

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
PROGRAMA DE ESTUDIO DE MEDICINA HUMANA



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO CIRUJANO**

---

**Score impact como predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo**

---

**Área de Investigación:**

Emergencias y desastres

**Autor:**

León Yaipén, Raúl Francisco

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Elera Flores, Humberto Antero

**Secretario:** Tello Valera, Julio Eulogio

**Vocal:** Ortiz Patiño, Alfonso Arturo

**Asesor:**

Vásquez Tirado, Gustavo Adolfo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2109-6430>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2024**

**Fecha de sustentación:** 13/02/2024

# Score impact como predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>7%</b>	<b>7%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Submitted on 1688488194918</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía      Activo

  
Dr. Gustavo A. Vázquez Tirado  
Medicina Interna - Medicina Intensiva  
C.M.P. 46520 R.N.E. 21816-31595  
Hospital Regional de Trujillo

## Declaración de originalidad

Yo, **Gustavo Adolfo Vásquez Tirado** docente del Programa de Estudio de Medicina Humana, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “**Score impact como predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo**”, autor **Raúl Francisco León Yaipén** dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 7%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el miércoles 14 de febrero de 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la universidad.

Lugar y fecha: Trujillo, 14 de febrero del 2024

### ASESOR:

Vásquez Tirado Gustavo Adolfo

DNI: 41061921

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2109-6430>

Firma:



Dr. Gustavo A. Vásquez Tirado  
Medicina Interna - Medicina Intensiva  
C.M.P. 46520 R.N.E. 21816-31595  
HOSPITAL REGIONAL DE TRUJILLO

### AUTOR:

León Yaipén Raúl Franciso

DNI: 74218645

FIRMA:



## **DEDICATORIA**

A mis padres, por apoyarme y comprender en todo momento mi paso por esta compleja pero hermosa carrera.

A mis abuelos Gilberto y Carola, que a pesar de ya no encontrarse físicamente presentes, estarían orgullosos de lo que he logrado.

A mi enamorada Gianella, por su compañía durante toda la carrera y la motivación brindada en los momentos que más lo necesité.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor, el Doctor Gustavo Adolfo Vásquez Tirado, por su apoyo, orientación y disposición para aclarar mis dudas en todo momento durante el desarrollo de este trabajo.

A mi amigo y colega Luis Horna, por brindarme sus conocimientos y experiencias para que este trabajo se lleve a cabo de la manera correcta.

## RESUMEN

**Objetivo:** Analizar si el *score* IMPACT es útil en la predicción de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico (TCE) severo del Hospital Regional Docente de Trujillo entre el periodo de enero 2018 y agosto 2023.

**Metodología:** Estudio tipo cohorte retrospectiva, que incluyó una muestra tipo censal con un total de 260 pacientes con TCE severo. Se analizó el desenlace de mortalidad durante los primeros 30 días de hospitalización, verificando dentro de cada historia la presencia de los parámetros necesarios para la valoración del *score* IMPACT, con lo cual posteriormente se determinó el mejor punto de corte para mortalidad. Se determinó la sensibilidad, especificidad y valores predictivos del *score* IMPACT, así como el riesgo relativo (RR) del mejor punto de corte asociado a mortalidad. De igual manera, mediante un análisis multivariado, se evaluaron las variables intervinientes que de manera independiente se asociaban con la mortalidad.

**Resultados:** El punto de corte que mostró la mejor capacidad predictiva para mortalidad fue la correspondiente al modelo IMPACT laboratorio, siendo de 11.5 y mostrando un área bajo la curva (AUC) de 0.844, con una sensibilidad y especificidad del 85 y 70% respectivamente, por se considera un factor asociado para mortalidad por TCE (RRa: 1.182;  $p < 0.001$ ). El sodio (RRa: 1.019;  $p = 0.037$ ), la glucosa (RRa: 1.004;  $p = 0.007$ ), los traumas asociados (RRa: 3.297;  $p = 0.006$ ), y el mecanismo del trauma (RRa: 7.224;  $p < 0.001$ ) demostraron ser factores asociados de manera independiente para la mortalidad por TCE.

**Conclusiones:** El *score* IMPACT es un predictor de mortalidad en pacientes con TCE severo.

**Palabras clave:** traumatismo craneoencefálico, *score* IMPACT, mortalidad.

## ABSTRACT

**Objective:** To analyze whether the IMPACT score is useful in predicting mortality in patients with severe traumatic brain injury (TBI) at the Regional Teaching Hospital of Trujillo between the period of January 2018 and August 2023.

**Methodology:** Retrospective cohort study, which included a census-type sample with a total of 260 patients with severe TBI. The mortality outcome was analyzed during the first 30 days of hospitalization, verifying within each history the presence of the necessary parameters for the assessment of the IMPACT score, with which the best cut-off point for mortality was subsequently determined. The sensitivity, specificity and predictive values of the IMPACT score were determined, as well as the relative risk (RR) of the best cut-off point associated with mortality. Likewise, through a multivariate analysis, the intervening variables that were independently associated with mortality were evaluated.

**Results:** The cut-off point that showed the best predictive capacity for mortality was that corresponding to the IMPACT laboratory model, being 11.5 and showing an area under the curve (AUC) of 0.844, with a sensitivity and specificity of 85 and 70% respectively, therefore considered an associated factor for mortality due to TBI (aRR: 1.182;  $p < 0.001$ ). Sodium (aRR: 1.019;  $p = 0.037$ ), glucose (aRR: 1.004;  $p = 0.007$ ), associated trauma (aRR: 3.297;  $p = 0.006$ ), and the mechanism of trauma (aRR: 7.224;  $p < 0.001$ ) demonstrated to be independently associated factors for TBI mortality.

**Conclusions:** The IMPACT score is a predictor of mortality in patients with severe TBI.

**Keywords:** traumatic brain injury, IMPACT score, mortality

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento a lo dispuesto por la Facultad de Medicina de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, someto a su consideración la tesis titulada **“SCORE IMPACT COMO PREDICTOR DE MORTALIDAD EN PACIENTES CON TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO SEVERO”**, para su evaluación y dictamen a efecto de poder obtener el título de Médico Cirujano. Por lo expuesto, espero de ustedes señores Miembros del Jurado su comprensión y justo dictamen.

Trujillo, 13 de Febrero del 2024

Raúl Francisco León Yaipén

## ÍNDICE

PRESENTACIÓN .....	I
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
ÍNDICE .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema.....	6
1.2. Hipótesis .....	6
1.3. Objetivos .....	6
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
2.1. Población de estudio.....	7
2.2. Criterios de selección.....	7
2.3. Muestra .....	7
2.4. Diseño del estudio.....	8
2.5. Variables y Operacionalización.....	9
2.6. Procedimientos y técnicas .....	11
2.7. Procesamiento y análisis estadístico .....	12
2.8. Aspectos éticos .....	13
III. RESULTADOS .....	14
IV. DISCUSIÓN .....	22
V. CONCLUSIONES.....	27
VI. RECOMENDACIONES .....	28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
VIII. ANEXOS .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación de las dimensiones del IMPACT score entre pacientes fallecidos y no fallecidos por TCE.....	166
<b>Gráfico 1.</b> Curvas ROC de los modelos IMPAC.....	17
<b>Tabla 2.</b> Evaluación predictiva del IMPACT score en la mortalidad del TCE.....	17
<b>Tabla 3.</b> Análisis de los factores epidemiológicos asociados para mortalidad por TCE.....	18
<b>Tabla 4.</b> Análisis de los factores clínicos asociados para mortalidad por TCE.....	19
<b>Tabla 5.</b> Análisis multivariado de los factores asociados para mortalidad por TEC.....	20
<b>Gráfico 2:</b> Curva ROC del modelo de predicción de los factores asociados para mortalidad en pacientes con TCE.....	21

## I. INTRODUCCIÓN

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es de las afecciones traumáticas más comunes de observar en los servicios de emergencia, teniendo una incidencia mundial de 200 a 500 casos por 100 mil personas al año, siendo estas cifras variables entre regiones (1). En Estados Unidos, se estima una incidencia anual que puede llegar a los 300 casos por 100 mil habitantes, lo que se traduce en alrededor de 2 millones de casos al año, provocando unas 300 000 hospitalizaciones y más de 50 mil muertes (2). Se tienen datos de Brasil, donde se ha reportado una tasa de incidencia de 360 por 100 mil habitantes (3) y en conjunto con México, se consideran los 2 países de la región con mayor presentación de este evento (4). En lo que respecta al Perú, no se cuenta con una base de datos sobre la incidencia del TCE a nivel nacional, sin embargo según estudios realizados en la ciudad de Lima, se menciona que estos eventos pueden representar casi el 20% del total de atenciones por el servicio de urgencias (5).

Esta lesión suele observarse mayormente en varones, con una relación de 3 hombres por cada mujer. En cuanto a la edad de presentación, este traumatismo afecta más a los adultos jóvenes y en la población laboralmente activa, entre los 20 a 40 años, siendo de las principales causas de muerte y discapacidad en este grupo etario (6). A nivel global, etiología del TCE se da principalmente por los accidentes automovilísticos, causantes de más del 70% de todos los casos, seguida por las caídas de altura, actos de violencia mediante el uso de armas contusas, cortantes o de fuego (7). Sin embargo, cabe resaltar que, en estudios realizados en nuestro medio, la causa principal observada es la caída de moderada a grandes alturas (8).

Patológicamente la TCE se define como aquella alteración de la función cerebral secundaria a un evento traumático, necesitando la presencia de uno de los siguientes elementos: compromiso del estado de consciencia, valorado principalmente con la escala de coma de Glasgow (ECG), cambios neurofisiológicos y/o la evidencia mediante el estudio por imágenes, especialmente mediante la tomografía axial computarizada cerebral, de fractura craneal o lesiones intracraneanas a causa del trauma, las cuales incluyen el daño en el tejido cerebral, los vasos sanguíneo y el tallo encefálico (9,10).

El TCE se clasifica en 3 grados, leve, moderado y severo, basados en la evaluación de la escala de ECG, la cual evalúa la respuesta motora, verbal y ocular del paciente posterior al trauma, teniendo una puntuación que va desde los 3 a 15 puntos (11). De los 3 grados, el tipo severo es el que implica mayor relevancia médica, y se diagnostica cuando el paciente tiene una puntuación de ECG inferior o igual 8 puntos (12), en quienes se pueden presentar situaciones como la hipertensión endocraneana, shock hipovolémico y convulsiones, teniendo un riesgo de muerte elevado en caso de no recibir el manejo médico adecuado a tiempo (13).

Con respecto a la fisiopatología del TCE grave, esta involucra mecanismos moleculares, bioquímicos, inflamatorios y vasculares, activados posterior al evento traumático desencadenando procesos como la cascada de cambios a nivel celular y molecular, que incluyen hinchazón celular, pérdida de gradientes de membrana, afluencia de mediadores inmunes e inflamatorios, liberación de transmisores excitotóxicos y cambios en la dinámica del calcio, los que culminarán con la activación de la cascada propapoptótica, desmielinización y formación de radicales libres, generándose un daño y muerte neuronal además de la formación de un edema cerebral y el aumento de la presión intracraneana (14,15). El correcto conocimiento de esta fisiopatología es crucial al momento de establecer el protocolo de manejo del paciente, en la cual las medidas de soporte, fármacos y decisiones de intervención quirúrgica se realizaran en base a los procesos fisiopatológicos presentes (16).

A pesar de los avances en cuanto los diversos métodos terapéuticos en el TCE severo, este continua teniendo una elevada mortalidad a corto plazo, estando entre el 40 al 80%, además de tener una importante morbilidad, causando situaciones como la discapacidad severa y el estado vegetativo, significando costes económicos elevados y considerándose un verdadero problema de salud pública (17). Se han estudiado la asociación de ciertos factores, como los hallazgos al examen físico, de laboratorio y el tipo de lesión presente al estudio de imagen cerebral, así como el empleo de una intervención quirúrgica temprana mediante la craniectomía descompresiva, con el mayor o menor riesgo de mortalidad así como en los resultados desfavorables en el TCE severo (18).

Muchos de los factores que han demostrado tener influencia en el pronóstico de los pacientes con TCE severo han sido agrupados en escalas las cuales son utilizadas para poder establecer predicciones en cuanto a los resultados a corto y largo plazo de estos pacientes. Entre los modelos pronósticos más aceptados y con mayor validación internacional se encuentran la “Aleatorización de corticoides después de una lesión importante en la cabeza” o CRASH por sus siglas en inglés, y la “Misión internacional para el pronóstico y análisis de ensayos clínicos en lesiones cerebrales traumáticas”, también conocido como el *score* IMPACT, este último teniendo especial atención durante los últimos años (19,20).

En cuanto al *score* IMPACT, este modelo pronóstico consta de 3 sistemas de evaluación, el primero se le conoce como modelo central o básico y evalúa la edad, la puntuación motora según la ECG y la reactividad pupilar. En el segundo sistema o modelo extendido, se añaden las variables de hipoxia, hipotensión, presencia de hemorragia subaracnoidea (HSA), hematoma epidural (HE) y la clasificación de los tipos de lesiones cerebrales difusas según los hallazgos en la tomografía. En el tercer y último modelo, se sumarán los hallazgos de laboratorio de la hemoglobina y la glucosa (20).

Cada parámetro a evaluar tiene una puntuación determinada según sean lo observado en el paciente, obteniendo un resultado final con lo cual se estimará la predicción de mortalidad y resultados desfavorables hasta los 6 meses del accidente. Es importante mencionar que no existe un punto de corte establecido en las puntuaciones de los modelos IMPACT, por lo que la estimación de los resultados se realiza usando un modelo de regresión logística con lo cual se obtendrán porcentajes tanto para la mortalidad como para los resultados desfavorables (21). Posteriormente, el análisis de los resultados se realiza mediante la determinación del área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés) con lo cual se podrá evaluar el rendimiento pronóstico de esta escala (22).

El cálculo de los resultados puede ser generado a partir de una calculadora virtual diseñada por los creadores de los modelos IMPACT, siendo su uso de forma gratuita en línea ( [www.tbi-impact.org](http://www.tbi-impact.org)). Diversas investigaciones han observado la excelente utilidad de los modelos IMPACT en la predicción de los resultados por TCE severo, resaltando la facilidad de su aplicación mediante la calculadora

IMPACT en línea, siempre y cuando se cuente con las variables a evaluar de cada paciente (23).

Rostami E, et al (2022) realizaron una cohorte retrospectiva en la cual evaluaron la validación de los modelos IMPACT en el pronóstico de los resultados en pacientes con TCE moderado y severo, incluyendo a 635 pacientes. Como resultados, se observó que el modelo IMPACT central tenía un AUC 0.85 para la mortalidad y 0.79 para el resultado desfavorable. El modelo extendido incrementó el AUC para la mortalidad pero disminuyó ligeramente en el AUC del resultado desfavorable en 0.78. Por último, el modelo de laboratorio aumentó el AUC para la mortalidad a 0.89 pero disminuyó ligeramente para el resultado desfavorable a 0.76. Concluyen en que los 3 modelos IMPACT pueden predecir adecuadamente los resultados posterior al TCE severo (24).

Moorthy D, et al (2021) en su cohorte prospectiva, analizaron la utilidad de los modelos IMPACT y CRASH en la predicción de resultados por TCE severo, incluyendo a 104 pacientes. En cuanto a las puntuaciones IMPACT, se establecieron los mejores puntos de corte para predecir la mortalidad, siendo del modelo central un valor mayor a 38, para el modelo extendido mayor a 27, y para el de laboratorio mayor a mayor a 41. De los 3 modelos, el central y extendido eran los predictores más fuertes para mortalidad, con un AUC de 0.976 y 0.968 respectivamente. Concluyen en que los modelos IMPACT en general tienen buenos valores en la predicción de los resultados tras un TCE severo (25).

Charry J, et al (2017) llevaron a cabo un estudio retrospectivo donde determinaron el valor pronóstico de los modelos predictivos, entre ellos el IMPACT, en los resultados por TCE severo incluyendo a 127 pacientes. Como resultados, se observó que los modelos IMPACT tenían una predicción de mortalidad del 71% y de resultados desfavorables del 77% a los 6 meses (AUC: 0.670, IC 95%,  $p < 0.048$ ). Se constató que la mortalidad real y los resultados desfavorables ocurrieron en el 29.13 y 37% de los pacientes respectivamente, por lo que hubo una sobreestimación de estos resultados. Concluyen en que si bien los modelos IMPACT tienen buena utilidad para el pronóstico del TCE, puede haber una sobreestimación de los resultados por lo que resulta necesario continuar con los estudios que evalúen su rendimiento (26).

Wongchareon K, et al (2020) en su cohorte retrospectiva, evaluaron la validación de modelos pronósticos en el TCE severo, incluyendo a 550 pacientes. En cuanto a los modelos IMPACT, se observó que el modelo extendido tenía el mayor AUC con 0.775 (IC 95%, 0.735 -0.815) en la predicción de resultados desfavorables a los 6 meses, mientras que el modelo de laboratorio tenía el mayor AUC para la mortalidad a los 6 meses (AUC: 0.73, IC 95%, 0.731-0.813). Concluyen en que los modelos IMPACT tienen buena utilidad para predecir adecuadamente los resultados posterior a un TCE severo (27).

Camarano J, et al (2021) realizaron una cohorte retrospectiva en la cual analizaron la utilidad de modelos pronósticos como el IMPACT en la predicción de la mortalidad hospitalaria por TCE moderado y severo, incluyendo a 26 228 pacientes. Como resultados observaron que a diferencia de modelos como el CRASH, el IMPACT, específicamente el básico, era capaz de diferenciar adecuadamente entre los pacientes que fallecieron y sobrevivieron, demostrando un AUC significativamente superior (AUC: 0.863, IC: 0.858 – 0.867,  $p < 0.001$ ). Si bien durante la calibración, IMPACT sobrepredijo en puntuaciones más bajas y subpredijo en puntuaciones más altas, tuvo una buena calibración en general, indicando que no existía una sobrepredicción o subpredicción sistémica. Concluyen que el IMPACT tiene una buena capacidad predictiva de la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con TCE (28).

Debido a lo anterior mencionado, se resalta la importancia de continuar con la validación de los modelos IMPACT en el pronóstico de los resultados por TCE severo, pudiendo aportar un mayor conocimiento a lo ya establecido, y contrastando los resultados con la evidencia actual. De igual manera, ante la falta de estudios a nivel nacional, se podrá generar un primer antecedente en nuestro medio que pueda motivar al interés de seguir desarrollando investigaciones sobre el tema. A nivel práctico, con los resultados obtenidos se podrá establecer la validez de una herramienta de gran utilidad para la evaluación del pronóstico de los pacientes con TCE, pudiendo así llegar a formar parte del protocolo de manejo para estas situaciones y optimizar las medidas terapéuticas oportunas en quienes tengan un mayor riesgo de resultados desfavorables o de mortalidad (26).

## 1.1. Problema

¿Es el Score IMPACT un predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo del Hospital Regional Docente de Trujillo entre el periodo de enero 2018 y agosto 2023?

## 1.2. Hipótesis

**H1:** El Score IMPACT no es predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo.

**H0:** El Score IMPACT es predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo.

## 1.3. Objetivos

### Objetivo general:

- Analizar si el *score* IMPACT es útil en la predicción de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo del Hospital Regional Docente de Trujillo entre el periodo de enero 2018 y agosto 2023.

### Objetivos específicos:

- ✓ Determinar el punto de corte y área bajo la curva del *score* IMPACT como predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo.
- ✓ Comparar las diferencias entre las puntuaciones del *score* IMPACT entre los pacientes fallecidos y sobrevivientes por traumatismo craneoencefálico severo.
- ✓ Determinar si las variables intervinientes constituyen factores pronósticos independientes para la mortalidad.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Población de estudio

Pacientes con traumatismo craneoencefálico severo del Hospital Regional Docente de Trujillo entre el periodo enero 2018 y agosto 2023 y que cumplan con los criterios de selección.

### 2.2. Criterios de selección

#### Criterios de inclusión

##### **Cohorte Expuesta:**

- ✓ Pacientes mayores o iguales a 18 años, con diagnóstico de TCE moderado y severo, hospitalizados en el Hospital Regional Docente de Trujillo entre el periodo enero 2018 y agosto 2023, que cuenten con historia clínica completa donde se encuentren todos los parámetros a evaluar en el *score* IMPACT y que presenten puntuaciones elevadas en el mismo.

##### **Cohorte no Expuesta:**

- ✓ Pacientes mayores o iguales de 18 años, con diagnóstico de TCE moderado y severo, hospitalizados en el Hospital Regional Docente de Trujillo entre el periodo enero 2018 y agosto 2023, que cuenten con historia clínica completa donde se encuentren todos los parámetros a evaluar en el *score* IMPACT y que presenten puntuaciones no elevadas en el mismo.

#### Criterios de exclusión

- ✓ Pacientes que hayan fallecido durante las primeras 24 horas de ingreso hospitalario.
- ✓ Pacientes con tumores del sistema nervioso.
- ✓ Pacientes gestantes.

## 2.3. Muestra

### Unidad de análisis

Paciente con traumatismo craneoencefálico severo del Hospital Regional Docente de Trujillo de enero del 2018 y agosto del 2023.

### Unidad de muestreo

Historia clínica de cada paciente.

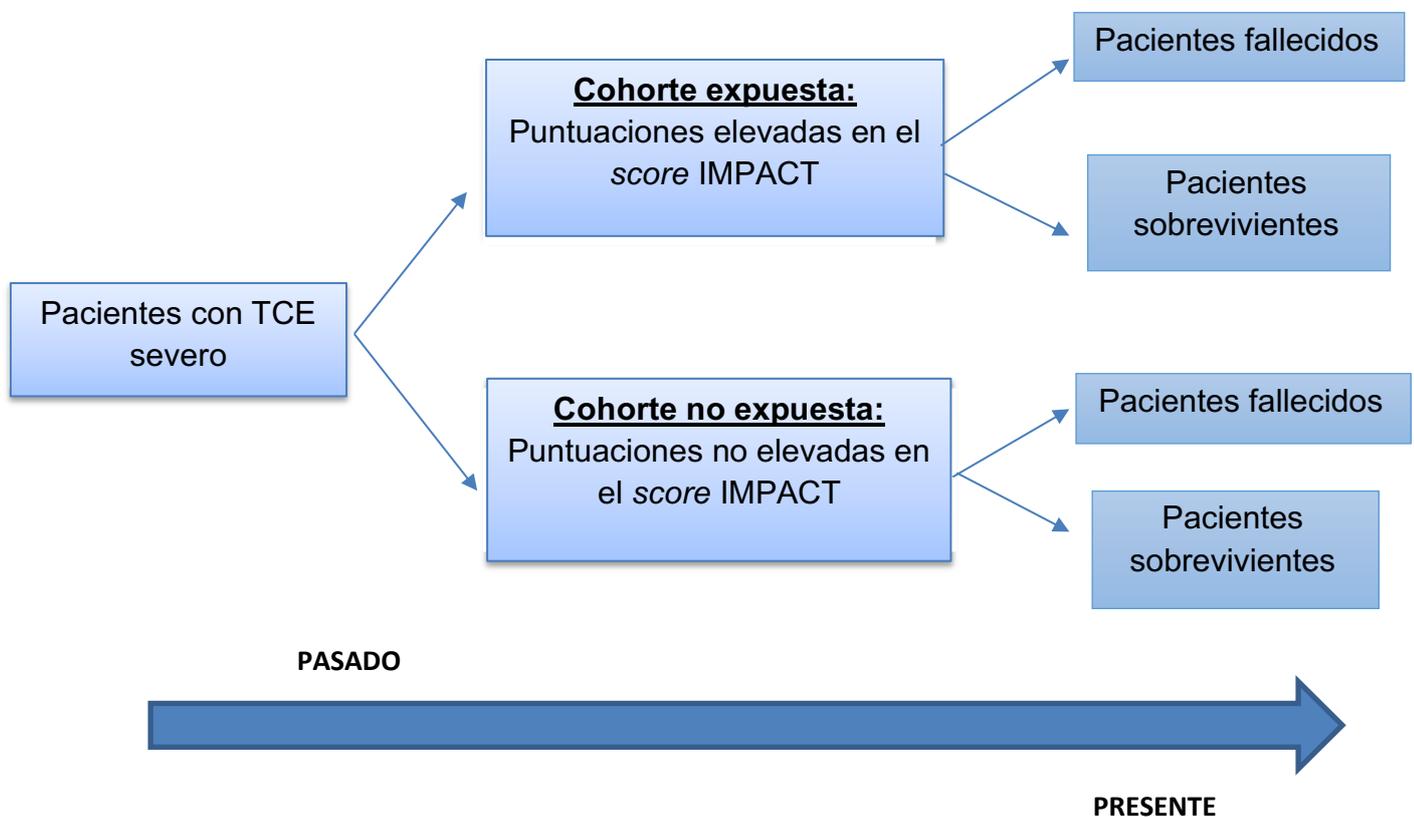
### Tamaño muestral

Para el tamaño muestral, se consideró una muestra de tipo censal, tomando a todos los pacientes con diagnóstico de TCE severo y que cumplieron con los criterios de selección (25).

**Muestreo:** No se realizó muestreo.

## 2.4. Diseño del estudio

Estudio observacional, analítico, de cohorte retrospectiva.



## 2.5. Variables y Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO Y ESCALA	REGISTRO
<b>Variable dependiente</b>			
<b>Mortalidad</b>	Fallecimiento del paciente durante los primeros 30 días de hospitalización en la unidad de cuidados intensivos.	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>
<b>Variable independiente</b>			
<b>Puntuación IMPACT</b>	Puntuación obtenida mediante la evaluación de 3 modelos de complejidad diferentes, mencionándose al modelo central, extendido y de laboratorio, los cuales incluyen parámetros consignados al momento del ingreso de todo paciente con TCE ( ANEXO 2) (19).	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado</li> <li>• No elevado</li> </ul>
<b>Variables intervinientes</b>			
<b>Sexo</b>	Sexo del paciente registrado en la historia clínica.	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masculino</li> <li>• Femenino</li> </ul>
<b>Edad</b>	Edad del paciente (años) consignada en la historia clínica al momento del TCE.	Cualitativa Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de años</li> </ul>
<b>Sodio sérico</b>	Valor sérico de sodio al ingreso del paciente consignado en la historia clínica.	Cuantitativa De razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mEq/L</li> </ul>
<b>Potasio sérico</b>	Valor de potasio sérico al ingreso del paciente consignado en la historia clínica.	Cuantitativa De razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mEq/L</li> </ul>
<b>Traumatismos asociados</b>	Traumas presentes en el paciente además del TCE que pueden por sí solos aumentar la mortalidad, considerándose al trauma cerrado como el	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trauma asociado más fractura</li> <li>• Fracturas relevantes</li> <li>• Trauma/s asociados</li> </ul>

	abdominal y/o torácico y las fracturas relevantes (pelvis, fémur, cráneo) los cuales se encuentren registrados en la historia clínica.		
<b>Mecanismo del trauma</b>	Cinemática del trauma en la cual se consideran las causas más frecuentes para un TCE (2).	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente automovilístico</li> <li>• Impacto con objetos contusos</li> <li>• Caída</li> </ul>
<b>Escala de Coma de Glasgow</b>	Puntaje obtenido tras la evaluación del estado de consciencia por la ECG al ingreso del paciente (13).	Cuantitativa De razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De 3 a 12 puntos</li> </ul>
<b>Severidad</b>	Tipo de TCE según la ECG.	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Severo</li> <li>• Moderado</li> </ul>
<b>Presión sistólica al ingreso</b>	Valor de la presión arterial sistólica (PAS) del paciente al ingreso, en la cual indica la presencia de un posible estado hipotensión cuando se tiene una PAS menor a 90 mmhg (9).	Cuantitativa De razón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,10,20,50,...(mmhg )</li> </ul>
<b>Necesidad de vasopresores</b>	Uso de fármacos vasopresores bajo criterio clínico para el manejo de la hipotensión arterial.	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>
<b>Intervención quirúrgica de emergencia</b>	Necesidad de neurocirugía de emergencia según los criterios establecidos para TCE severo (12).	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>
<b>Ventilación mecánica</b>	Necesidad de soporte ventilatorio en el paciente.	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>
<b>Tiempo en ventilación mecánica</b>	Tiempo medido en días en el cual se mantuvo al paciente bajo ventilación mecánica.	Cuantitativa De razón	1,2,3,4....(días)

<b>Glicemia</b>	Niveles de glucosa sérica dentro de las primeras 24 horas, consignado en la historia clínica	Cuantitativa De razón	50,55,60...(mg/dl)
<b>Hemoglobina</b>	Valores de hemoglobina en las primeras 24 horas.	Cuantitativa De razón	7,8.9...(g/dl)

## 2.6. Procedimientos y técnicas

Se presentó el presente proyecto de investigación al área de investigación del Programa de Estudio de Medicina Humana de la Universidad Privada Antenor Orrego para su revisión e inscripción. Con la aprobación y contando con la resolución de decanato, se solicitó autorización de la Dirección Administrativa del Hospital Regional Docente de Trujillo para obtener el acceso a la revisión de historias clínicas. Dentro del área de logística, se solicitó la base de datos de los pacientes que ingresaron durante el periodo enero 2018 y agosto 2023, con el fin de realizar el primer filtro de selección de pacientes según los criterios de inclusión previamente establecidos. Una vez seleccionado las historias clínicas, se revisaron los datos necesarios para completar los parámetros de los modelos IMPACT (ANEXO 2), además de las variables demográficas, clínicas y de apoyo diagnósticos consignados en la Ficha de recolección de datos (ANEXO 1). Con las puntuaciones observadas, se estableció el mejor punto de corte para la mortalidad. Debido al carácter analítico y retrospectivo del estudio, no fue necesario pedir el consentimiento informado a los pacientes. La información fue recolectada en una base de datos en Excel manteniendo su confidencialidad. Se atribuyó un código a cada paciente y solo se registró la información pertinente. Se continuó con la revisión de historias clínicas hasta que finalmente con la información y datos recolectados, se procedió al análisis estadístico de los mismos y la redacción de los resultados del estudio.

## 2.7. Procesamiento y análisis estadístico

- **Paquete estadístico:** Se usaron del programa SPSS en su 28 versión y R Studio versión 4.4.2.

### - Estadística descriptiva

Primero se determinó la normalidad de la distribución de los datos, mediante aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, en donde al obtener un  $p < 0.05$ , indicó que dicha variable cuantitativa seguía una distribución no normal y necesitó estadística no paramétrica para su análisis.

Para las variables cuantitativas, se realizó su descripción por mediana y rango intercuartil ( $p_{25} - p_{75}$ ). Las variables cualitativas se muestran en frecuencias y porcentajes.

### - Estadística inferencial:

Se crearon tablas de doble entrada, en el cual se compararon los puntajes de *score* IMPACT central, extendido y de laboratorio, mediante U de Mann-Whitney. Se determinó la curva ROC, del cual se extrajo el punto de corte con la mejor sensibilidad y especificidad para la mortalidad en cada modelo IMPACT.

Las variables intervinientes fueron analizadas según grupos de mortalidad o sobrevivida por medio de Chi-cuadrado para las variables dicotómicas y test de criterios de independencias si la variable es politómica. Calculando además el riesgo relativo, indicando riesgo si se obtiene un valor mayor a la unidad.

Todas las variables significativas ( $p < 0.05$ ) se ingresaron a un modelo lineal generalizado (MLG), de distribución de Poisson y función de logarítmica de enlace obteniendo el RR ajustado.

Finalmente, con las variables significativas del MLG se creó un modelo predictivo, del cual se obtuvo el área bajo la curva, siendo significativo si el  $p < 0.05$ .

## **2.8.Aspectos éticos**

Este estudio contó con la aprobación del comité de ética e investigación de la Universidad Privada Antenor Orrego y del HRDT. Para su ejecución se consideró las bases éticas establecidas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (29) y Código de Ética del Colegio Médico del Perú (30) y en la Declaración de Helsinki (31), en lo referente al uso responsable de la información personal y el respeto por la privacidad de los pacientes involucrados en una investigación, para lo cual cada paciente fue registrado en base a una codificación según el número de su historia clínica y guardando toda la información en una base de datos en donde sólo el investigador principal tuvo acceso, destinándose sólo para fines netamente científicos. El consentimiento informado a los pacientes no será considerado debido que para la recolección de la información sólo se hará uso de los datos consignados en las historias clínicas.

### III. RESULTADOS

Se recolectó la información de 260 pacientes entre los años previstos, divididos en 41 fallecidos y 219 sobrevivientes. Se aplicó el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en donde se obtuvo  $p < 0.05$ , para todas las variables cuantitativas por lo que siguieron una distribución no normal. En primer lugar, se muestra que las medianas de los puntajes de las diferentes dimensiones del IMPACT score son significativamente mayores en el grupo de culminó en mortalidad ( $p < 0.001$ ) (Tabla 1).

Al realizar la comparación de las curvas ROC de cada modelo IMPACT (figura 1), se aprecia que es el modelo laboratorio el que presenta mayor AUC con un punto de corte de 11.5, con el cual se obtiene una sensibilidad del 85%, especificidad del 70% y valores predictivos positivos del 35% y negativo del 96% (Tabla 2).

Se observa que no existe diferencia significativa entre las edades de ambos grupos, siendo la mediana de la edad en los fallecidos de 48 años y en los no fallecidos de 39.5 años ( $p = 0.361$ ), tampoco se evidenció diferencia significativa al momento de analizar por grupos etarios ( $p = 0.166$ ). En cuanto al sexo, fue más predominante el masculino con 80.5% en los fallecidos y 81.3% en los vivos, tampoco mostrando significancia estadística ( $p = 0.905$ ). El trauma asociado más fracturas fue más prevalente en los pacientes fallecidos (31.7%), de la misma forma, fue más prevalente las fracturas asociadas en los fallecidos (41.5%), mientras que, en el grupo de vivos, la mayoría no presentaron traumas asociados (59.8%), siendo esta diferencia entre los grupos significativa ( $p < 0.001$ ). El mecanismo del trauma también presentó asociación significativa ( $p < 0.001$ ), donde el accidente de tránsito fue más frecuente en los fallecidos que en los vivos (78% frente a 16%) (Tabla 3).

En cuanto a los factores clínicos, la ECG presentó una mediana menor en los fallecidos ( $p < 0.001$ ), así mismo, se observó mayor cantidad de casos de TCE severos en los fallecidos que en los vivos (70.7% versus 34.7%,  $p < 0.001$ ). El 80.5% de los fallecidos necesitaron de ventilación mecánica, superando al 55.3% de necesidad en los vivos ( $p = 0.004$ ), aunque el tiempo de ventilación no presentó diferencias significativas ( $p = 0.130$ ). El uso de vasopresores se asoció a la mortalidad (RRc: 6.25;  $p < 0.001$ ), pero no la cirugía de emergencia (RRc: 1.15;  $p = 0.708$ ). En cuanto a lo factores laboratoriales, en los fallecidos se evidenció una

cantidad significativa de mayor nivel de sodio sérico, glucosa y menor valor de presión arterial sistólica y hemoglobina ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4).

Al realizar el análisis multivariado, se observa que las puntuaciones elevadas en el score IMPACT incrementan el riesgo de muerte por TCE severo en 1.182 veces (RRa: 1.182;  $p < 0.001$ ), al igual que el sodio sérico (RR: 1.019, IC95%: 1.001-1.037,  $p = 0.037$ ) y la glucosa (RR: 1.001, IC95%: 1.001-1.008,  $p = 0.007$ ). También fueron factores de riesgo el presentar traumas asociados combinado con fracturas asociadas al TCE (RR: 3.297, IC95%: 1.405-7.740,  $p = 0.006$ ) así como el accidente de tránsito como mecanismo del trauma (RR: 7.224, IC95%: 2.136-24.42,  $p = 0.001$ ) (Tabla 5).

Finalmente, las variables significativas en el análisis inicial formaron un modelo predictivo que resultó ser significativo presentando un área bajo la curva de 0.881 ( $p < 0.001$ ) para mortalidad por TCE (Gráfico 2).

**Tabla 1:** Comparación de las dimensiones del IMPACT score entre pacientes fallecidos y no fallecidos por TCE.

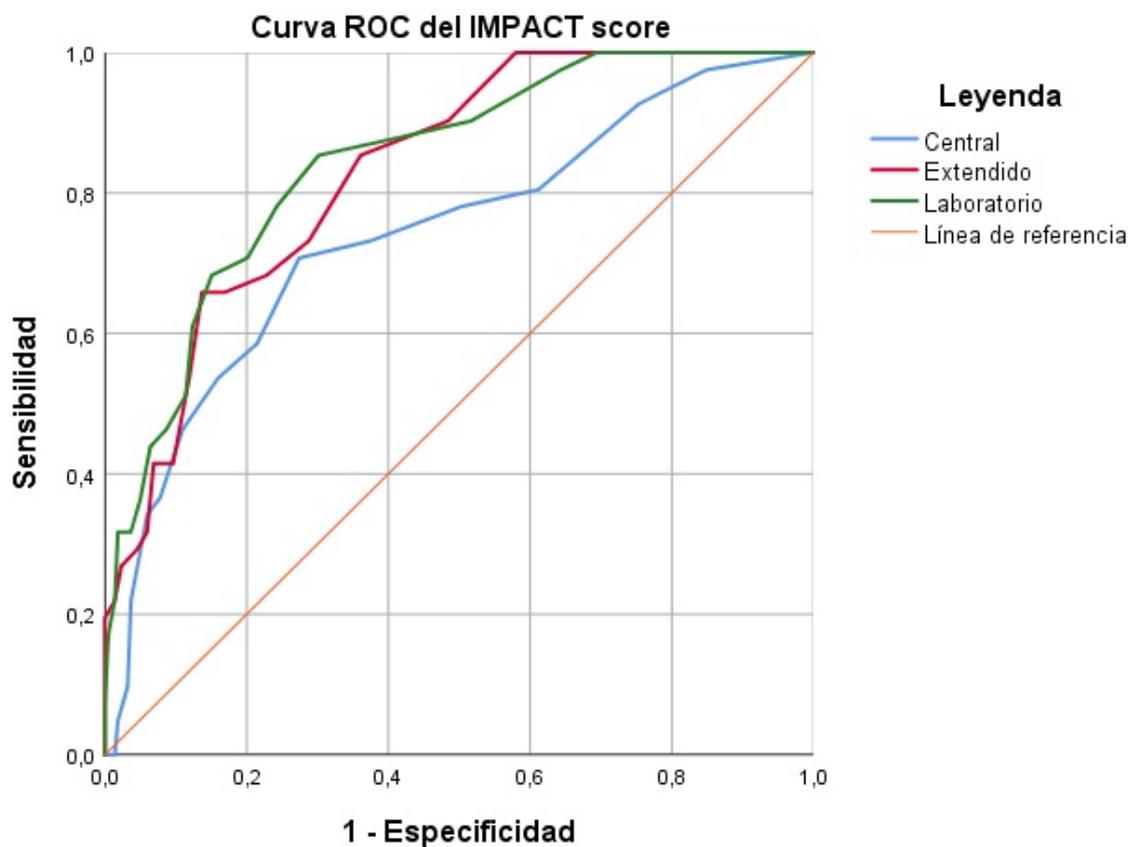
	Mortalidad		Valor p
	Si 41 (%)	No 219 (%)	
<b>IMPACT score</b>			
Central	8 [4 – 11]	4 [2 – 7]	<0.001*
Extendido	11 [6 – 16]	5 [3 – 9]	<0.001*
Laboratorio	14 [10 – 19]	8 [6 – 11.3]	<0.001*

Score en mediana [P<sub>25</sub> – P<sub>75</sub>].

\*U de Mann-Whitney.

**Fuente:** historias clínicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos en el Hospital Regional Docente de Trujillo, 2018-2023.

**Grafico 1:** Curvas ROC de los modelos IMPACT.



**Tabla 2.** Evaluación predictiva del IMPACT score en la mortalidad del TCE.

IMPACT	Punto de corte	AUC	p	Se	Es	VPP	VPN
Central	5.5	0.741	<0.001	71%	73%	33%	93%
Extendido	9.5	0.832	<0.001	66%	86%	47%	93%
Laboratorio	11.5	0.844	<0.001	85%	70%	35%	96%

**Se:** sensibilidad, **Es:** especificidad, **VPP:** valor predictivo positivo, **VPN:** valor predictivo negativo.

**Fuente:** historias clínicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos en el Hospital Regional Docente de Trujillo, 2018-2023.

**Tabla 3:** Análisis de los factores epidemiológicos asociados para mortalidad por TCE.

	Mortalidad		RR (IC95%)	Valor p
	Si 41 (%)	No 219 (%)		
<b>Edad (años)</b>	48 [28 – 69]	39.5 [28 – 54]	--	0.361*
18-39 años	16 (39%)	98 (44.7%)		
40-60 años	10 (24.4%)	71 (32.4%)	--	0.166**
>60 años	15 (36.6%)	50 (22.8%)		
<b>Sexo</b>				
Masculino	33 (80.5%)	178 (81.3%)	0.96 (0.41-2.21)	0.905
Femenino	8 (19.5%)	41 (18.7%)		
<b>Traumas asociados</b>				
Asociados + fracturas	13 (31.7%)	9 (4.1%)		
Fracturas	17 (41.5%)	60 (27.4%)	--	<0.001**
Asociado	3 (7.3%)	19 (8.7%)		
Ninguno	8 (19.5%)	131 (59.8%)		
<b>Mecanismo del TCE</b>				
Accidente de tránsito	32 (78%)	35 (16%)		
Contusión	4 (9.8%)	43 (19.6%)	--	<0.001**
Caída de nivel	5 (12.2%)	141 (64.4%)		

Edad en mediana [P<sub>25</sub>-P<sub>75</sub>].

\*U de Mann-Whitney. \*\*Test de Chi-cuadrado de independiente.

**Fuente:** historias clínicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos en el Hospital Regional Docente de Trujillo, 2018-2023.

**Tabla 4:** Análisis de los factores clínicos asociados para mortalidad por TCE.

	Mortalidad		RR (IC95%)	Valor p
	Si 41 (%)	No 219 (%)		
<b>ECG (puntos)</b>	7 [6 – 9]	9 [6.8 – 11]	--	<b>&lt;0.001*</b>
<b>Severidad del TCE</b>				
Severo	29 (70.7%)	76 (34.7%)	3.57 (1.91-6.67)	<b>&lt;0.001</b>
Moderado	12 (29.3%)	143 (65.3%)		
<b>Necesidad de VM</b>				
Si	33 (80.5%)	121 (55.3%)	2.84 (1.37-5.9)	<b>0.004</b>
No	8 (19.5%)	98 (44.7%)		
<b>Tiempo VM (días)</b>	7.5 [5 – 15]	6 [5 – 8]	--	0.130*
<b>Uso de vasopresores</b>				
Si	25 (61%)	27 (12.3%)	6.25 (3.61-10.8)	<b>&lt;0.001</b>
No	16 (39%)	192 (87.7%)		
<b>Cirugía de emergencia</b>				
Si	17 (41.5%)	84 (38.4%)	1.15 (0.63-1.97)	0.708
No	24 (58.5%)	135 (61.6%)		
<b>Sodio (mEq/L)</b>	144 [137 – 150]	140 [136 – 146]	No aplica	<b>0.002*</b>
<b>PAS (mmHg)</b>	100 [90 – 120]	110 [94 – 130]	No aplica	<b>0.027*</b>
<b>Glucosa (mg/dl)</b>	164 [128 – 182]	126 [104 – 148]	No aplica	<b>&lt;0.001*</b>
<b>Hemoglobina (g/dl)</b>	11.3 [9.3 – 13.3]	12.2 [10 – 13.5]	No aplica	<b>0.025*</b>
<b>Potasio (mEq/L)</b>	3.6 [3.3 – 3.9]	3.6 [3.3 – 4]	No aplica	0.205*

Sodio, escala de coma de Glasgow (ECG), presión arterial sistólica (PAS), glucosa, hemoglobina, potasio sérico y tiempo de ventilación mecánica (VM) se expresan en Mediana [P<sub>25</sub>-P<sub>75</sub>].

\*U de Mann-Whitney.

**Fuente:** historias clínicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos en el Hospital Regional Docente de Trujillo, 2018-2023.

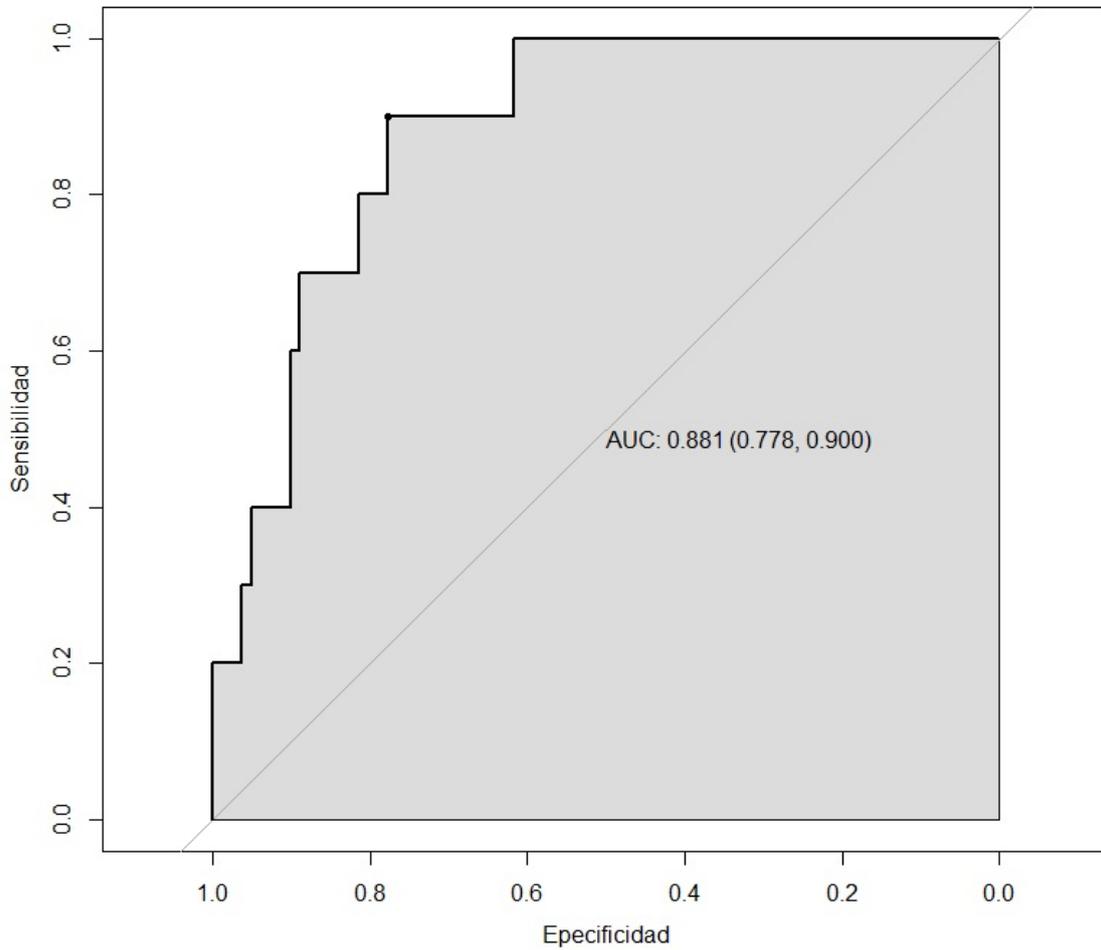
**Tabla 5.** Análisis multivariado de los factores asociados para mortalidad por TCE.

	<b>RR ajustado</b>	<b>IC 95%</b>	<b>Valor p</b>
<b>IMPACT score (puntos)</b>	1.182	1.144 – 1.221	<b>&lt;0.001</b>
<b>Traumas asociados (1)</b>	3.297	1.405 – 7.740	<b>0.006</b>
<b>Traumas asociados (2)</b>	1.833	0.890 – 3.774	0.100
<b>Traumas asociados (3)</b>	1.908	0.551 – 6.608	0.308
<b>Traumas asociados (4)</b>	0 (ref)	--	--
<b>Mecanismo del TCE (1)</b>	7.224	2.136 – 24.42	<b>0.001</b>
<b>Mecanismo del TCE (2)</b>	2.243	0.669 – 7.523	0.191
<b>Mecanismo del TCE (3)</b>	0 (ref)	--	--
<b>Severidad del TCE</b>	0.908	0.321 – 2.569	0.856
<b>Uso de vasopresores</b>	1.965	0.916 – 4.124	0.083
<b>Necesidad de VM</b>	0.940	0.376 – 2.349	0.894
<b>Sodio (mEq/L)</b>	1.019	1.001 – 1.037	<b>0.037</b>
<b>ECG (puntos)</b>	1.065	0.910 – 1.246	0.443
<b>PAS (mmHg)</b>	1.004	0.998 – 1.010	0.170
<b>Hemoglobina (g/dl)</b>	0.969	0.89 – 1.055	0.467
<b>Glucosa (mg/dl)</b>	1.004	1.001 – 1.008	<b>0.007</b>

**Riesgo Relativo ajustado (RRa):** incluyendo las variables IMPACT score, traumas asociados (1= T. asociado + fracturas, 2= Fracturas, 3=T. asociado, 4= Ninguno), mecanismo del TCE (1=accidente de tránsito, 2= Contusión, 3= caída de nivel), severidad del TCE (Si), uso de vasopresores (Si), necesidad de ventilación mecánica (Si), Sodio (mEq/L), escala de coma de Glasgow (puntos), Presión arterial sistólica (mmHg), Hemoglobina (g/dl) y Glucosa (mg/dl).

**Fuente:** historias clínicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos en el Hospital Regional Docente de Trujillo, 2018-2023.

**Grafico 2:** Curva ROC del modelo de predicción de los factores asociados para mortalidad en pacientes con TCE.



**AUC:** 0.881 (IC95%: 0.778-0.900);  $p < 0.001$ ), ajustado por presencia de traumatismo, mecanismo del TCE, IMPACT, sodio y glucosa.

**Fuente:** historias clínicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos en el Hospital Regional Docente de Trujillo, 2018-2023.

#### IV. DISCUSIÓN

El TCE es uno de los eventos traumáticos de mayor relevancia, siendo el de tipo severo el que cuenta con una de las tasas de mortalidad más elevadas de todos los tipos de traumas en general, además de conllevar una considerable causa de discapacidad, especialmente en la población adulta joven. Tras diversos estudios, se han determinado diferentes factores asociados a una mayor mortalidad por TCE, por lo que recientemente se han diseñado modelos pronósticos como el IMPACT, el cual evalúa el riesgo de resultados desfavorables como la mortalidad y discapacidad, contando con buenos resultados en cuanto a su capacidad predictiva (1,2). En tal sentido, se planteó el desarrollo de este estudio, el cual tuvo como objetivo analizar si el *score* IMPACT es útil en la predicción de mortalidad en pacientes con TCE severo.

Los puntos de corte determinados de los modelos IMPACT fueron de 5.5, 9.5 y 11.5 para el modelo básico, extendido y de laboratorio respectivamente. El modelo de laboratorio fue el que demostró mejores valores de sensibilidad y especificidad, siendo de 85 y 70% respectivamente, además de tener el AUC superior a los demás modelos, con un valor de 0.84, lo que significaba una exactitud diagnóstica del 84%. Resultados similares se pueden observar en el estudio por Rostami, et al, en el cual determinaron que el AUC para mortalidad en el modelo básico era del 0.85 y que al comparar con el modelo extendido, el AUC no aumentaba, sin embargo, al evaluar el modelo de laboratorio, este mostraba un valor correspondiente del 0.89, siendo el más alto de los 3 modelos (24).

En otro estudio llevado a cabo por Wongchareon, et al, el cual fue una cohorte retrospectiva con un total de 127 pacientes, observaron que los valores del AUC para la mortalidad en los modelos IMPACT básico, extendido y de laboratorio fueron del 0.683, 0.726 y 0.731 respectivamente, lo cual demostraba una mejora en la discriminación del desenlace conforme aumentaba la complejidad de cada modelo (27). Por otro lado, Moorthy et al, en estudio llevado a cabo con 104 pacientes, mencionan que el mejor valor de AUC para mortalidad correspondía al modelo básico, siendo de 0.976, además de contar con una sensibilidad y especificidad del 88.89 y 93.22% respectivamente, considerándose como el modelo predictor más efectivo para el pronóstico de mortalidad por TCE ( $p < 0.001$ ) (25).

La buena utilidad del *score* IMPACT, especialmente del modelo de laboratorio, en la valoración de la mortalidad por un TCE viene mayormente determinado por los parámetros que esta escala considera como es la edad, la puntuación motora y pupilar, el estado hemodinámico, la severidad de la lesión cerebral, y valores como la glucosa y la hemoglobina, todas estas variables contando con asociación independiente en el pronóstico de un TCE severo (23). Es importante resaltar que estas variables pueden verse relacionadas entre sí, puesto que a mayor severidad por un TCE, peor será el hallazgo de aspectos como el estado de consciencia del paciente así como la gravedad del daño cerebral, observándose lesiones como la HSA y el HE. Además, el TCE severo generalmente se produce por mecanismos de gran impacto, lo que condiciona la presencia de traumas asociados o de politraumatismos, comprometiendo el estado hemodinámico del paciente, traduciéndose en hallazgos como la hipotensión arterial y hemoglobina por hemorragias activas, la hiperglicemia por estrés y un estado de hipoxia (15).

En cuanto a variables como el sodio, se observó que la mediana de este electrolito en quienes fallecieron fue de 144 y de los sobrevivientes de 140, existiendo diferencias significativas y considerándose, especialmente los valores elevados, como un factor independiente asociado a la mortalidad (RRa: 1.019;  $p < 0.037$ ). Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Vásquez et al, cuyo estudio prospectivo incluyendo a 100 pacientes con TCE severo, observaron que la hipernatremia se asociaba de manera significativa con la mortalidad intrahospitalaria (ORa: 16.73,  $p = 0.010$ ) (32). En otro estudio, Roldán et al, en su cohorte retrospectiva llevada a cabo con 238 pacientes, determinaron que la hipernatremia incrementaba más del doble del riesgo en la mortalidad por TCE severo (HRa: 2.24,  $p < 0.04$ ) (33).

Los trastornos hidroelectrolíticos, son un problema frecuente en todo paciente crítico y en el contexto de un TCE severo, la variabilidad del sodio, especialmente el establecimiento de una hipernatremia, ha sido observada en hasta el 20% de pacientes con lesiones tipo HSA, además de estar relacionada con un mayor riesgo de mortalidad durante la estancia hospitalaria. El aumento en el riesgo de alteraciones en la natremia por un TCE severo se puede deber a la coexistencia de determinadas condiciones predisponentes como el desarrollo de diabetes insípida central con poliuria y aumento pérdidas insensibles. Además, estos pacientes

suelen recibir manitol o soluciones salinas hipertónicas, con el objetivo de reducir el edema cerebral y controlar la presión intracraneal. La hipernatremia sostenida, conllevará a un daño cerebral severo, sumado a situaciones como la desmielinización cerebral, el déficit neurológico consecuente y el aumento en la mortalidad del paciente (34).

En cuanto a variables relacionadas con el evento traumático, se observó que la presencia de traumas asociados y fracturas se asociaban de manera significativa con la mortalidad por TCE severo, significando el triple de riesgo para este desenlace (RRa: 3.297,  $p=0.006$ ). De igual manera, en lo referente al mecanismo del trauma, se determinó que el accidente automovilístico era el más frecuente en aquellos pacientes que fallecieron, estando relacionado significativamente con la mortalidad (RRa: 7.22,  $p=0.001$ ). Estudios como el de Tsai et al, muestran resultados similares con respecto a los traumas asociados, puesto que observaron que la presencia de fracturas, específicamente las de cráneo, aumentaban en 1.8 veces el riesgo de fallecer por un TCE (ORa: 1.8,  $p<0.001$ ), sin embargo no observaron diferencias significativas en el mecanismo del trauma (35).

En otro estudio por Paul et al, en una cohorte retrospectiva llevada a cabo en 4 508 pacientes con TCE moderado y severo, observaron que los pacientes con traumas asociados como la fractura femoral presentaban una mayor mortalidad intrahospitalaria ( $p=0.037$ ), asimismo, se observó que los pacientes con la fractura asociada tenían como principal mecanismo de lesión a los accidentes de tránsito ( $p<0.001$ ) (36). El TCE es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad asociadas con los accidentes de tránsito, donde las personas que se ven expuestas a estos eventos, suelen tener traumas asociados como los de tipo abdominal, torácico y fracturas importantes como las de cráneo, pelvis, fémur o de manera general un estado de politraumatismo, lo que agravará el estado del paciente a causa de posibles hemorragias activas, un mayor daño cerebral, daño multiorgánico y necesidad de múltiples cirugías, que en su conjunto conducirán a un aumento considerable de la mortalidad intrahospitalaria. Por tal motivo, el mecanismo de trauma y las lesiones asociadas son variables relacionadas entre sí y que además se asocian con el riesgo de mortalidad de todo paciente con TCE, especialmente el de tipo severo (18,37).

Otra variable a destacar fue la glicemia, cuyo mediana en el grupo de los que fallecieron fue de 164, mientras que en quienes sobrevivieron fue de 126, existiendo diferencias significativas y demostrando que esta variable, especialmente cuando se encuentra en valores elevados, se encuentra relacionada con el riesgo de mortalidad (RRa: 1.004,  $p=0.007$ ). Investigaciones como la de Demlie et al, respaldan los resultados de este estudio puesto que en su cohorte retrospectiva, observaron que la hiperglicemia era un predictor independiente para la mortalidad por TCE (HRa: 2.28,  $p=0.020$ ) (38). De igual manera, Tsai et al, observaron que los pacientes que presentaron hiperglicemia inducida por estrés tuvieron un riesgo significativamente superior de mortalidad por un TCE (OR: 3.25,  $p=0.039$ ) (39).

Se tiene conocimiento que durante eventos como el TCE severo, se producirá una alteración en el metabolismo de la glucosa, dándose lugar al cuadro denominado hiperglicemia por estrés, esto producto de una respuesta a la activación aguda del eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal y del sistema nervioso autónomo, lo cual inducirá a la producción de cantidades elevadas de catecolaminas, cortisol y glucagón, con lo cual se ve estimulada la glucogenólisis y el hipermetabolismo, todos estos mecanismos dando lugar a una producción excesiva de glucosa. Además, también se ha observado una resistencia transitoria a la insulina, potenciando aún más la homeostasis glicémica. Sin embargo, puesto que no todos los pacientes llegan a desarrollar una alteración glicémica tan exagerada posterior a un TCE, aún existen ciertas dudas sobre el papel exacto de la glicemia en este tipo de traumas (40).

Por último, al diseñar un modelo predictor en el cual se veía involucrado el modelo IMPACT con el mejor exactitud diagnóstica como fue el de laboratorio, sumado a las variables intervinientes que resultaron significativas en el análisis multivariado, se determinó que dicho modelo tenía un AUC de 0.88 ( $p<0.001$ ) lo que demostraba una adecuada capacidad para la valoración de la mortalidad por TCE severo. Si bien hasta el momento no se han registrados estudios en los cuales se evalúen la utilidad de modelos predictores basados en el *score* IMPACT, se observa una mejora con respecto a los valores AUC de los 3 modelos IMPACT analizados en este estudio. Esta mejora se ve determinada por la adición de variables como el sodio, el mecanismo de trauma y los traumas asociados, factores con una fuerte asociación de manera independiente con la mortalidad por TCE severo (37). De

igual manera con lo referente a la glicemia, esta ya se encuentra dentro de los parámetros a evaluar en el modelo laboratorio de IMPACT, dándose una puntuación mayor conforme aumenten los valores de glucosa, sin embargo al ser incluida como variable única potenciaría la asociación con la mortalidad por TCE severo (40).

Tras lo expuesto, en este estudio se pudo identificar que el score IMPACT era un predictor de mortalidad por TCE severo, además se variables como el sodio, la glicemia, el mecanismo y los traumas asociados. Sin embargo, es importante resaltar ciertas limitaciones que se pudieron identificar durante el desarrollo de este estudio. En primera instancia, a pesar de haberse escogido un diseño adecuado para la evaluación de la mortalidad como es la cohorte, al realizarse de manera retrospectiva la información a registrar dependió de lo consignado en las historias clínicas, las cuales en diversas ocasiones no fue posible identificar algunos ciertas variables dado el mal estado en la que se encontraban o la presencia de letra ilegible, teniéndose que excluir a estos pacientes.

Asimismo, puesto que la ECG es una valoración del estado de consciencia que implica la subjetividad del examinador, es posible que en ciertos pacientes la puntuación pueda no ser la más exacta y que pacientes con una puntuación cercana al tipo severo puedan pertenecer verdaderamente a esta última clasificación. Por último, en este estudio la mortalidad se consideró sólo hasta los 30 días de estancia hospitalaria, sin embargo, durante la recuperación extrahospitalaria de un paciente por TCE severo, existe el riesgo de complicaciones que conlleven al fallecimiento, lo que no pudo evaluado en esta investigación.

## V. CONCLUSIONES

- El score IMPACT tiene utilidad como predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo.
- El mejor punto de corte y valor de área bajo la curva del score IMPACT fue de 11.5 y 0.84 respectivamente, los cuales correspondieron al modelo laboratorio.
- Las puntuaciones del *score* IMPACT fueron significativamente superiores en los pacientes fallecidos en comparación con los sobrevivientes.
- El sodio, la glicemia, los traumas asociados y el mecanismo de trauma son factores asociados de manera independiente con la mortalidad en trauma craneoencefálico severo.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la realización de estudios con diseños prospectivos en el cual se pueda valorar de una mejor manera el desenlace final del paciente con trauma craneoencefálico mediante el registro correcto y adecuado de los parámetros del score IMPACT así como de las variables intervinientes.
- Se recomienda la valoración de la mortalidad y resultados desfavorables como la discapacidad más allá de la estancia hospitalaria, realizando un seguimiento del paciente tras el alta del mismo, evaluando la utilidad del score IMPACT hasta los 6 meses para lo cual fue diseñado.
- Se recomienda evaluar la utilidad del score IMPACT en la predicción de los resultados por un traumatismo craneoencefálico leve y moderado, pudiendo así usarse de manera eficiente en los 3 tipos de este evento traumático.
- Se recomienda la realización de estudios donde se evalúe la utilidad de modelos predictivos basados en el *score* IMPACT en la predicción de mortalidad por traumatismo craneoencefálico severo.
- Con los resultados obtenidos, se recomienda la continuidad de los estudios que evalúen la utilidad del *score* IMPACT tanto a nivel intra como extrahospitalario, pudiendo así ampliar la validez de esta herramienta a nivel nacional.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Charry J, Cáceres J, Salazar A, López L, Solano J. Trauma craneoencefálico. Revisión de la literatura. Rev Chil Neurocirug. 2017, 43: 177-182.
2. Capizzi A, Woo J, Verduzco M. Traumatic Brain Injury: An Overview of Epidemiology, Pathophysiology, and Medical Management. Med Clin North Am. 2020; 104(2):213-238.
3. Herrera M, Ariza H, Rodríguez C, Hernández A. Epidemiología del trauma craneoencefálico. Rev Cub Med Int Emerg. 2018; 17(2):3-6.
4. Ricardez L, González M, Dehesa E, Peraza F. Rotterdam vs. Marshall; Comparación de Predictores de Desenlace en Traumatismo Craneoencefálico Mediante Tomografía Computarizada. Rev Med UAS. 2021; 11(2)
5. Barrios J. Traumatismo craneoencefálico en la emergencia del Hospital Nacional Daniel A. Carrion - Callao. Tesis para optar el título de especialista en Medicina de Emergencia y Desastres. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2003. 49pp.
6. Bravo A, Herrera S, Álvarez W, Delgado W. Traumatismo Craneoencefálico: Importancia de su Prevención y Tratamiento. Recimundo. 2019; 3(2): 467-483
7. Shrestha A, Paudel N, Adhikari G, Shrestha S, Lamichhane S, Subedi S, et al. Traumatic Brain Injury among Patients Admitted in Neurosurgical Unit in a Tertiary Care Centre: A Descriptive Cross-sectional Study. JNMA J Nepal Med Assoc. 2023; 61(262):514-518
8. Flores J, Polo C, López J, Pascual R. Tratamiento quirúrgico del traumatismo encefalo craneano: resultados en una serie de 76 pacientes. Rev Perú Neurocir 2010; 5 (2): 5-10.
9. Martín I. Actualización en el diagnóstico y tratamiento del traumatismo craneoencefálico. NPunto. 2020; 3 (25). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8233803>.
10. Robinson CP. Moderate and Severe Traumatic Brain Injury. Continuum (Minneapolis Minn). 2021;27(5):1278-1300.
11. Basak D, Chatterjee S, Attergrim J, Sharma MR, Soni KD, Verma S, GerdinWärnberg M, Roy N. Glasgow coma scale compared to other trauma

- scores in discriminating in-hospital mortality of traumatic brain injury patients admitted to urban Indian hospitals: A multicentre prospective cohort study. *Injury*. 2023; 54(1):93-99.
12. O'Reilly C, Ullman J, Bratton S, Chesnut R, Harris O, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. *Neurosurgery*. 2020; 87(3):427-434.
  13. Abdelmalik PA, Draghic N, Ling GSF. Management of moderate and severe traumatic brain injury. *Transfusion*. 2019; 59(S2):1529-1538.
  14. Naumenko Y, Yuryshinets I, Zabenko Y, Pivneva T. Mild traumatic brain injury as a pathological process. *Heliyon*. 2023; 9(7):e18342.
  15. Hawryluk G, Citerio G, Hutchinson P, Koliass A, Meyfroidt G, Robba C, et al. Intracranial pressure: current perspectives on physiology and monitoring. *Intensive Care Med*. 2022; 48(10):1471-1481.
  16. Jha R, Kochanek P, Simard J. Pathophysiology and treatment of cerebral edema in traumatic brain injury. *Neuropharmacology*. 2019; 145:230-246.
  17. Khellaf A, Khan D, Helmy A. Recent advances in traumatic brain injury. *J Neurol*. 2019; 266(11):2878-2889.
  18. Gao G, Wu X, Feng J, Hui J, Mao Q, Lecky F, et al. China CENTER-TBI Registry Participants. Clinical characteristics and outcomes in patients with traumatic brain injury in China: a prospective, multicentre, longitudinal, observational study. *Lancet Neurol*. 2020; 19(8):670-677.
  19. Majdan M, Lingsma H, Nieboer D, Mauritz W, Rusnak M, Steyerberg EW. Performance of IMPACT, CRASH and Nijmegen models in predicting six month outcome of patients with severe or moderate TBI: an external validation study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2014; 22:68.
  20. Maas AI, Steyerberg E, Marmarou A, McHugh G, Lingsma H, Butcher I, Lu J, et al. IMPACT recommendations for improving the design and analysis of clinical trials in moderate to severe traumatic brain injury. *Neurotherapeutics*. 2010; 7(1):127-34.
  21. Zarei H, Vazirizadeh M, Adel H, Sarveazad A, Yousefifard M. Prognostic Value of CRASH and IMPACT Models for Predicting Mortality and Unfavorable Outcome in Traumatic Brain Injury; a Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Acad Emerg Med*. 2023; 11(1):e27.

22. Vieira R, Silveira J, Paiva W, de Oliveira D, de Souza C, Santana E, et al. Prognostic Models in Severe Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurocrit Care*. 2022; 37(3):790-805.
23. Dijkland S, Foks K, Polinder S, Dippel D, Maas A, Lingsma H, et al. Prognosis in moderate and severe traumatic brain injury: a systematic review of contemporary models and validation studies. *J Neurotrauma*. 2020; 37:1–13.
24. Rostami E, Gustafsson D, Hånell A, Howells T, Lenell S, Lewén A, et al. Prognosis in moderate-severe traumatic brain injury in a Swedish cohort and external validation of the IMPACT models. *Acta Neurochir (Wien)*. 2022; 164(3):615-624.
25. Moorthy D, Rajesh K, Priya S, Abhinov T, Devendra K. Prediction of Outcome Based on Trauma and Injury Severity Score, IMPACT and CRASH Prognostic Models in Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury in the Elderly. *Asian J Neurosurg*. 2021; 16(3):500-506.
26. Charry J, Tejada J, Pinzon M, Tejada W, Ochoa J, Falla M, et al. Predicted Unfavorable Neurologic Outcome Is Overestimated by the Marshall Computed Tomography Score, Corticosteroid Randomization After Significant Head Injury (CRASH), and International Mission for Prognosis and Analysis of Clinical Trials in Traumatic Brain Injury (IMPACT) Models in Patients with Severe Traumatic Brain Injury Managed with Early Decompressive Craniectomy. *World Neurosurg*. 2017; 101:554-558.
27. Wongchareon K, Thompson H, Mitchell P, Barber J, Temkin N. IMPACT and CRASH prognostic models for traumatic brain injury: external validation in a South-American cohort. *Inj Prev*. 2020; 26(6):546-554.
28. Camarano JG, Ratliff HT, Korst GS, Hrushka JM, Jupiter DC. Predicting in-hospital mortality after traumatic brain injury: External validation of CRASH-basic and IMPACT-core in the national trauma data bank. *Injury*. 2021;52(2):147-153
29. Organización Panamericana de la Salud y Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médica. Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos. 4th ed. Ginebra: Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS); 2016.
30. Código de Ética y Deontología Del Colegio Médico del Perú; 2023.

31. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 2017.
32. Vásquez G, Segura N, Cuadra M, Arbayza Y, Quispe C, F J et al. Hipernatremia Como Factor Pronóstico De Mortalidad En Trauma Encefalocraneano Severo. *Rev Ecuat Neurol.* 2022; 31 (2): 52-58.
33. Vásquez G, Roldan N, Roldan M, Alva D, Quispe C, Meregildo D, et al. Índice neutrófilo linfocito como factor asociado a la mortalidad en los pacientes con trauma craneoencefálico grave. *Med Clín Prác.* 2023; 7 (1): 1-5.
34. Maggiore U, Picetti E, Antonucci E, Parenti E, Regolisti G, Mergoni M, Vezzani A, Cabassi A, Fiaccadori E. The relation between the incidence of hypernatremia and mortality in patients with severe traumatic brain injury. *Crit Care.* 2009;13(4):110.
35. Tsai Y, Rau C, Huang J, Chang Y, Chia K, Hsieh T, et al. The Association between Skull Bone Fractures and the Mortality Outcomes of Patients with Traumatic Brain Injury. *Emerg Med Int.* 2022; 2022:129.
36. Paul M, Mieden H, Lefering R, Kupczyk E, Jordan M, Gilbert F, et al. Impact of a Femoral Fracture on Outcome after Traumatic Brain Injury-A Matched-Pair Analysis of the TraumaRegister DGU®. *J Clin Med.* 2023 May 31; 12(11):3802.
37. Brazinova A, Rehorcikova V, Taylor MS, Buckova V, Majdan M, Psota M, et al. Epidemiology of Traumatic Brain Injury in Europe: A Living Systematic Review. *J Neurotrauma.* 2021; 38(10):1411-1440.
38. Demlie TA, Alemu MT, Messelu MA, Wagnew F, Mekonen EG. Incidence and predictors of mortality among traumatic brain injury patients admitted to Amhara region Comprehensive Specialized Hospitals, northwest Ethiopia, 2022. *BMC Emerg Med.* 2023 May 24;23(1):55.
39. Tsai Y, Wu S, Hsieh T, Liu H, Huang C, Chou S, et al. Association of Stress-Induced Hyperglycemia and Diabetic Hyperglycemia with Mortality in Patients with Traumatic Brain Injury: Analysis of a Propensity Score-Matched Population. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(12):4266.
40. Quintana L, Padilla H, Ramos Y. *et al.* Lesión traumática cerebral y metabolismo de la glucosa: una revisión del alcance. *Egipto J Neurosurg.* 2023; 38 (62).

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### “Utilidad del score IMPACT como predictor de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo”

Fecha: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Nº Historia clínica: \_\_\_\_\_

Nº de ficha: \_\_\_\_\_

#### **Variable independiente:**

- Puntuación en modelo IMPACT central: \_\_\_\_\_

- Puntuación en modelo IMPACT extendido: \_\_\_\_\_

-Puntuación en modelo IMPACT de laboratorio: \_\_\_\_\_

#### **Variable dependiente:**

Mortalidad: Falleció ( ) Sobrevivió ( )

#### **Variables intervinientes:**

-Edad: 18-39 años ( ) 40-60 años ( ) Mayor de 60 años ( )

-Sexo: \_\_\_\_\_

-Sodio sérico al ingreso: \_\_\_\_\_

-Potasio sérico al ingreso: \_\_\_\_\_

-Trauma asociado: T. cerrado más fracturas ( ) Fracturas ( ) T. cerrado ( ) Ninguno ( )

-Mecanismo de trauma:

Accidente automovilístico ( ) Golpe contuso ( ) Caída de nivel ( )

- ECG: \_\_\_\_\_

- Severidad del TCE: Severo ( ) Moderado ( )

- Presión sistólica al ingreso: \_\_\_\_\_

- Necesidad de vasopresores: Si ( ) No ( )

- Intervención quirúrgica de emergencia: Si ( ) No ( )

- Hemoglobina: \_\_\_\_\_

- Glicemia: \_\_\_\_\_

-Ventilación mecánica: Si ( ) No ( ) Tiempo en días: \_\_\_\_\_

**ANEXO 2: Sistema de puntuación de la Misión Internacional para el  
Pronóstico y Ensayos Clínicos en Lesiones Cerebrales Traumáticas  
(IMPACT)**

<b>Parámetro</b>	<b>Característica</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Edad</b>	<30	0
	30-39	1
	40-49	2
	50-59	3
	60-69	4
	>70	5
<b>Puntuación Motora</b>	Ninguno / Extensión	6
	Flexión anormal	4
	Flexión normal	2
	Localiza / Obedece	0
	No comprobable / Faltante	3
<b>Reactividad pupilar</b>	Ambas pupilas reactivas	0
	Una pupila reactiva	2
	Ninguna pupila reactiva	4
<b>Hipoxia</b>	Si/ Sospecha	2
	No	0
<b>Hipotensión</b>	Si / Sospecha	2
	No	0
<b>Tipo de lesión cerebral según la clasificación de Marshal</b>	Lesión difusa tipo 1	-2
	Lesión difusa tipo 2	0
	Lesión difusa tipo 3 y 4	2
	Lesión difusa tipo 5 y 6	2

<b>HSA traumática</b>	Si	2
	No	0
<b>Hematoma epidural</b>	Si	-2
	No	0
<b>Glucosa (Mmol/dl)</b>	<6	0
	6-8.9	1
	9-11.9	2
	12-14.9	3
	>15	4
<b>Hemoglobina (mg/dl)</b>	<9	3
	9-11.9	2
	12-.14.9	1
	>15	0

- **Modelo central:** Suma de la edad, puntuación motora y reactividad pupilar
- **Modelo extendido:** Suma del modelo central más hipoxia, hipotensión, tipo de lesión cerebral, HSA traumática y hematoma epidural
- **Modelo de laboratorio:** Suma del modelo central y extendido más la glucosa y hemoglobina.