


















ORIGINAL

## Utility of POCUS in estimating blood volume in neurocritical patients with hyponatremia, in the Polyvalent Intensive Care Unit of the Viedma Clinical Hospital

### Utilidad del POCUS en la estimación de la volemia en pacientes neurocríticos con hiponatremia, en la Unidad de Cuidados Intensivos Polivalente del Hospital Clínico Viedma

Edwin Cruz Choquetopa<sup>1</sup>  , Jhossmar Cristians Auza-Santivañez<sup>2</sup>  , Jose Bernardo Antezana-Muñoz<sup>3</sup>  , Jorge Márquez-Molina<sup>4</sup>  , Francisco Jiménez Salazar<sup>5</sup>  , Osman Arteaga Iriarte<sup>6</sup>  , Daniel Victor Arraya Borges<sup>7</sup>  , Eloy Paycho Anagua<sup>8</sup> 

<sup>1</sup>Hospital Clínico Viedma. Unidad de Cuidados Intensivos. Cochabamba, Bolivia.

<sup>2</sup>Ministerio de Salud y Deportes. Instituto Académico Científico Quispe-Cornejo. La Paz, Bolivia.

<sup>3</sup>Hospital Elizabeth Seton. Caja Petrolera de Salud. Cochabamba, Bolivia.

<sup>4</sup>Hospital Seguro Social Universitario. Departamento de emergencias. Cochabamba, Bolivia.

<sup>5</sup>Hospital Clínico Viedma. Unidad de Cuidados Intensivos. Cochabamba, Bolivia.

<sup>6</sup>Hospital Universitario Japonés. Unidad de Cuidados Intensivos. Santa Cruz, Bolivia.

<sup>7</sup>Hospital Clínico Viedma. Servicio de Neurología. Cochabamba, Bolivia.

<sup>8</sup>Hospital de Tercer Nivel Dr. Hernán Messuti Ribera. Pando, Bolivia.

**Citar como:** Choquetopa EC, Auza-Santivañez JC, Antezana-Muñoz JB, Márquez-Molina J, Jiménez Salazar F, Arteaga Iriarte O, et al. Utility of POCUS in estimating blood volume in neurocritical patients with hyponatremia, in the Polyvalent Intensive Care Unit of the Viedma Clinical Hospital. Salud, Ciencia y Tecnología. 2025; 5:1299. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251299>


Enviado: 11-05-2024

Revisado: 18-09-2024

Aceptado: 23-12-2024

Publicado: 01-01-2025

Editor: Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez 

#### ABSTRACT

**Introduction:** hyponatremia is one of the most common hydroelectrolytic disorders in patients with neurocritical pathology. Estimating blood volume in critically ill patients with hyponatremia is a challenge, and this is where point-of-care ultrasound (POCUS) becomes relevant.

**Method:** an observational, analytical, prospective, and longitudinal study was conducted in an ICU with a high influx of neurocritical patients. Thirty-one neurocritical patients who developed acute hyponatremia participated. They were evaluated clinically, analytically, and underwent ultrasound measurements at the bedside of the patients. It was determined which of the variables (clinical, analytical, and ultrasound) achieved the greatest sensitivity and specificity when determining blood volume.

**Results:** more than half developed hyponatremia during their stay in the ICU, the predominant gender was male with more than 61 % and more than 77 % had a diagnosis of head trauma. The ROC curve was able to show that the ultrasound variables presented a sensitivity of 93 % and specificity of 94 % with an area under the curve (AUC) of 0,93. And of these (ITV, GC, Echo-pulmonary, VEXUS and IVC indices) were the ones that best predict blood volume. In our survival analysis (Kaplan Meier) we found a mean survival of 37,5 days (36,4 - 38,49) in the group (Hypovolemic = CPS), compared to a mean survival of 27,7 days (25,4 - 29,9) in the group (Normo-hypervolemic = SIADH) (CI 95 % P: 0,078), which expresses higher mortality in those neurocritical patients who developed acute hyponatremia (Normo-hypervolemic = CPS).

**Conclusions:** more than half of the neurocritical patients developed hyponatremia during their stay in the ICU, the mean age of the patients was 44 for the hypovolemic group and 35 for the normo-hypervolemic group, the predominant gender was male and most had a diagnosis of head trauma. POCUS (LUS, VEXUS, FoCUS) showed higher sensitivity and specificity in predicting blood volume in neurocritical patients with acute hyponatremia. The time to resolution of hyponatremia after starting treatment was a median of 3 days in the hypovolemic group, in contrast to the normo-hypervolemic group, which required more time, and

no cases of overcorrection were reported in either group. Neurocritical patients with acute hyponatremia (Hypovolemic = CPS) would have more days of survival compared to neurocritical patients with acute hyponatremia (Normo-hypervolemic = SIADH).

**Keywords:** Hyponatremia; Neurocritical; Salt-wasting brain; SIADH; Point-of-care ultrasound; LUS; VexUS and FoCUS.

## RESUMEN

**Introducción:** la hiponatremia es uno de los trastornos hidroelectrolíticos más comunes en pacientes con patología neurocrítica. Estimar la volemia en pacientes críticos con hiponatremia, es un desafío, y es aquí donde la ecografía en el punto de atención (POCUS) cobra relevancia.

**Método:** se realizó un estudio de tipo observacional, analítico, prospectivo y longitudinal en una UCI con afluencia de pacientes neurocríticos. Participaron 31 pacientes neurocríticos que desarrollaron hiponatremia aguda, a quienes se les evaluó clínicamente, analíticamente y se les realizó mediciones ecográficas al pie de cama de los pacientes. Se determinó cuál de las variables (Clínicas, analíticas y ecográficas) lograron tener mayor sensibilidad y especificidad a la hora de determinar la volemia.

**Resultados:** más de la mitad desarrollaron hiponatremia en su estadía en la UCI, el género que predominó fue el masculino con más del 61 % y más del 77 % tenían diagnóstico de trauma craneoencefálico. La curva ROC pudo evidenciar que las variables ecográficas presentaron una sensibilidad de 93 % y especificidad de 94 % con un área bajo la curva (AUC) 0,93. Y de estos (ITV, GC, Eco-pulmonar, VEXUS e Índices de VCI) fueron los que mejor predicen la volemia. En nuestro análisis de supervivencia (Kaplan meier) nos evidencio una media de supervivencia de 37,5 días (36,4 - 38,49) en el grupo (Hipovolémico=CPS), frente a una media de supervivencia de 27,7 días (25,4 - 29,9) en el grupo (Normo-hipervolémico=SIADH) (IC 95 % P: 0,078), lo que expresa mayor mortalidad en aquellos pacientes neurocríticos que desarrollaron hiponatremia aguda (Normo-hipervolémica=CPS).

**Conclusiones:** más de la mitad de los pacientes neurocríticos desarrollaron hiponatremia en su estadía en la UCI, la edad media de los pacientes fue de 44 para el grupo hipovolémico y 35 para el grupo normo-hipervolémico, el género que predominó fue el masculino y la mayoría tenían diagnóstico de trauma craneoencefálico. El POCUS (LUS, VEXUS, FoCUS) presentó mayor sensibilidad y especificidad a la hora de predecir la volemia del paciente neurocrítico con hiponatremia aguda. El tiempo de resolución de la hiponatremia una vez iniciado el tratamiento fue una mediana de 3 días en el grupo hipovolémico en contraste el grupo normo-hipervolémico requirió más tiempo y no se reportó ningún caso de sobrecorrección en ambos grupos. Los pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda (Hipovolémica=CPS) presentarían más días supervivencia en comparación con pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda (Normo-hipervolémica=SIADH).

**Palabras clave:** Hiponatremia; Neurocrítico; Cerebro Perdedor de Sal; SIADH; Ecografía en el Punto de Atención; LUS; VexUS y FoCUS.

## INTRODUCCIÓN

La hiponatremia se suele definir como una concentración sérica de sodio (Na)  $<135$  mEq L<sup>(1)</sup> es la anomalía en electrólito más común en cuidado ambulatorio y en pacientes hospitalizados (15-19 % de pacientes hospitalizados y 1-7 % de los pacientes ambulatorios). y suele deberse frecuentemente a retención de agua, según La guía del (Grupo Acqua).<sup>(1)</sup> La incidencia de hiponatremia en pacientes críticamente enfermos oscila entre 12-34 %, lo que la convierte en la alteración electrolítica más común en el cuidado intensivo.<sup>(1,2)</sup> En los pacientes neurocríticos, la hiponatremia es aún más común, con una prevalencia tan alta como 50 %.<sup>(3)</sup> Condiciones tales como el traumatismo craneal, hemorragia subaracnoidea aneurismática (HSA), neurocirugía, tumores cerebrales, y accidentes cerebrovasculares isquémicos y hemorrágicos han demostrado incrementar la presencia de hiponatremia de tal forma que representa un evento independiente sobre la mortalidad.<sup>(4)</sup> Las hiponatremias basadas en la gravedad bioquímica<sup>(5)</sup> se clasifican en leve (130-134 mEq/l), moderado (125-129 mEq/l) y grave ( $<125$  mEq/l). Basándonos en el tiempo de desarrollo de la hiponatremia definimos en aguda aquella hiponatremia documentada en  $< 48$  horas de duración y la hiponatremia crónica aquella de más de 48 horas. Esta última clasificación define los objetivos de tratamiento.<sup>(5)</sup> Sin embargo, la hiponatremia de menos de 48 horas (hiponatremia aguda) es una emergencia metabólica que requiere la atención médica inmediata. Pequeños cambios en la osmolaridad pueden inducir edema cerebral profundo, convulsiones, herniación cerebral y por tanto, una elevada mortalidad, sobre todo en pacientes neurológicos críticos. Esto debido a que el sodio tiene un coeficiente de reflexión de 1,0 lo que confiere a la barrera hematoencefálica una completa

impermeabilidad, que explica que en situaciones donde exista una concentración anormal de sodio sérico se produzca un movimiento de agua libre desde o hacia el tejido cerebral, lo que explica que el encéfalo sea uno de los órganos más sensibles a cambios de osmolaridad.<sup>(6,7)</sup>

La evaluación del estado de volumen en los pacientes neurocríticos que desarrollan hiponatremia aguda representan un verdadero desafío para el Emergentólogo, Nefrólogo e Intensivista, quienes requieren una evaluación precisa de la volemia para guiar el manejo adecuado de la hiponatremia aguda.<sup>(8,9)</sup>

En las últimas dos décadas, la ecografía en el punto de atención (POCUS, por sus siglas en inglés) ha surgido como una herramienta no invasiva al lado de la cama del paciente para evaluar el estado de los líquidos y la respuesta al tratamiento con líquidos en unidades de cuidados coronarios, cuidados intensivos y nefrología.<sup>(10,12,13,14)</sup> La mayor disponibilidad de dispositivos de ultrasonido, innovaciones tales como la miniaturización progresiva y la caída del precio de los dispositivos de ultrasonido, han convertido el (POCUS) en el quinto pilar de la medicina clínica. El ultrasonido al pie de cama del paciente (POCUS) es muy accesible en la actualidad, relativamente económico, no hay radiación y facilita al médico conductas médicas con mayor precisión en su largo vaivén cotidiano de decisiones. POCUS es una luz para estimar la volemia en el paciente crítico, específicamente en el paciente neurocrítico con hiponatremia, donde el uso de POCUS (LUS, VEXUS y FOCUS) cobra importancia.<sup>(15,16,17)</sup>

En nuestro estudio se evalúa la utilidad del POCUS en la estimación de la volemia del paciente neurocrítico con hiponatremia aguda, a través de mediciones de variables ecográficas al pie de cama del paciente (Ecografía pulmonar, derrame pleural, Vexus, ITV, Gasto cardiaco estimado por ITV, colapsabilidad del ventrículo derecho, índices de la VCI, líquido libre en cavidad peritoneal) que nos permitirá clasificar en 2 fenotipos (hipovolémico o CPS) y Normo-hiervolemico o SIADH) y evaluar su impacto directo en el pronóstico y mortalidad de estos pacientes.

## **MÉTODO**

### **Diseño del estudio**

Observacional, prospectivo y longitudinal. El enfoque analítico es cuali-cuantitativo, el enfoque de investigación es positivista. El grado de asociación se calculó mediante el coeficiente de evaluación de Pearson y la mortalidad se determinó mediante Kaplan meier. Para el análisis de Precisión diagnóstica se utilizó: Sensibilidad, Especificidad, curva ROC y AUC.

### **Población**

Pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda hospitalizados en el servicio de terapia intensiva polivalente del Hospital clínico Viedma.

### **Universo**

Pacientes neurocríticos hospitalizados en cuidados intensivos polivalente desde el 01 de julio al 31 de diciembre del 2023.

### **Criterios de Inclusión**

Mayores a 15 años y menores de 70 años, Neurocríticos hospitalizados que desarrollan hiponatremia aguda en el servicio de Terapia Intensiva del Hospital Clínico Viedma

### **Criterios de Exclusión**

Hiponatremia crónica (>48 horas), Pseudohiponatremias (hiperproteinemia, hiperlipidemia, hiperglicemia), Lesión renal aguda y crónica, Pacientes que recibieron diuréticos y/o Manitol, Hipotiroidismo, Hipoadrenalismo, mala ventana ecográfica (artefactos), paciente con cirrosis hepática, insuficiencia cardiaca con FEVI reducida y con desnutrición crónica, Paciente que fallece antes de las 48 horas de ingreso en UCI, Paciente que recibe antidepresivos (inhibidores de la re-captación de serotonina).

### **Procedimiento de la Ecografía al pie de cama (POCUS) en los pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda**

- 1.- Se procedió a realizar ecografía pulmonar (LUS) en escala grises, donde mediante artefactos se evidencio la presencia de líneas A, B, C y derrame pleural en la ecografía pulmonar
- 2.- Se realizó medición ecográfica de la vena cava inferior en pacientes intubados donde se evaluó la distensibilidad y colapsabilidad de la VCI según el paciente se encontraba en ventilación mecánica controlada o espontánea respectivamente. Cuando la medición en modo M de la vena cava inferior fue mayor a 2 cm se continuo el estudio de la ecografía abdominal con el protocolo VEXUS, evaluando la vena porta, vena hepática y el flujo Doppler Venoso Intrarenal, y se determinó si existía datos sugestivos de congestión de órganos encapsulados según los grados de VEXUS. Además, se evaluó la presencia de

líquido libre en cavidad abdominal.

3.- Al insonar el área cardiaca se evaluó en eje largo paraesternal obteniendo el área del tracto de salida del ventrículo izquierdo, posteriormente en ventana de 5 cámaras se obtuvo la integral velocidad tiempo (ITV) se procedió al cálculo de el volumen sistólico y gasto cardiaco respectivamente, además de evaluar cualitativamente el tamaño de ambos ventrículos.

## RESULTADOS

Nuestro estudio incluyó 31 pacientes neurocríticos que presentaron hiponatremia aguda (< 48 horas), los cuales cumplieron los criterios de ingreso al estudio. La tabla 1 muestra la caracterización de la población de estudio, se evidencio que la media de edad fue 44 años (DE:±/14,6) para el grupo hipovolémico y para el grupo normovolémico (media de edad de 35 años DE±/13,7). El género que predominó en ambos grupos fue el masculino con 61,3 %, el grupo con hiponatremia normo-hipervolemica permaneció más días en ventilación mecánica con un (41,9 %), más del 96,7 % de pacientes no tenían antecedentes patológicos. Del total de pacientes el 77,4 % ingreso con diagnóstico de traumacraneoencefalico, seguido de tumor cerebral (12,9 %), hemorragia subaracnoidea (9,7 %). El puntaje SOFA y APACHE II fue alto en ambos grupos (>83,9 %), lo que justifico el requerimiento de dosis alta de noradrenalina > 0,3 mcg/kg/min (71,0 %) para mejorar la hemodinámica y por último el cristaloiide de base en el 100 % de los pacientes fue la solución salina al 0,9 %.

Característica	Hipovolémico N: 17	Normo-Hipervolémico N: 14	Total N: 31
Edad (Media) (DE) (Min-Max)	44 (14,6) (16-68)	35 (13,7) (17-69)	NA
Género N° (%)			
Masculino	11 (31,1 %)	8 (29,6 %)	19 (61,3 %)
Femenino	6 (19,6 %)	6 (19,6 %)	12 (38,7 %)
Días De Ventilación Mecánica N° (%)			
> 15 Días	8 (25,8 %)	13 (41,9 %)	21 (67,7 %)
< 15 Días	6 (19,4 %)	4 (12,9 %)	10 (32,3 %)
Antecedente Patológico N° (%)			
Sin Antecedente	17 (54,8 %)	13 (42,0 %)	30 (96,7 %)
Hipertensión Arterial	0 (0 %)	1 (3,2 %)	1 (3,3 %)
Diabetes Mellitus	0 (0 %)	0 (1,6 %)	0 (0 %)
Diagnóstico N° (%)			
TCE Grave	14 (45,2 %)	10 (32,2 %)	24 (77,4 %)
Tumor Cerebral	1 (3,2 %)	3 (9,7 %)	4 (12,9 %)
Hemorragia Subaracnoidea	2 (6,5 %)	1 (3,2 %)	3 (9,7 %)
Hemorragia Intraparenquimatosa	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Sofa N° (%)			
> 6 Puntos	16 (51,6 %)	12 (38,7 %)	28 (90,3 %)
< 6 Puntos	1 (3,2 %)	2 (6,5 %)	3 (9,7 %)
Apache II N° (%)			
> 15 Puntos	16 (51,6 %)	10 (32,3 %)	26 (83,9 %)
< 15 Puntos	1 (3,2 %)	4 (12,9 %)	5 (16,1 %)
Dosis De Noradrenalina N° (%)			
> 0,3 Mcg/Kg/Min	13 (42,0 %)	9 (29,0 %)	22 (71,0 %)
< 0,3 Mcg/Kg/Min	4 (12,9 %)	5 (16,1 %)	9 (29,0 %)
Cristaloide De Base N° (%)			
Solución salina 0,9 %	17 (55,0 %)	14 (45,0 %)	31 (100 %)

**Nota:** DE: Desviación estándar; N: número de frecuencia; %: porcentaje; TCE: trauma craneoencefálico.

Al caracterizar la muestra de estudio podemos evidenciar que el 100 % de la población estudiada presentó una osmolalidad sérica disminuida, osmolaridad urinaria aumentada, orina concentrada, sodio urinario aumentado

y tenían glicemia, cortisol am, TSH, T4L, triglicéridos y urea dentro de parámetros normales según el corte de nuestro laboratorio. Además, el total de los pacientes no recibieron Manitol o diurético como furosemida. (tabla 2)

Característica (Valor De Referencia De Laboratorio)	Hipovolémico CPS N: 17	Normo-Hipervolémico SIADH N: 14	Total N: 31 = 100 %
Osmolaridad Sérica (275-295 Mosm/L)	Disminuido (17) (54,8 %)	Disminuido (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Sodio Urinario (20 Meq/L)	Aumentado (17) (54,8 %)	Aumentado (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Osmolaridad Urinaria (100 Mosm/L)	Aumentado (17) (54,8 %)	Aumentado (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Densidad Urinaria (1010-1030)	Aumentado (17) (54,8 %)	Aumentado (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Glicemia (140-180 Mg/Dl)	Normal (17) (54,8 %)	Normal (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Cortisol (A.M.) (52-350 Ng/ML)	Normal (17) (54,8 %)	Normal (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Tsh / T4 L (30-4,70 Uu/L) / (0,89-1,72 Ng/Dl)	Normal (17) (54,8 %)	Normal (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Trigliceridemia (50-150 Mg/Dl)	Normal (17) (54,8 %)	Normal (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Uricemia (17-55 Mg/Dl)	Normal (17) (54,8 %)	Normal (14) (45,2 %)	31 (100 %)
Manitol Y Diurético (Furosemida)	NO (17) (54,8 %)	SI (14) (45,2 %)	31 (100 %)

**Nota:** TSH: hormona estimulante del tiroides; T4 L: tiroxina; CPS: cerebro perdedor de sal; SIADH: síndrome de secreción adecuada de la hormona antidiurética; mEq/l: mili equivalente por litro; mosm/l: mili osmol por litro; mg: miligramo; ng nanogramo; dl: decilitro

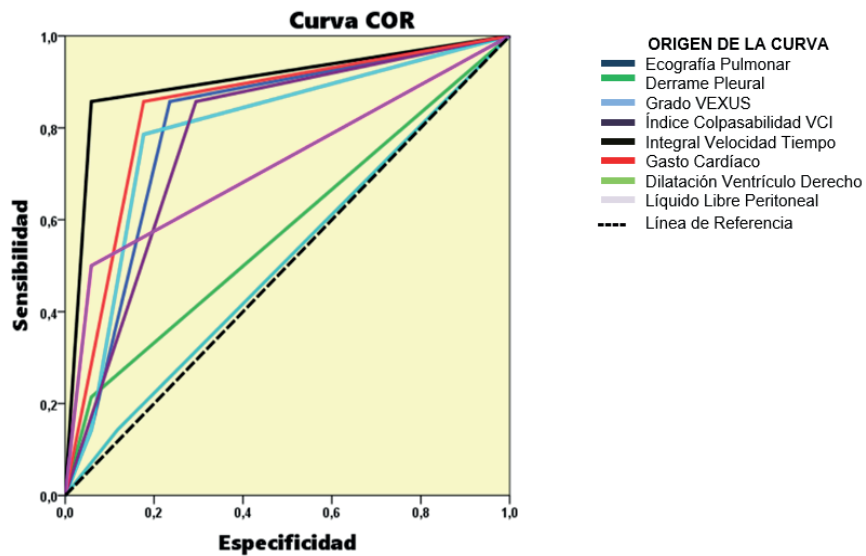
De los pacientes evaluados, el 67,7 % presentaron hiponatremia leve, distribuyéndose en dos fenotipos: hipovolémico y normo-hipervolémico. El grupo hipovolémico (54,8 %) recibió un tratamiento combinado que incluyó solución salina hipertónica, reanimación con solución salina fisiológica (SSF) al 0,9 % e hidrocortisona (50 mg cada 24 horas por 5 días). En contraste, el grupo normo-hipervolémico (45,2 %) fue tratado con solución salina hipertónica acompañada de restricción hídrica. Todos los pacientes con fenotipo hipovolémico (17/17) mostraron una mejoría completa, mientras que el 12,9 % de los pacientes normo-hipervolémicos no alcanzaron la resolución de la hiponatremia. En 71 % de los pacientes con hiponatremia lograron normalizar sus niveles séricos de sodio (NaS > 135 mEq/L) dentro de los primeros 5 días de tratamiento. Además, la corrección de sodio en las primeras 24 y 48 horas se mantuvo por debajo de los umbrales de sobrecorrección (<10 y <18 mEq/L, respectivamente), minimizando el riesgo de complicaciones asociadas a una rápida corrección de la natremia.

Característica	Hipovolémico Cps N: 17	Normo-Hipervolémico Siadh N: 14	Total N: 31 = 100 %
Gravedad De La Hiponatremia N° (%)			
Leve	11 (35,5 %)	10 (32,2 %)	21 (67,7 %)
Moderado	4 (13,0 %)	3 (10,8 %)	7 (22,6 %)
Grave	2 (6,5 %)	1 (3,3 %)	3 (9,8 %)
Tratamiento Recibido N° (%)			
Solución Hipertónica	17 (54,8 %)	14 (45,2 %)	31 (100 %)
Hidrocortisona	17 (54,8 %)	0 (0 %)	17 (54,8 %)
Restricción Hídrica	No (0 %)	14 (45,2 %)	14 (45,2 %)
Concentración De Solución Hipertónica N° (%)			
Hipertónica Al 3 %	1 (3,25 %)	1 (3,25 %)	2 (6,5 %)
Hipertónica Al 4,8 %	13 (42,0 %)	9 (29,0 %)	22 (71,0 %)
Hipertónica Al 7 %	3 (9,6 %)	4 (13,0 %)	7 (22,6 %)
Fracaso Del Tratamiento N° (%)			
Mejoría	17 (54,5 %)	10 (32,6 %)	27 (87,1 %)
Fracaso	0 (0 %)	4 (12,9 %)	4 (12,9 %)
Tiempo De Resolución De La Hiponatremia N° (%)			
<3 Días	10 (32,2 %)	2 (6,5 %)	12 (38,7 %)
3 A 5 Días	6 (19,3 %)	4 (12,9 %)	10 (32,3 %)



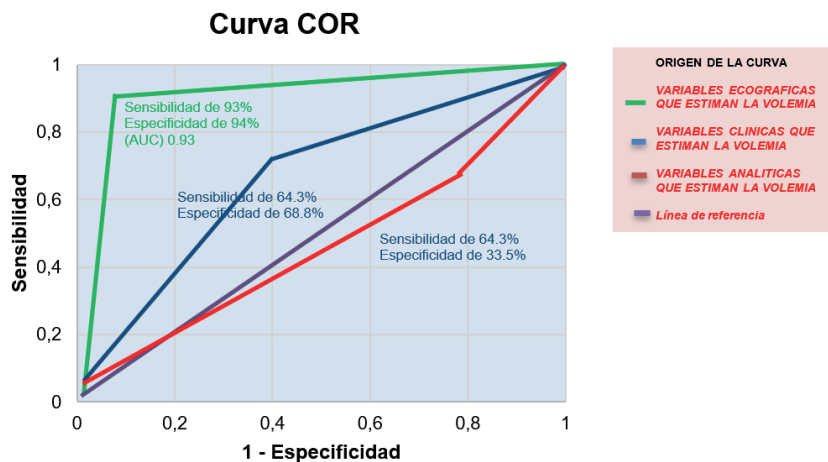
>5 Días	1 (3,3 %)	8 (25,8 %)	9 (29,0 %)
Corrección De Sodio Sérico En Horas N° (%)			
< 10 Meq/L En 24 Horas	17 (54,8 %)	14 (45,2 %)	31 (100 %)
< 18 Meq/L En 48 Horas	17 (54,8 %)	14 (45,2 %)	31 (100 %)
<b>Nota:</b> CPS: cerebro perdedor de sal; SIADH: síndrome de secreción adecuada de la hormona antidiurética			

Mediante el análisis de la curva ROC para evaluar la capacidad discriminativa de una prueba diagnóstica dicotómica, se evidenció que las variables ecográficas (Eco-pulmonar, derrame pleural, VEXUS, ITV, GC, dilatación del VD, índice VCI y líquido libre en cavidad) alcanzaron una sensibilidad del 93 % y una especificidad del 94 %, con un área bajo la curva (AUC) de 0,93. En contraste, las variables clínicas y analíticas mostraron un desempeño inferior: las clínicas obtuvieron una sensibilidad del 64,3 % y especificidad del 68,8 %, mientras que las analíticas presentaron una sensibilidad del 64,3 % y especificidad del 33,5 %. (figura 1)



**Figura 1.** Sensibilidad y especificidad de las variables clínicas, analíticas y ecográficas (POCUS) en la estimación de la volemia del paciente neurocrítico con hiponatremia aguda  
**Nota:** (AUC: área bajo la curva)

La figura 2 muestra la sensibilidad y especificidad de las variables ecográficas utilizadas en la evaluación de la volemia en pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda. Las mediciones más precisas incluyeron la integral de velocidad-tiempo (ITV), el gasto cardíaco (GC), la ecografía pulmonar, el índice VEXUS y los índices de la vena cava inferior (VCI), las cuales presentaron áreas bajo la curva (AUC) de 0,89, 0,84, 0,80, 0,79 y 0,78, respectivamente.



**Figura. 2** Sensibilidad y Especificidad del POCUS (LUS, VEXUS y FoCUS) en la estimación de la volemia del paciente neurocrítico con hiponatremia aguda

La figura 3 presenta un diagrama de cajas que compara el tiempo necesario para la resolución de la hiponatremia aguda en función del fenotipo de volemia y la terapia instaurada. El grupo hipovolémico, tratado con solución salina hipertónica, reanimación con SSF al 0,9 % e hidrocortisona, mostró una mediana de 3 días para alcanzar valores normales de sodio sérico, con un rango máximo de 6 días. En contraste, el grupo normo-hipervolémico, manejado con solución salina hipertónica y restricción hídrica, presentó una mediana de 7 días y un tiempo máximo de resolución de 12 días. Estos resultados destacan la diferencia en el tiempo de respuesta al tratamiento entre los fenotipos de volemia.

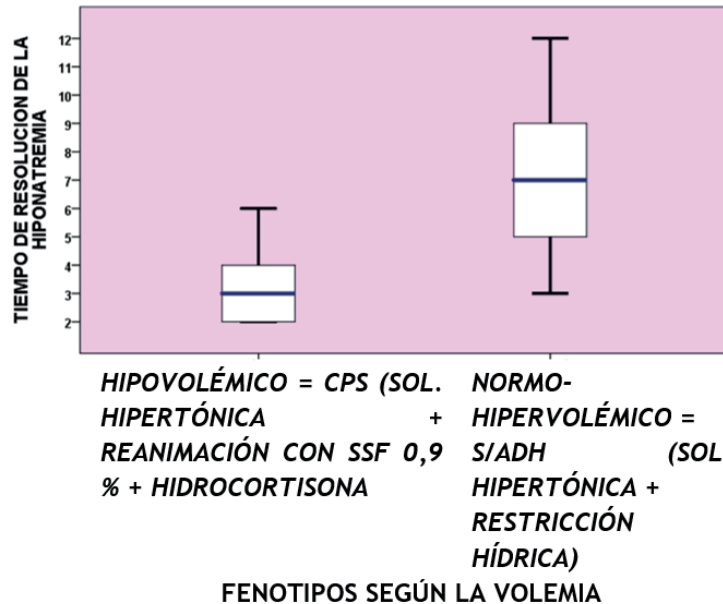


Figura 3. Tiempo de resolución de la hiponatremia aguda según su fenotipo y terapia instaurada

## DISCUSIÓN

En nuestro estudio más del 50 % de los pacientes neurocríticos desarrollaron hiponatremia aguda en su estadía en la UCI, que no fue diferente a la estadística de los países europeos y americanos.<sup>(1,5,7,8)</sup> Los pacientes neurocríticos están expuestos a este desajuste metabólico por alteración del eje hipotálamo hipofisario, explicado fisiopatológicamente por los fenómenos de natriuresis y la secreción inadecuada de la hormona antidiurética secundaria a la injuria cerebral que caracteriza a estos pacientes neurocríticos.<sup>(18)</sup> La edad media de los pacientes fue de 44 para el grupo hipovolémico y 35 para el grupo normo-hipervolémico, el género que predominó fue el masculino con más del 61 % y más del 77 % tenían diagnóstico de trauma craneoencefálico, esto podría explicarse porque el hospital clínico Viedma es centro de referencia de tercer nivel perteneciente al sistema público que cuenta con experiencia en la atención a pacientes neurocríticos.

Al analizar Curva ROC evidenciamos que al comparar variables clínicas, analíticas y ecográficas que estiman la volemia, las que mejor ayudan a estimar la volemia fueron las variables ecográficas con una sensibilidad de 93 % y especificidad de 94 % con un área bajo la curva (AUC) 0,93. Y de estos (ITV, GC, Eco-pulmonar, VEXUS e Índices de VCI) fueron los que mejor predicen la volemia.

Se evidenció una correlación negativa significativa, entre el valor de Sodio sérico (hiponatremia) con la estadía en cuidados intensivos  $r: -0,66$  ( $P=0,000$ ). Donde a menor valor de sodio sérico mayor estancia en cuidados intensivos. Quedando claro que el desarrollar hiponatremia expone al paciente a mayores riesgos como está descrito en las guías del manejo de la hiponatremia,<sup>(1,4,5,7)</sup> donde los pacientes que desarrollarían hiponatremia ( $\text{NaS} < 135 \text{ mEq/l}$ ) tendrían más días de estancia en cuidados intensivos lo que conlleva a más riesgo de infecciones intrahospitalarias, más secuelas neurológicas, mayor costo económico a la familia y al estado, teniendo un impacto negativo en la morbilidad, lo que justifica destinar recursos para prevenir el desarrollo de la hiponatremia en este grupo particular de pacientes neurocríticos, donde una alternativa sería tomar un corte de sodio sérico de 140 mEq/l para definir la hiponatremia en este grupo de pacientes neurocríticos como lo describe, Broch Porcar, Rodríguez Cubillo, et al.<sup>(2)</sup>

Al comparar la mediana del tiempo de resolución de la hiponatremia una vez iniciado el tratamiento entre los fenotipos (Hipovolémico=CPS con el Normo-hipervolémico=SIADH) evidenciamos que el grupo normo-hipervolémico=SIADH, requirió más tiempo (mediana de 7 días) en restaurar la natremia, con un máximo de +/- 12 días vs una mediana de 3 días en el grupo Hipovolémico=CPS. Esto podría explicarse debido a que el SIADH es una entidad donde existe retención de agua por la alteración hormonal que la caracteriza, donde a la hora

de tratar se necesita además del restricción hídrica los antagonistas de la Vasopresina y Urea que en nuestro medio no contamos con dichos medicamentos como son los Vaptanes y Urea que están descritos en las guías y publicaciones Europeas del manejo de la hiponatremia en pacientes que desarrollan SIADH,<sup>(1,3,5)</sup> en contraste el grupo hipovolémico=CPS donde predomina el fenómeno de natriuresis respondieron bien a la reanimación hídrica con SSF 0,9 y al tratamiento con mineralocorticoide (hidrocortisona 50 mg cada 24 horas por 5 días). Si bien el mineralocorticoide que recomiendan las guías actuales en esta patología es la fludrocortisona (0,1 a 0,2 mg cada 8 o 12 horas).<sup>(3)</sup> En nuestro medio existe poca accesibilidad a este medicamento. Quedando claro que la hidrocortisona resultaría en una buena alternativa en lugares donde no cuentan con fludrocortisona.

En nuestro estudio el valor de sodio sérico (mEq/l) corregido en las primeras 24 y 48 fue una mediana de 5 y 13 mEq/l respectivamente en el grupo hipovolémico=CPS a diferencia del grupo Normo-hipervolemico=SIADH, donde la mediana de corrección del sodio en las primeras 24 y 48 horas fue de 3 y 11 meq/l respectivamente, por lo que no se reportó en ambos grupos la temible mielinolisis central pontina. Porque según las guías del manejo de la hiponatremia, la sobrecorrección (más de 8 y 18 mEq/l en las primeras 24 y 48 horas) con soluciones hipertónicas en bolo se asoció a desarrollar dicha complicación.<sup>(4,7)</sup>

En el análisis de supervivencia los pacientes neurocríticos que desarrollarían una hiponatremia aguda hipovolémica=CPS, tendrían más días de supervivencia 37,5 días (36,4 - 38,49; IC 95 % P: 0,078) en comparación con aquellos pacientes neurocríticos que presentarían hiponatremia aguda Normo-hipervolemica=SIADH 27,7 días (25,4 - 29,9; IC: 95 %; P: 0,078). Esto podría explicarse cómo se mencionó anteriormente a la dificultad de mejorar el sodio en pacientes que desarrollan hiponatremia por SIADH, donde la alteración fundamental es la retención de agua y que a pesar de reponer sodio con solución salina hipertónica y restringir volumen, no fue suficiente, lo que podría mejorar con la administración de Vaptanes y/o Urea que esta descrito en.<sup>(1,2,3)</sup>

Nuestro estudio cuenta con limitaciones, presenta una muestra pequeña, además, algunos pacientes obesos presentaron una mala ventana ecográfica, sobre todo al momento de medir la vena cava inferior, Vena Intrarenal y ventanas cardiacas lo que generó demora en el tiempo, también la interpretación de la ecografía por estar sujeta a variabilidad entre usuarios, lo que afectaría en la interpretación de los resultados de nuestro estudio, por ser operador dependiente, sin embargo, hemos intentado abordar esto haciendo que el instructor capacitado en POCUS y la especialista en ecocardiografía de la institución nos ayude a interpretar y clasificar mejor el estado de volumen de líquidos en los 2 fenotipos y por último en nuestro medio no se cuenta con algunos medicamentos para el manejo de los pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda (Fludrocortisona, Vaptanes y/o Urea).

El POCUS resultó ser más sensible y específico a la hora de categorizar la volemia de los pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda, logrando ser de gran ayuda en el diagnóstico y tratamiento adecuado.

## CONCLUSIONES

La hiponatremia es una de las complicaciones metabólicas más frecuentes en pacientes con patología neurocrítica. Más de la mitad de los pacientes neurocríticos desarrollaron hiponatremia en su estadía en nuestra Más de la mitad de los pacientes neurocríticos desarrollaron hiponatremia en su estadía en la UCI, la edad media de los pacientes fue de 44 para el grupo hipovolémico y 35 para el grupo normo-hipervolemico, el género que predominó fue el masculino y la mayoría tenían diagnóstico de trauma craneoencefálico. El POCUS (LUS, VEXUS, FoCUS) presentó mayor sensibilidad y especificidad a la hora de predecir la volemia del paciente neurocrítico con hiponatremia aguda. El tiempo de resolución de la hiponatremia una vez iniciado el tratamiento fue una mediana de 3 días en el grupo hipovolémico en contraste el grupo normo-hipervolémico que requirió más tiempo y no se reportó ningún caso de sobrecorrección en ambos grupos. Los pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda (Hipovolémica=CPS) presentarían más días supervivencia en comparación con pacientes neurocríticos con hiponatremia aguda (Normo-hipervolemica=SIADH).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barajas Galindo DE, Ruiz-Sánchez JG, Fernández Martínez A, Runkle De La Vega I, Ferrer García JC, Roperio-Luis G, et al. Documento de consenso sobre el manejo de la hiponatremia del Grupo Acqua de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición* [Internet]. 70:7-26. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2530016422001045>
2. Broch Porcar MJ, Rodríguez Cubillo B, Domínguez-Roldán JM, Álvarez Rocha L, Ballesteros Sanz MÁ, Cervera Montes M, et al. Documento práctico del manejo de la hiponatremia en pacientes críticos. *Medicina Intensiva* [Internet]. junio de 2019; 43(5):302-16. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210569118303358>
3. Manzanares W, Aramendi I, Langlois PL, Biestro A. Hiponatremias en el paciente neurocrítico: enfoque terapéutico basado en la evidencia actual. *Medicina Intensiva* [Internet]. mayo de 2015; 39(4):234-43. Disponible



en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210569114002587>

4. Mezzini G, Marasco S, Bertuccio A, Savioli G, Piccolella F, Racca F, et al. Hyponatremia Related to Neurocritical Care: Focus on Diagnosis and Therapy: A Systematic Review. *RRCT* [Internet]. febrero de 2023;18(1):19-27. Disponible en: <https://www.eurekaselect.com/211795/article>

5. Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, Annane D, Ball S, Bichet D, et al. Guía de práctica clínica sobre el diagnóstico y tratamiento de la hiponatremia. *Nefrología* [Internet]. julio de 2017;37(4):370-80. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0211699517300942>

6. Romero IG, Carlos. Alteraciones hidroelectrolíticas en el neurointensivo. En: Romero PM, editor. *Cuidados intensivos neurológicos*. 3rd ed. Chile; 2023. p. 119-123. Disponible en: [http://repositorio.anm.org.uy:8080/jspui/bitstream/123456789/257/1/Alteraciones hidroelectrolíticas y alteraciones neurológicas.pdf](http://repositorio.anm.org.uy:8080/jspui/bitstream/123456789/257/1/Alteraciones%20hidroelectrol%C3%ADticas%20y%20alteraciones%20neurol%C3%B3gicas.pdf)

7. Auza-Santivañez JC, Vitón-Castillo AA, Luperón Loforte D, Viruez-Soto JA. Ecocardiografía una herramienta valiosa en la formación del especialista en Medicina Intensiva y Emergencias. *Rev. cuba. cardiol. cir. cardiovasc.* [Internet]. 2021 [citado 23 Nov 2024]; 27 (2). Disponible en: <https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/1138>

8. Verbalis JG, Goldsmith SR, Greenberg A, Korzelius C, Schrier RW, Sterns RH, et al. Diagnosis, Evaluation, and Treatment of Hyponatremia: Expert Panel Recommendations. *The American Journal of Medicine* [Internet]. octubre de 2013;126(10):S1-42. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002934313006050>

9. Auza-Santivañez JC, Apaza-Huanca B, Diaz-Guerrero JL, Vallejos-Rejas DRE, Zelaya-Espinoza Y, Vargas-Gallego I, et al. Relevance of ultrasound detection and assessment of vascular calcifications in chronic kidney disease. *Multidisciplinar (Montevideo)* [Internet]. 2024 Aug. 15 [cited 2024 Nov. 24];2:77. Available from: <https://multidisciplinar.ageditor.uy/index.php/multidisciplinar/article/view/77>

10. Kearney D, Reisinger N, Lohani S. Integrative Volume Status Assessment. *pocus* [Internet]. 1 de febrero de 2022;7(Kidney):65-77. Disponible en: <https://ojs.library.queensu.ca/index.php/pocus/article/view/15023>

11. Chung HM, Kluge R, Schrier RW, Anderson RJ. Clinical assessment of extracellular fluid volume in hyponatremia. *The American Journal of Medicine* [Internet]. noviembre de 1987;83(5):905-8. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002934387906498>

12. Bhavna MD, VVM. Desmitificando la hiponatremia: una guía clínica para la evaluación y el tratamiento. 2022 Aug.

13. Márquez Molina J, Auza Santivañez JC, Cruz Choquetopa E, Antezana Muñoz JB, Arteaga Iriarte O, Fernández Burgoa H. Early prediction of acute kidney injury in neurocritical patients: relevance of renal resistance index and intrarenal venous Doppler as diagnostic tools. *Data and Metadata* [Internet]. 2023 Apr. 7 [cited 2024 Nov. 24];2:30. Available from: <https://dm.ageditor.ar/index.php/dm/article/view/175>

14. Koratala A, Reisinger N. Venous Excess Doppler Ultrasound for the Nephrologist: Pearls and Pitfalls. *Kidney Medicine* [Internet]. julio de 2022;4(7):100482. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S259005952200098X>

15. Rahman EL, Latif. La ecografía en el lugar de atención es una herramienta complementaria útil en la evaluación de la hiponatremia grave. *Nefrología*. 2024

16. Auza-Santivañez JC, Soneira Perez J, León DO, Condori-Villca N, Alvarez Loaces JP. Predictive value of the CONUT scale in the early detection of nutritional risk and its relationship with mortality in critically ill patients. *Salud, Ciencia y Tecnología* [Internet]. 2023 Mar. 24 [cited 2024 Nov. 24];3:339. Available from: <https://sct.ageditor.ar/index.php/sct/article/view/433>

17. Guerrero Gutiérrez MA, Gasca Aldama JC, Pérez Nieto OR, Sánchez Díaz JS, Morgado Villaseñor LA, López Pérez FJ. Evaluación de la congestión venosa por ultrasonido. *Rev chil anest* [Internet]. 2021 [citado 23 de noviembre de 2024];50(6):825-32. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/revchilanestv5004101050/>

18. Corral Corral I, Quereda Rodríguez-Navarro C. Hiponatremia y sistema nervioso. Nefrología [Internet]. 2011;2(6):48-60. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com/es-hiponatremia-sistema-nervioso-articulo-X2013757511000217>

### FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para la aplicación del presente estudio.

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Edwin Cruz Choquetopa, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez.

*Curación de datos:* Osman Arteaga Iriarte.

*Análisis formal:* Jhossmar Cristians Auza-Santivañez.

*Investigación:* Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Jose Bernardo Antezana-Muñoz.

*Metodología:* Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Edwin Cruz Choquetopa.

*Supervisión:* Francisco Jiménez Salazar, Osman Arteaga Iriarte.

*Validación:* Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Jorge Márquez-Molina.

*Visualización:* Jorge Márquez-Molina, Edwin Cruz Choquetopa.

*Redacción - borrador original:* Edwin Cruz Choquetopa, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Jorge Márquez-Molina, Francisco Jiménez Salazar, Osman Arteaga Iriarte, Daniel Victor Arraya Borges, Eloy Paycho Anagua.

*Redacción - revisión y edición:* Edwin Cruz Choquetopa, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Jorge Márquez-Molina, Francisco Jiménez Salazar, Osman Arteaga Iriarte, Daniel Victor Arraya Borges, Eloy Paycho Anagua.