	0.933
6 - 6.99	0.000	0.000	0.700
7 - 7.99	0.000	0.000	0.062
8 - 8.99	0.000	0.000	0.054
9 - 9.99	0.003	0.011	0.005
10 - 10.99	0.001	0.002	0.003
11 - 11.99	0.000	0.000	0.000
> 12	0.000	0.000	0.000

Para el sodio (Na), se observaron diferencias estadísticamente significativas en todos los grupos de concentración de proteínas, ($p < 0,05$).

En el caso del potasio (K), los resultados fueron consistentes con los de sodio, mostrando diferencias significativas entre las metodologías en todos los grupos de concentración de proteínas ($p < 0.05$).

Para el cloro (Cl), se detectaron diferencias significativas en los grupos con concentraciones de proteínas mayores a 9 g/dL, mientras que en otros grupos, no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Los resultados revelan que las mediciones de sodio y potasio muestran una variabilidad significativa dependiendo de la concentración de proteínas séricas, mientras que el cloro presenta resultados más inconsistentes. Las metodologías de ISE directa e indirecta deberían considerarse con cautela en contextos donde las concentraciones de proteínas puedan influir en los resultados, especialmente en pacientes con niveles extremos de proteínas séricas.

Para evaluar si los sesgos metodológicos entre las técnicas de ISE directo e indirecto se encuentran dentro de los rangos permitidos de error total aceptables establecidos se considerará las regulaciones de la Ley de Mejora de Laboratorios Clínicos (CLIA) para los electrolitos séricos, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Límites de Error Total Aceptables para Electrolitos Séricos según CLIA

Electrolito	Límite de Error Total Aceptable (CLIA)
Sodio (Na)	± 4 mmol/L
Potasio (K)	± 0.5 mmol/L
Cloro (Cl)	$\pm 5\%$ del valor medido

Estos valores indican que, según CLIA, las diferencias entre los resultados obtenidos por distintas metodologías no deben superar estos límites para considerarse clínicamente aceptables. Por lo tanto, al comparar los resultados de ISE directo e indirecto, cualquier sesgo que exceda estos valores podría indicar una discrepancia significativa entre las metodologías.

Para obtener los sesgos en mmol/L se restó el valor obtenido por la metodología ISE indirecto menos el resultado obtenido por la metodología de ISE directo.

Para obtener el sesgo porcentual se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Sesgo \%} = [(\text{valor de ISE indirecto} - \text{valor de ISE directo}) / \text{valor de ISE directo}] * 100$$

Al analizar el sesgo promedio del sodio (diferencia entre valores obtenidos por ISE directo e indirecto) según los rangos de proteínas séricas, se observó una tendencia progresiva. En los grupos con menor concentración proteica (<6 g/dL), el sesgo fue positivo, alcanzando un valor máximo de +4,85 mmol/L en el grupo con proteínas <4 g/dL. Conforme aumentó la concentración de proteínas séricas, el sesgo disminuyó gradualmente, invirtiéndose a partir del grupo de 8–8,99 g/dL, donde el valor promedio fue negativo (-0,82 mmol/L). Esta tendencia negativa se acentuó en los grupos con hiperproteinemia, alcanzando un sesgo promedio de -9,17 mmol/L en pacientes con proteínas >12 g/dL.

Tabla 9. Sesgo promedio de sodio (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración proteica sérica.

SESGO mmol/L		
Rango de proteínas	Media	N
<4	4,8450	20
4 - 4,99	4,5321	53
5 - 5,99	3,1255	51
6 - 6,99	1,8875	56
7 - 7,99	0,8281	57
8 - 8,99	-0,8236	55
9 - 9,99	-2,5933	15
10 - 10,99	-4,1063	16
11 - 11,99	-6,4773	44
> 12	-9,1667	21
Total	0,0567	388

Estos hallazgos indican que la metodología ISE indirecta sobreestima el sodio en pacientes con hipoalbuminemia y lo subestima en presencia de hiperproteinemia, lo cual puede generar errores clínicamente significativos.

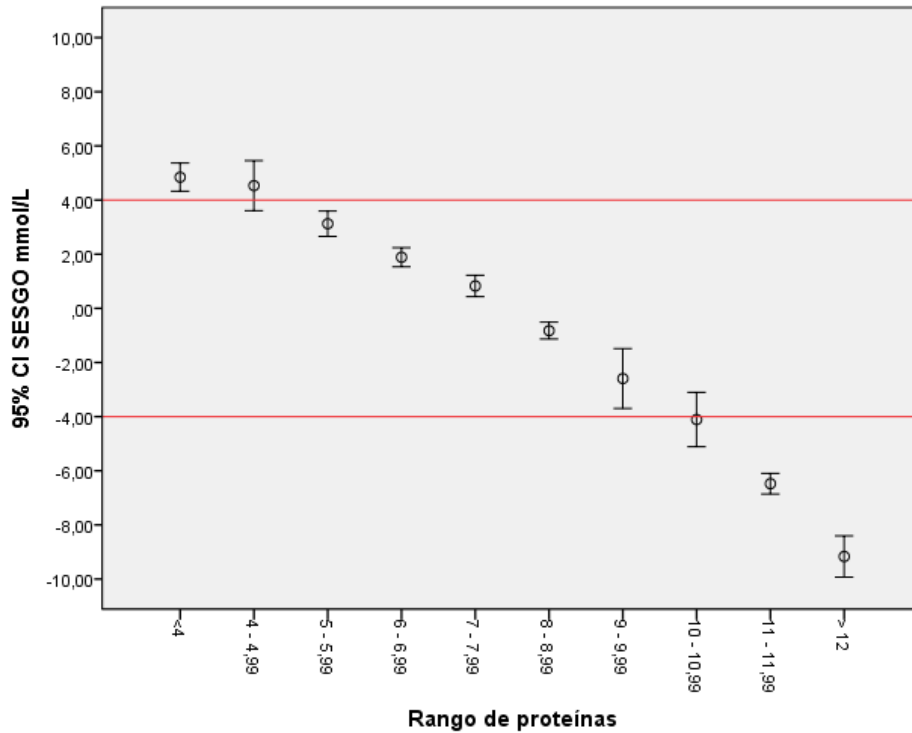
Al evaluar el sesgo medio del sodio según los rangos de concentración proteica, se identificaron diferencias sistemáticas entre las mediciones obtenidas mediante ISE directo e ISE indirecto. El sesgo observado varió desde +4,85 mmol/L en los pacientes con proteínas <4 g/dL hasta -9,17 mmol/L en aquellos con proteínas >12 g/dL.

Según los criterios del Clinical Laboratory Improvement Amendments (CLIA), el error total permitido para el sodio es de ± 4 mmol/L. Al comparar los sesgos obtenidos con este límite, se evidenció que en 5 de los 10 grupos (proteínas <4 g/dL, 4–4,99, 10–10,99, 11–11,99 y >12 g/dL), el sesgo promedio excede dicho umbral, tanto en dirección positiva como negativa.

El siguiente gráfico muestra el sesgo promedio en mmol/L en la medición de sodio entre las metodologías ISE indirecto y directo, distribuido por rangos de concentración de

proteínas séricas. Las barras representan la dispersión (error estándar o intervalo de confianza) para cada grupo. Se han incluido líneas horizontales en ± 4 mmol/L, correspondientes a los límites de error total aceptables para sodio según CLIA.

Figura 5. Gráfico de error del sesgo de sodio por rangos de proteínas séricas frente a límites aceptables de CLIA



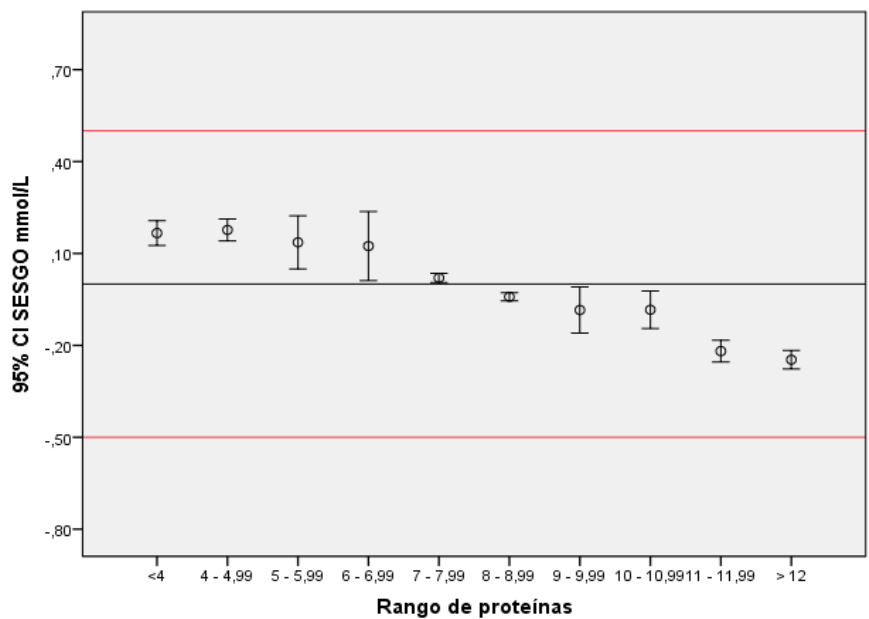
Se observa que a medida que aumenta la concentración de proteínas séricas, el sesgo tiende a volverse negativo, superando los límites establecidos por CLIA en los grupos con proteínas >10 g/dL. Esto sugiere que la metodología ISE indirecta puede subestimar las concentraciones reales de sodio en presencia de hipoproteinemia o hiperproteinemia, comprometiendo la confiabilidad del resultado.

Tabla 10. Sesgo promedio de potasio (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración proteica sérica.

SESGO mmol/L		
Rango de proteínas	Media	N
<4	0,1665	20
4 - 4,99	0,1768	53
5 - 5,99	0,1363	51
6 - 6,99	0,1243	56
7 - 7,99	0,0202	57
8 - 8,99	-0,0415	55
9 - 9,99	-0,0847	15
10 - 10,99	-0,0837	16
11 - 11,99	-0,2189	44
> 12	-0,2467	21
Total	0,0208	388

Los resultados revelan que en los grupos con proteínas $\leq 6,99$ g/dL, el sesgo es mayormente positivo, mientras que a partir de concentraciones >7 g/dL, el sesgo tiende a ser negativo, alcanzando su mayor magnitud en los grupos con proteínas >11 g/dL.

Figura 6. Gráfico de error del sesgo de potasio por rangos de proteínas séricas frente a límites aceptables de CLIA



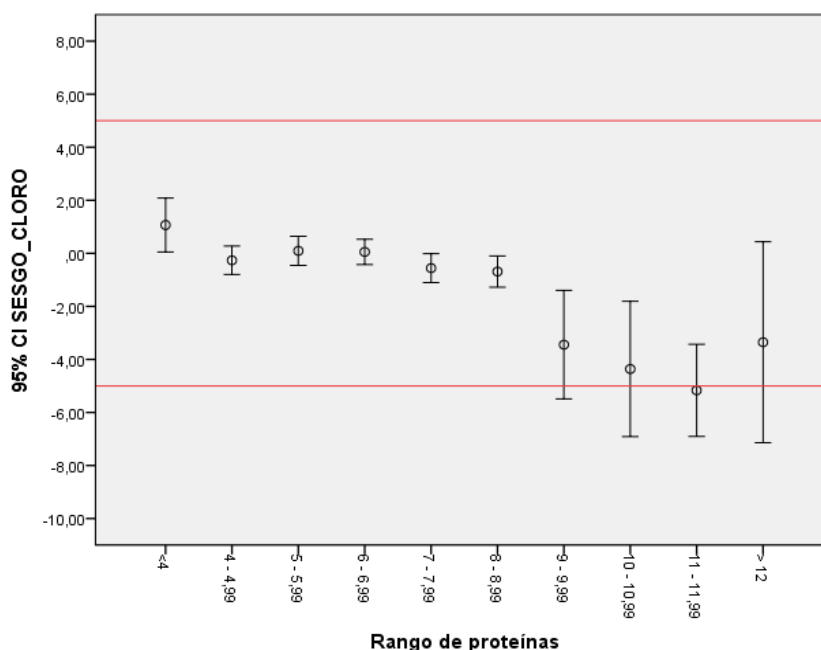
En ningún grupo el sesgo promedio supera los límites establecidos por CLIA. Esto sugiere que, aunque hay una ligera influencia de las concentraciones proteicas sobre la medición indirecta del potasio, los resultados permanecen dentro del margen de error aceptable.

Tabla 11. Sesgo promedio para el cloro (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración proteica sérica.

SESGO CLORO		
Rango de proteínas	Media	N
<4	1,0673	20
4 - 4,99	-0,2635	53
5 - 5,99	0,0931	51
6 - 6,99	0,0531	56
7 - 7,99	-0,5598	57
8 - 8,99	-0,6890	55
9 - 9,99	-3,4438	15
10 - 10,99	-4,3614	16
11 - 11,99	-5,1669	44
> 12	-3,3531	21
Total	-1,2214	388

En el siguiente cuadro y gráfico se muestra el sesgo porcentual promedio en la medición del cloro (ISE indirecto vs. ISE directo) por rangos de concentración de proteínas séricas. Se incluyen líneas de referencia que corresponden a los límites de error total permitido por CLIA para el cloro, que es del 5%.

Figura 7. Gráfico de error del sesgo porcentual de cloro (ISE indirecto vs. ISE directo) según rangos de concentración de proteínas séricas



En la mayoría de los grupos, el sesgo porcentual del cloro es negativo, lo que indica que los valores medidos por la metodología indirecta son menores que los valores por la metodología directa. Los grupos con proteínas más altas (>9 g/dL) presentan sesgos porcentuales más grandes y negativos, el único grupo que supera los límites establecidos por CLIA (-5%), fue el grupo que correspondía a una concentración proteica de 11 – 11,99 g/dL.

El sesgo total promedio en todas las muestras fue de -1.22%, lo que indica una ligera tendencia hacia la subestimación del cloro cuando se mide por la metodología ISE indirecta en comparación con la directa.

4.1.3. Discusión de resultados:

Con respecto al objetivo general del estudio se determinó el valor el efecto o interferencia que produce los diferentes niveles de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos mediante el método ISE indirecto en el caso del sodio (Na^+).

La presente investigación realizada con el método ISE directo e indirecto para le medición de electrolitos séricos, fue comparado con el estudio de Chopra et al. (2) mostrando significancia clínica en muestras con proteínas altas y normales, causando variaciones en el valor de Na^+ dando resultados erróneos como pseudohiponatremia o normonatremia con el tipo de método implementado. Es por ello que el estudio recomienda implementar el método ISE directo para la medición de Na^+ ya que este no presenta interferencia con la concentración de niveles altos, normales o bajos de proteínas a diferencia del método ISE indirecto siendo este más susceptible para la medición de Na^+ .

Así mismo, el estudio puede ser contrastado con Dimeski et al. (7) el cual estima la proporción de la medición de Na^+ por medio del método electrodos selectivos de iones, evidenciando discrepancia en el método ISE indirecto con valores de Na^+ altos en pacientes en UCI los cuales su nivel de proteínas es menor del valor normal. Es por ello que el Na^+ ha demostrado un resultado de una pseudohipernatremia lo cual rechazan el método para la medición de este electrolito por implicancia de interferencia.

Surgen más estudios como el de Gohel et al. (8) demostrando claramente las discrepancias del método ISE directo e indirecto en la medición de Na^+ y K^+ con muestras de proteínas totales $<5\text{g/dL}$, lo cual el estudio refleja la interferencia de las proteínas en el método ISE indirecto para la medición de Na^+ elevando el resultado en similitud con el método ISE directo en casos de pacientes con hipoproteinemia, lo que generó resultados no certeros ya que se demuestra una variabilidad en el método ISE indirecto.

Hay investigaciones realizadas sobre la interferencia del método ISE directo e indirecto como el estudio de Chow et al. (9) comparando la medición de electrolitos como Na⁺ y K⁺ en pacientes críticos con ambos métodos, se demostró la diferencia de resultados con el método ISE directo e indirecto clasificando falsamente el 28% de las muestras del método indirecto, lo cual conlleva a conducir valores de electrolitos altas en paciente críticos con presencia de hipoproteinemia generando valores no confiables por el ISE indirecto. Es así que el método ISE directo en este tipo de pacientes críticos brinda resultados verídicos.

Para el análisis de correlación entre los valores de proteínas séricas y las concentraciones de electrolitos con el método ISE directo e indirecto se utilizó el coeficiente de correlación Spearman debido a la naturaleza no paramétrica de los datos, hallando correlación significativa negativa moderada en la medición de Na⁺ ($\rho = -0,507, p < 0,001$) y K⁺ ($\rho = -0,379, p < 0,001$) y viéndose afectada por la concentración de proteínas en suero con una tendencia de disminuir los valores de electrolitos por interferencia de los niveles de proteínas. Además, la prueba evidencia que el Cl⁺ por el método indirecto no presente ninguna correlación significativa por ello no se ve afectada por la concentración de proteínas, por el contrario, por método directo el Cl⁺ si evidencia significancia positiva débil ($\rho = 0,161, p = 0,001$) por ello a concentraciones altas de proteínas, el Cl⁺ tiende a aumentar ligeramente.

La prueba de Wilcoxon se utilizó con el fin de comparar ambos métodos ISE directo e indirecto en la medición de electrolitos, indicando que no existentes diferencias significativos entre las mediciones de Na⁺ y K⁺ ($p > 0,05$). Por consiguiente, se determinó un valor significativo para Cl⁺ ($p < 0,001$) ello establece que el método ISE directo influye en el valor de este electrolito. Así mismo, la prueba de Wilcoxon permitió comparar el método ISE directo e indirecto en relación a la concentración de proteínas

presentando resultados consistentes tanto en Na⁺ y K⁺ ($p < 0,05$) mientras que el Cl⁻ se muestran valores imprecisos ($p > 0,05$) por lo que se debe tener en cuenta el tipo de método utilizado para este tipo de pacientes con valores de proteínas extremos.

El estudio evaluó si los sesgos superan el límite establecido por CLIA teniendo en cuenta que para el error total permitido de Na⁺ es ± 4 mmol/L dado que a mayor sea el valor de proteínas, el sesgo tiende a disminuir a un valor negativo siendo este $-9,17$ mmol/L para concentración de proteínas >11 g/dL. En el caso del K⁺ no se refleja que el sesgo supera el límite permitido de $\pm 0,5$ mmol/L por lo cual la concentración de proteínas no influencia a la medición de este electrolito por el método ISE indirecto. Además, se muestra que el Cl⁻ tiene un valor de error total aceptable de $\pm 5\%$ del valor medido por ello se obtuvo un valor de sesgo negativo por el método indirecto mostrando que mantiene el límite permitido con excepción al grupo de proteínas de $11-11,99$ g/dL superando este el sesgo aceptable.

Es por ello que el presente estudio demuestra que el método ISE indirecto presenta interferencia en la medición de Na⁺ con niveles fuera del rango normal de proteínas totales, causando variaciones en los resultados, como también se evidencia que la medición de Cl⁻ independientemente de tener valores altos o bajos de proteínas totales se ve afectado sus resultados por el método ISE directo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

- A. En este trabajo de investigación se demuestra que el tipo de método ISE presenta interferencia por la concentración de proteínas para la medición de electrolitos séricos: sodio, potasio y cloro.
- B. Se concluye que la prueba de Wilcoxon para el método ISE en la medición de electrolitos evidencia que no existen diferencias estadísticas para la medición de Na^+ y K^+ , caso contrario para el Cl^+ que presenta diferencias en los resultados por el método directo.
- C. Así mismo, la prueba de Wilcoxon demuestra diferencias significativas para Na^+ y K^+ con relación a la concentración de proteínas, por otro lado, el Cl^+ no se detecta diferencias significativas. Por lo cual podemos inferir que la concentración de proteínas en la medición de los electrolitos presenta variación por cada método.
- D. El estudio en consecuencia determina el sesgo de ambos métodos ISE directo e indirecto, lo cual superan el límite aceptable para Na^+ a medida que aumenta la concentración de proteínas, el sesgo tiende a disminuir a un valor negativo. Para el K^+ el valor del sesgo no se ve afectado a pesar de tener valores positivos o negativos, estos se encuentran en el límite permitido. El Cl^+ en promedio tuvo un sesgo de -1,22% el cual no indica un valor fuera del aceptable.
- E. La investigación detalla que la medición de ciertos electrolitos presenta inconvenientes con las concentraciones de proteínas por el método ISE directo e indirecto, como el Na^+ que da valores alterados por la presencia de proteínas por el método ISE indirecto, el Cl^+ evidencia que el método ISE

directo afecta el valor de este electrolito sin considerar la concentración de proteínas. Todo lo diferente para K^+ el cual refleja una alteración mínima en la medición por el método ISE indirecto pero aceptable dentro del sesgo permitido.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener en consideración el valor de proteínas para poder determinar el uso correcto del método ISE en la medición de electrolitos séricos: sodio, potasio y cloro.
- Se debe considerar que el método ISE directo para la medición de Cl^- presenta alteraciones en su medición, por lo cual es preferible procesarlo por el método ISE indirecto ya que la variación del resultado de este electrolito se ve afectado por el proceso del método, mas no por la concentración de proteínas en suero.
- Se sugiere que para la medición de Na^+ y K^+ teniendo en cuenta los diferentes niveles de proteínas en las muestras, se realice dicho proceso por el método ISE directo el cual demostró tener mejor estabilidad en el reporte de los resultados, manteniendo un valor dentro del sesgo permitido para el estudio.
- Según los límites de sesgos aceptables por el CLIA para la medición de electrolitos: sodio, potasio y cloro, se debe tener en consideración que el proceso del método se realice por el ISE directo, sabiendo que el estudio demostró menor inconsistencia en los resultados.
- Es importante tener en consideración que cada electrolito tiene un comportamiento distinto con referencia al método utilizado ya que la

presencia de proteínas causa variación en el resultado, por ello se pide tener sumo cuidado en el proceso de los electrolitos.

REFERENCIAS:

1. Susruta S, et al. A Study on Effect of Lipemia on Electrolyte Measurement by Direct Ion Selective Electrode Method. Walsh Medical Media [Internet] 2016 [Consultado el 14 de agosto del 2024]; 5(2). Disponible: <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/a-study-on-effect-of-lipemia-on-electrolyte-measurement-by-direct-ion-selective-electrode-method-23426.html>
2. Chopra P, Kumar S. Discrepancies in Electrolyte Measurements by Direct and Indirect Ion Selective Electrodes due to Interferences by Proteins and Lipids. Revista de médicos de laboratorio [Internet] 2020 [Consultado el 14 de agosto del 2024]; 12 (2): 84-91. Disponible: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0040-1713690>
3. Calvimontes A. Alteraciones electrolíticas de pacientes adultos quemados, en el preoperatorio. Redalyc [Internet] 2016 [Consultado el 14 de agosto del 2024]; 7 (1): 7-10. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/3250/325057841002.pdf>
4. Meza A, Cieza J. Frecuencia y características de las alteraciones electrolíticas en pacientes hospitalizados en servicios de Medicina en un hospital general [internet]. Perú: 2017 [Consultado el 14 de agosto del 2024]; 27 (4). Disponible: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2016000400007&lang=es
5. Cieza J, et al. Prevalencia de alteraciones del medio interno en pacientes adultos hospitalizados. Revista Médica Herediana [Internet] 1996 [Consultado el 14 de agosto del 2024]; 7 (4). Disponible en: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RMH/article/view/510/477>
6. Alvarado P, Peñaloza R. Determinación de la sensibilidad y especificidad de diferentes métodos para el análisis de sodio y potasio en suero humano [Internet].

- Bolivia: 2006 [Consultado el 14 de agosto del 2024]; 51 (1). Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1652-67762006000100002&script=sci_arttext
7. Dimeski, et al. Disagreement between ion selective electrode direct and indirect sodium measurements: estimation of the problem in a tertiary referral hospital. PubMed [Internet] 2012 [Consultado el 15 de agosto del 2024]; 27 (3): 326. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22227082/>
 8. Chow E, et al. Effect of low serum total protein on sodium and potassium measurement by ion-selective electrodes in critically ill patients. PubMed [Internet] 2008 [Consultado el 15 de agosto del 2024], 65 (3): 128-131. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18986099/>
 9. Katrangi W, et al. Prevalence of Clinically Significant Differences in Sodium Measurements Due to Abnormal Protein Concentrations Using an Indirect Ion-Selective Electrode Method [Internet]. Oxford Academy; 2019 [Consultado el 15 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jalm/article/4/3/427/5636917>
 10. Gohel M, et al. Effect of Hypoproteinemia on Electrolyte Measurement by Direct and Indirect Ion Selective Electrode Methods. Revista de Médicos de laboratorio [Internet] 2021 [Consultado el 15 de agosto del 2024]; 13 (2): 144-147. Disponible: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0041-1730821>
 11. Delgado, et al. Clinical Thresholds for Pseudohyperkalemia and Pseudonormokalemia in Patients with Thrombocytosis. PubMed [Internet] 2022 [Consultado el 15 de agosto del 2024], 33 (3): 233-241. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36447798/>

12. Universidad de California San Diego [Internet]. Electrolitos; 2022 [Consultado el 15 de agosto del 2024]. Disponible en:
https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/167,electrolytes_ES
13. Policlínica Metropolitana [Internet]. Electrolitos; 2022 [Consultado el 15 de agosto del 2024]. Disponible en:
https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/167,electrolytes_ES
14. Bustamante G. Electrolitos [Internet]. Bolivia: 2013 [Consultado el 15 de agosto del 2024]. Disponible en : http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2304-37682013001200001&script=sci_arttext&tlng=es
15. Barrios D, Inga P, Ñañez J. Valores referenciales de gases arteriales electrolitos séricos en pobladores sanos a una altitud de 3400 m.s.n.m. Jauja [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Continental: 2023. Disponible en:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13244/3/IV_FCS_502_TE_Barrios_Inga_%c3%91a%c3%bl ez_2023.pdf
16. Mauleon F. Electrolitos que son y en que alimentos lo encontramos [Internet]. Blog de aegon: 2023 [Consultado el 15 de agosto del 2024]. Disponible en:
<https://blog.aegon.es/alimentacion/electrolitos-hasta-que-punto-son-importantes/>
17. Ortiz A, et al. Importancia de los electrolitos y la hidratación en la actividad física. Salud y educación [Internet] 2019 [Consultado el 15 de agosto del 2024]; Vol. (8): 241-246. Disponible en:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/4822/6970>
18. Bello N. Fundamentos de enfermería [Internet]. Cuba: Ecimed; 2010 [Consultado el 16 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://institutoflorence.net/wp-content/uploads/2023/02/FUNDAMENTOS-DE-ENFERMERIA-II-NILDA-L.-BELLO.pdf#page=209>

19. Idrovo V, Quichimbo B. Trastornos Electrolíticos [Internet]. Medicina de urgencias; 2022 [Consultado el 16 de agosto del 2024]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Downloads/separar+TOMO+2+MEDICINA+DE+URGENCIA+S-389-416.pdf>
20. Ortiz A, Carrasco M, Hernández L. Importancia de los electrolitos y la hidratación en la actividad física. Salud y educación [Internet] 2019 [Consultado el 17 de agosto del 2024]; 8 (15): 241-246. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/4822/6970>
21. Tejada F. Alteraciones del equilibrio del Potasio: Hipopotasemia. Rev Clin Med Fam [Internet] 2007 [Consultado el 17 de agosto del 2024]; 2(3): 129-133. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/albacete/v2n3/revision.pdf>
22. Espejo C. Hipopotasemia e hiperpotasemia. Rev Act Clin Med [Internet] 2013 [Consultado el 17 de agosto del 2024]; 39. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2304-37682013001200003&script=sci_arttext&tlng=es
23. Ramírez H, Salas A. Relación de hipercloremia con mortalidad en pacientes post operados electivamente de resección de tumores intracraneales. Scielo [Internet] 2022 [Consultado el 17 de agosto del 2024]; 35(2). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-89092021000200084&script=sci_arttext
24. Hume E. Cloro, el ion olvidado y su relación con el suero fisiológico. Rev Chil Anest [Internet] 2018 [Consultado el 17 de agosto del 2024]; 47:125-131. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv47n02.09.pdf>

25. Reyes J. Hipercloruremia como factor de riesgo de lesión renal aguda en pacientes críticos [Tesis de pregrado]. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego; 2023. Disponible en:
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/14411/REP_JESUS.REYES_LESION.RENAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26. Del Pozo R. ¿Qué es un electrodo selectivo de iones (ISE) o un electrodo para iones específicos SIE? [Internet] España: Akralab; 2018 [Consultado el 18 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://www.akralab.es/electrodo-selectivo-iones-ise/>
27. Ochoa R. Determinación de la concentración de fluoruros en pastas dentales por el método del IÓN selectivo [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Alas Peruanas; 2014. Disponible en:
<https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/9516>
28. Universidad Complutense Madrid. Química Analítica II [Internet]. España; 2020 [Consultado el 19 de agosto del 2024]. Disponible:
[https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-106912/Proyecto%20TAPA.%20Grupo%205.%20Tapa%207.%20%20\(1\)\(1\).pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-106912/Proyecto%20TAPA.%20Grupo%205.%20Tapa%207.%20%20(1)(1).pdf)
29. Sosa V. Determinación de fluoruros por potenciometría directa en aguas de consumo humano [Tesis de pregrado]. El Salvador: Universidad de El Salvador; 2004. Disponible en: <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/8604/1/19200733.pdf>
30. Casals J, et al. Correlación entre el sodio plasmático determinado por el laboratorio y el determinado por el monitor de hemodiálisis. Elsevier [Internet] 2024 [Consultado el 24 de agosto del 2024]; 44 (3): 417-422. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211699523001455>
31. Fortgens P, Pillay T. La pseudohiponatremia revisitada. Arch Pathol Lab Med [Internet] 2011 [Consultado el 19 de agosto del 2024]; 135. Disponible en:

32. Gianella A. Los métodos de la ciencia y la investigación [Internet]. Argentina: 1995 [Consultado el 24 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://miel.unlam.edu.ar/data/contenido/2403-B/El-Metodo-Hipotetico-Deductivo2.pdf>
33. Batis consultores. Enfoque de investigación [Internet]. España: 2021 [Consultado el 24 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://online-tesis.com/enfoque-de-la-investigacion/>
34. Narváez O, Villegas L. Introducción a la investigación: guía interactiva [Internet]. Universidad Veracruzana; 2014 [Consultado el 24 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>
35. Velásquez A. Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla [Internet]. QuestionPro; 2024 [Consultado el 30 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>
36. Ortega C. ¿Qué es el muestreo por conveniencia? [Internet]. QuestionPro; 2024 [Consultado el 30 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/>
37. Technolab Ingeniería Distribución. Insertos de reactivos [Internet]. Ciudad de México. [Consultado el 30 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://technolabmex.com/descargas/qca/>
38. Westgard J. Quality Requirements [Internet] Westgard QC; 2014 [Consultado el 30 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://www.westgard.com/essays/guest-essay/biodatabase-2014-update.html>

Anexo N°1: Matriz de Consistencia:

TITULO: EFECTO DE LA CONCENTRACION DE PROTEINAS SOBRE LA MEDICION DE ELECTROLITOS SERICOS EN METODOLOGIA ISE EN UNA CLINICA ONCOLOGICA, 2025				
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES DE ESTUDIO	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿Cuál es el efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos en metodología ISE en una clínica oncológica en el año 2025?</p>	<p>Objetivo General: Determinar el efecto de la concentración de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos en metodología ISE.</p>	<p>Hipótesis General: Existe relación significativa de los diferentes niveles de proteínas sobre la medición de electrolitos séricos mediante el método ISE Directo e Indirecto.</p>	<p>Variable Independiente: Concentración de proteínas</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p>
<p>Problemas Específicos: ¿Existe interferencia entre los valores de proteínas séricas y las concentraciones de electrolitos (sodio, potasio y cloro) por la metodología ISE directo e indirecto?</p>	<p>Objetivos Específicos: Analizar la interferencia entre los valores de proteínas séricas y las concentraciones de electrolitos (sodio, potasio y cloro) por la metodología ISE directo e indirecto.</p>		<p>Variables Dependientes: Electrolitos séricos</p>	<p>Diseño de Estudio: Estudio experimental.</p>
<p>¿Existe variación en las concentraciones séricas de los electrolitos (sodio, potasio y cloro) sin evaluar el efecto de los valores de proteínas determinadas por las metodologías ISE directo e indirecto?</p>	<p>Comparar las concentraciones séricas de electrolitos (sodio, potasio y cloro) sin evaluar el efecto de los valores de proteínas determinadas por las metodologías ISE directo e indirecto.</p>			<p>Población: Muestras de sueros con diferentes concentraciones de proteínas.</p>
<p>¿Existe variación en las concentraciones de electrolitos por metodología ISE directo e indirecto, según los niveles de proteínas séricas?</p>	<p>Estimar las concentraciones de electrolitos por metodología ISE directo e indirecto, según los niveles de proteínas séricas.</p>			<p>Muestra: Se estimó la cantidad de 388 muestras de suero</p>
<p>¿Cuánto es el sesgo de la metodología ISE indirecto con respecto a la ISE directo, evaluando límites establecidos por las regulaciones de CLIA para la medición de electrolitos en suero?</p>	<p>Establecer los sesgos de la metodología ISE indirecto con respecto a la ISE directo, evaluando si estos sesgos superan los límites establecidos por las regulaciones de CLIA para la medición de electrolitos en suero.</p>			

Anexo N°2: Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

FECHA:

N° REGISTRO:

VALOR DE PROTEINA: mg/dL

CONDICIONES DE LA MUESTRA	SI	NO
1. Muestra hemolizada		
2. Muestra lipémica		
3. Muestra con volumen adecuada		
4. Muestras almacenadas en la T° adecuada		
5. Muestra con datos completos de electrolitos (Na,K,Cl)		



COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD
CIENTÍFICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Lima, 03 de marzo de 2025

Investigador(a)
Lady Diana Monsefú Cerna
Exp. N°:0347-2025

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética e Integridad Científica de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEIC-UPNW) evaluó y **APROBÓ** los siguientes documentos:

- Protocolo titulado: **"EFECTO DE LA CONCENTRACION DE PROTEINAS TOTALES SOBRE LA MEDICION DE ELECTROLITOS SERICOS EN METODOLOGIA DE ISE DIRECTO E INDIRECTO"** con fecha 22/02/2025.

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) Lady Diana Monsefú Cerna.

La **APROBACIÓN** comprende el cumplimiento de las buenas prácticas éticas, el balance riesgo/beneficio, la calificación del equipo de investigación y la confidencialidad de los datos, entre otros.

El investigador deberá considerar los siguientes puntos detallados a continuación:

1. La vigencia de la aprobación es de dos años (24 meses) a partir de la emisión de este documento.
2. Toda **enmienda o adenda** se deberá presentar al CIEIC-UPNW y no podrá implementarse sin la debida aprobación.
3. Si aplica, la **Renovación** de aprobación del proyecto de investigación deberá iniciarse treinta (30) días antes de la fecha de vencimiento, con su respectivo informe de avance.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,

Raúl Antonio Rojas Ortega
Presidente

Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
UPNW



Anexo N°4: Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos



Lima, 25 de junio del 2025

Dr. Gerardo Jimmy Campos Siccha
Gerente General
Clínica Instituto Oncológico Peruano

Dr. Cesar Augusto Chian García
Jefe de laboratorio
Centrolab

Presente. -

Reciba mi cordial saludo:

Mediante el presente documento tengo el agrado d dirigirme a ustedes, con el fin de poder solicitarle la autorización a la bachiller **LADY DIANA MONSEFÚ CERNA** de la carrera de Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica de la EPA Tecnología Medica de la casa de estudios de la **UNIVERSIDAD PRIVADA NORBERT WIENER**, para que pueda conceder el permiso necesario para llevar a cabo el estudio de investigación titulado **"EFECTO DE LA CONCENTRACION DE PROTEINAS SOBRE LA MEDICION DE ELECTROLITOS SERICOS EN METODOLOGIA ISE EN UNA CLINICA ONCOLOGIA, 2025"**

Agradeciendo su apoyo al presente estudio, realizando hincapié mi mayor consideración con el establecimiento.

Corporación
Quirúrgica Oncológica S.A.C.
Gerardo Jimmy Campos Siccha
GERENTE GENERAL

Dr. Cesar Chian Garcia
Patología y Laboratorio Clínico
C.M.P 29775 R.N.E. 13527

Anexo N°5: Reporte de similitud de Turnitin

TESIS- LADY MONSEFU CERNA - FINAL V2.0 16-12-2025.docx

My Files
My Files
Universidad Wiener

Detalles del documento

Identificador de la entrega tm:old::14912:541445970	70 páginas
Fecha de entrega 16 dic 2025, 9:24 p.m. GMT-5	12.219 palabras
Fecha de descarga 16 dic 2025, 9:31 p.m. GMT-5	68.884 caracteres
Nombre del archivo TESIS- LADY MONSEFU CERNA - FINAL V2.0 16-12-2025.docx	
Tamaño del archivo 578.9 KB	

turnitin Página 1 de 76 - Portada Identificador de la entrega tm:old::14912:541445970

turnitin Página 2 de 76 - Descripción general de Integridad Identificador de la entrega tm:old::14912:541445970

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

7%	🌐 Fuentes de Internet
2%	📖 Publicaciones
6%	👤 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)




8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
12 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 7% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	3%
2	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-09-15	<1%
3	Internet	repositorio.uap.edu.pe	<1%
4	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2024-11-29	<1%
5	Trabajos entregados	Facultade de Ciencias on 2025-09-05	<1%
6	Internet	www.coursehero.com	<1%
7	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
8	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-09-12	<1%
9	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-09-19	<1%
10	Internet	mdpi-res.com	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-09-02	<1%