



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA



HOSPITAL GENERAL PACHUCA

TRABAJO TERMINAL

**“REANIMACIÓN HÍDRICA GUIADA POR MEDICIÓN DE DIÁMETRO DE VENA
CAVA CONTRA CONVENCIONAL EN EL PACIENTE CON CETOACIDOSIS
DIABÉTICA EN EL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL GENERAL DE
PACHUCA ENTRE 2022 Y 2023”**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN
MEDICINA DE URGENCIAS**

**QUE PRESENTA EL MÉDICO CIRUJANO
LUIS ENRIQUE HERNÁNDEZ CRUZ**

**M.C. ESP. OMAR AZUARA ANTONIO
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS
DIRECTOR DEL TRABAJO TERMINAL**

**DRA. EN C. JEANNETT ALEJANDRA IZQUIERDO VEGA
DOCTORA EN CIENCIAS
CODIRECTORA DEL TRABAJO TERMINAL**

PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, OCTUBRE 2025

DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO INTERNO DE LA COORDINACIÓN DE POSGRADO DEL ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA, AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO TERMINAL TITULADO:

“REANIMACIÓN HÍDRICA GUIADA POR MEDICIÓN DE DIÁMETRO DE VENA CAVA CONTRA CONVENCIONAL EN EL PACIENTE CON CETOACIDOSIS DIABÉTICA EN EL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL GENERAL DE PACHUCA ENTRE 2022 Y 2023”

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS QUE SUSTENTA EL MÉDICO CIRUJANO:

LUIS ENRIQUE HERNÁNDEZ CRUZ

PACHUCA DE SOTO HIDALGO, OCTUBRE DEL 2025

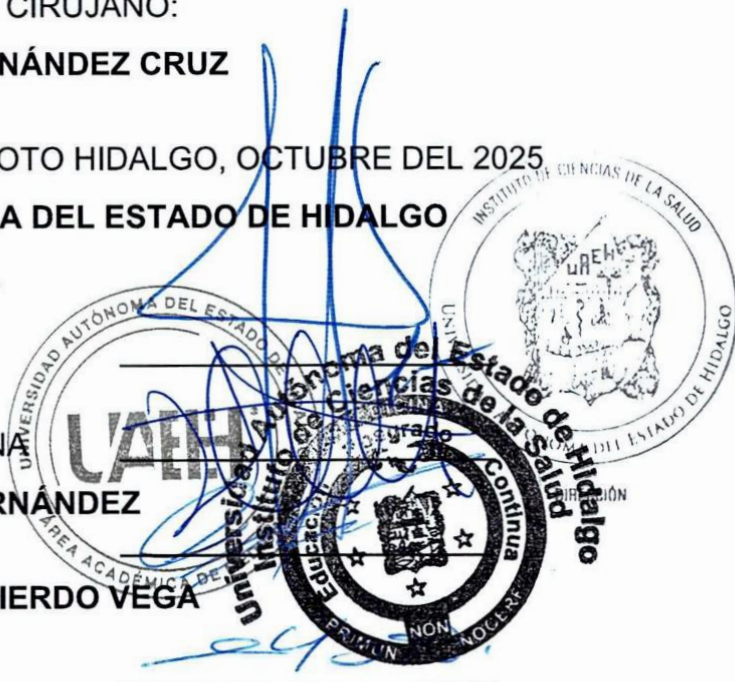
POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

M. C. JOSÉ ANTONIO HERNÁNDEZ VERA
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

M. C. ESP. ARTURO SALAZAR CAMPOS
JEFE DEL ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA

DR. EN C. OSVALDO ERIK SÁNCHEZ HERNÁNDEZ
COORDINADOR DE POSGRADO

DRA EN C. JEANNETT ALEJANDRA IZQUIERDO VEGA
CODIRECTORA METODOLÓGICA DEL TRABAJO TERMINAL



POR EL HOSPITAL GENERAL DE PACHUCA

M.C. ESP. ANTONIO VÁZQUEZ NEGRETE
DIRECTOR DEL HOSPITAL GENERAL PACHUCA

M.C. ESP. ANTONIA GONZÁLEZ RUIZ
SUBDIRECTORA DE ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL HOSPITAL GENERAL PACHUCA

M. C. ESP. LEONORA PEREA GARCÍA
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA DE URGENCIAS

M. C. ESP. OMAR AZUARA ANTONIO
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS
DIRECTOR DEL TRABAJO TERMINAL





Gobierno de
México



IMSS BIENESTAR
SERVICIOS PÚBLICOS DE SALUD



HOSPITAL GENERAL PACHUCA
SUBDIRECCIÓN DE ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN

Pachuca de Soto, Hidalgo, a 14 de enero de 2026.

Of. N°: HGP-SECI- 0225 -2026

**Asunto: Autorización de impresión
de proyecto**

M.C. ESP. ARTURO SALAZAR CAMPOS
JEFE DEL ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA (ICSa)
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
PRESENTE

En seguimiento al oficio No. HGP/I-1924/2025 de fecha 15 de octubre del 2025, (anexo al presente copia simple) donde el comité de Ética en Investigación y el comité de Investigación; autoriza la impresión del trabajo terminal del **M.C. Luis Enrique Hernández Cruz** médico residente egresado de la especialidad en Medicina de Urgencias, correspondiente al ciclo académico 1° de marzo 2024 a 28 de febrero 2025, cuyo título es **"Reanimación hídrica guiada por medición de diámetro de vena cava contra convencional en el paciente con cetoacidosis diabética en el servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca entre 2022 y 2023"**.

Sin más por el momento, me despido de usted enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. ANTONIO VÁZQUEZ NEGRETE
DIRECTOR DEL HOSPITAL GENERAL PACHUCA

M.C. ESP. LEONORA PEREA GARCÍA
PROFESOR TITULAR DE LA ESPECIALIDAD DE
MEDICINA DE URGENCIAS

M.C. ESP. OMAR AZUARA ANTONIO
DIRECTOR DE TESIS

DRA. EN C. JEANNETT ALEJANDRA IZQUIERDO
VEGA
CODIRECTOR DE TESIS

Elaboró:
L.T.F. Laura Angélica Cortes
Apoyo Administrativo
Subdirección de Enseñanza

Revisó:
Dr. Jorge Abraham Vázquez Hernández
Coordinador de Enseñanza

Autorizó:
Dra. Antonia González Ruiz
Subdirectora de Enseñanza, Capacitación
e Investigación

Carretera Pachuca Tulancingo, Núm. 101, Col., Ciudad de los Niños, Pachuca de Soto, Hgo., C. P. 42070, Teléfono: 771 71 3 46 49
(Ext. 151), Correo Electrónico: dir.hpachuca.jbh@outlook.com.



2026
año de
Margarita
Maza

Índice general

Índice de figuras	1
Índice de tablas	2
Abreviaturas	3
Resumen	4
Abstract	5
Marco teórico	6
Justificación	14
Planteamiento del problema	15
Pregunta de investigación	16
Hipótesis	16
Objetivos	17
Metodología	18
Diseño del estudio	18
Selección de la población	18
Criterios de inclusión	18
Criterios de exclusión	18
Criterios de eliminación	18
Marco muestral	19
Tamaño de la muestra	19
Muestreo	19
Definición operacional de variables	20
Instrumento de recolección	25
Aspectos éticos	28
Análisis estadístico	28
Resultados	30
Discusión	41
Conclusiones	42
Bibliografía	44
Anexo	48

Índice de figuras

Contenido	Página
Figura 1. Sexo de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	30
Figura 2. Edad de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	31
Figura 3. Escolaridad de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	32
Figura 4. Ocupación de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	33
Figura 5. Comorbilidades de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	34
Figura 6. Estado mental de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	36
Figura 7. Tipo de tratamiento y tipo de respuesta a líquidos por medición ultrasonográfica de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	37

Índice de tablas

Contenido	Página
Tabla 1. Variables incluidas en el estudio	20
Tabla 2. Parámetros bioquímicos de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	35
Tabla 3. Resultados de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	39
Tabla 4. Resultados de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023	40

Abreviaturas

CAD / DKA: Cetoacidosis diabética

dL. Decilitro

DM: Diabetes mellitus

ENSANUT: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

H: Hora

IC 95% / CI 95%: Intervalo de confianza del 95%

L: Litro

mEq: Miliequivalentes

Mg: Miligramos

ml: Mililitros

MODY: Diabetes juvenil de inicio en la madurez

ROC: Característica Operadora del Receptor

RM / OR: Razón de momios

Resumen

Antecedentes: La cetoacidosis diabética (CAD) es una emergencia médica que presenta una alta morbilidad y mortalidad, y que es resultado de una descompensación de diabetes mellitus (DM). El manejo con cristaloideos para restablecer el volumen circulante es fundamental en CAD; sin embargo, su uso indiscriminado puede derivar en un aumento de mortalidad y en persistencia del estado de CAD, así como en dificultades para la evaluación del tratamiento. El estudio ecográfico del diámetro de la vena cava se ha usado para estudiar el manejo del paciente con déficit de volumen intravascular; sin embargo, existe poca evidencia sobre su uso en el monitoreo de reanimación en CAD.

Objetivo: Comparar los resultados clínicos de la reanimación hídrica guiada por medición de colapsabilidad de vena cava inferior contra terapia convencional en pacientes con CAD en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022-2023.

Material y métodos: Se llevó a cabo un estudio de tipo transversal, analítico y retrospectivo con pacientes con CAD sometidos a reanimación inicial con líquidos. Se tomaron en cuenta grupos de pacientes en quienes no se llevó a cabo medición de distensibilidad de vena cava por ultrasonido y aquellos en los que sí se realizó, se compararon parámetros de mortalidad, manejo y evolución de los pacientes.

Resultados: Mortalidad de 10% en grupo de terapia guiada vs 8% en grupo de terapia empírica, razón de momios (RM) de 1.24 (intervalo de confianza del 95%; (IC 95%) de 0.3584-4.3263), $p = 0.7299$ para mortalidad con terapia guiada. Diferencia de -724 mL en uso de cristaloideos con terapia guiada con IC 95% 264.08 – 1183.91, t de student 4.22, $p < 0.0001$. Diferencia de -4.58 horas para resolución de CAD con terapia guiada, con IC 95% 2.48 – 6.67), t de student 9.11, $p < 0.0001$.

Conclusiones: Se demostraron diferencias a favor de la reanimación hídrica guiada por colapsabilidad de la vena cava inferior por ultrasonido en cuanto a menor uso de cristaloideos y menor tiempo hasta la resolución del cuadro, si bien no hubo diferencias

estadísticamente significativas en cuanto a mortalidad de los pacientes, es necesario continuar la investigación en este campo para establecerla como estándar de manejo.

Palabras clave: Diabetes mellitus, cetoacidosis diabética, ultrasonido, vena cava inferior.

Abstract

Background: Diabetic ketoacidosis (DKA) is a medical emergency with high morbidity and mortality resulting from decompensated diabetes mellitus (DM). Crystalloid therapy to restore circulating volume is essential in DKA; however, its indiscriminate use can lead to increased mortality and persistent DKA, as well as difficulties in assessing treatment. Ultrasound examination of vena cava diameter has been used to assess the management of patients with intravascular volume depletion; however, there is little evidence regarding its use in resuscitation monitoring in DKA.

Objective: To compare the clinical outcomes of fluid resuscitation guided by inferior vena cava collapsibility measurement versus conventional therapy in patients with CAD at the Hospital General de Pachuca during the period between 2022 and 2023.

Material and methods: A cross-sectional, analytical, and retrospective study was conducted with patients with CAD undergoing initial fluid resuscitation. Groups of patients in whom ultrasound measurement of vena cava compliance was not performed and those in whom it was performed were considered. Mortality, management, and patient outcomes were compared.

Results: Mortality was 10% in the guided therapy group vs. 8% in the empirical therapy group; odds ratio (OR) was 1.24 (95% confidence interval; 95% CI: 0.3584–4.3263); $p = 0.7299$ for mortality with guided therapy. Difference of -724 ml in crystalloid use with guided therapy, with a 95% CI of 264.08–1183.91, Student's t test 4.22, $p < 0.0001$. Difference of -4.58 hours for DKA resolution with guided therapy, with a 95% CI of 2.48–6.67, Student's t test 9.11, $p < 0.0001$.

Conclusions: Differences in favor of fluid resuscitation guided by ultrasound-guided inferior vena cava collapsibility were demonstrated in terms of lower crystalloid use and shorter time to resolution. Although there were no statistically significant differences in

patient mortality, further research is needed in this field to establish it as a management standard.

Keywords: Diabetes mellitus, diabetic ketoacidosis, ultrasound.

Marco teórico

La diabetes mellitus es un trastorno metabólico crónico heterogéneo con una patogénesis compleja. Se caracteriza por hiperglucemia, que resulta de anomalías en la secreción de insulina o en la acción de la insulina o en ambas. La hiperglucemia se manifiesta de diversas formas con una presentación variada, y da como resultado disfunciones metabólicas de carbohidratos, grasas y proteínas. La hiperglucemia a largo plazo a menudo conduce a diversas complicaciones diabéticas microvasculares y macrovasculares, que son las principales responsables de la morbilidad y mortalidad asociadas a la diabetes¹. La DM tiene varias categorías, las cuales incluyen tipo 1, tipo 2, diabetes juvenil de inicio en la madurez (MODY), diabetes gestacional, diabetes neonatal y causas secundarias por endocrinopatías y uso de esteroides, entre otras. Los principales subtipos de DM son la diabetes tipo 1 y 2 las cuales resultan de alteraciones de la secreción o la función de la insulina, respectivamente².

La CAD es una complicación aguda de la DM descompensada que está asociada a una alta morbilidad y mortalidad³. La CAD ocurre con mayor frecuencia en pacientes con diabetes tipo 1, aunque también puede ocurrir en pacientes con diabetes tipo 2. En ambas poblaciones, el estrés catabólico de enfermedades o lesiones agudas como traumatismos, cirugías o infecciones puede ser un desencadenante. Los factores precipitantes comunes de la CAD son el incumplimiento del tratamiento, la diabetes de nueva aparición y otras enfermedades médicas agudas⁴. Los cambios fisiopatológicos que ocurren en un paciente diabético con cetoacidosis se deben a una deficiencia absoluta o relativa de insulina con un aumento de hormonas que ponen al cuerpo en un estado catabólico y causan resistencia a la insulina, causando hiperglucemia, hipercetonemia, hiperosmolaridad y desequilibrios electrolíticos⁵.

La DM tipo 1 es la enfermedad autoinmune crónica más común en pacientes jóvenes diagnosticada principalmente en niños y adolescentes y se caracteriza por la pérdida de

células β pancreáticas; como resultado, el cuerpo se vuelve deficiente en insulina e hiperglucémico⁶. Las causas de estas respuestas autoinmunes aún se desconocen y comúnmente se las denomina “factores ambientales” que contribuyen al desarrollo de la enfermedad⁶.

La diuresis inducida por hiperglucemia, deshidratación, hiperosmolaridad y desequilibrio electrolítico produce una disminución de la filtración glomerular. Debido al empeoramiento de la función renal, la hiperglucemia/hiperosmolaridad empeora⁴. La deficiencia grave de insulina y el aumento de los niveles de hormonas contrarreguladoras (glucagón, catecolaminas, cortisol y hormona del crecimiento), aumentan la hiperglucemia, diuresis osmótica y producción de cuerpos cetónicos (acetoacetato, 3-beta-hidroxibutirato y acetona)⁷. Esto da como resultado acidosis metabólica con aumento de la brecha aniónica. La cetoacidosis diabética es una emergencia médica que requiere de manejo intrahospitalario. Los pilares del tratamiento incluyen la restauración del volumen circulatorio, corrección de anormalidades de electrolitos, el tratamiento de la hiperglucemia y el diagnóstico y tratamiento de la causa precipitante³. Los criterios comúnmente aceptados para la cetoacidosis diabética son glucemia superior a 250 mg/dl, pH arterial inferior a 7,3, bicarbonato sérico inferior a 15 mEq/L y presencia de cetonemia o cetonuria⁴.

Dado que los pacientes con CAD experimentan una pérdida de líquido de aproximadamente 6 a 9 L, el objetivo de la reanimación con líquidos apunta a reponer ese volumen dentro de las 24 a 36 h con 50% del líquido de reanimación administrado en las primeras 8 a 12 h de la presentación⁸.

Existe un acuerdo universal en que la intervención terapéutica inicial más importante en la cetoacidosis es la reposición adecuada de líquidos seguida de la administración de insulina. Los principales objetivos de la reposición de líquidos son los siguientes: restauración del volumen circulatorio, aclaramiento de cetonas y corrección del desequilibrio hidroelectrolítico⁹. La respuesta a la terapia con fluidos es uno de los parámetros más fiables para la toma de decisiones en el ámbito del manejo del paciente crítico, por ello se han evaluado muchos parámetros, tales como la presión venosa central, la variación de la presión del pulso y la variación del volumen sistólico, aunque

el carácter invasivo de estos métodos, dado que implican la colocación de un acceso venoso central o catéter arterial y la complejidad de estos han limitado su uso¹⁰. Los cambios en el volumen intravascular se ven reflejados en cambios de distensibilidad de vasos de capacitancia. En este sentido, la vena cava inferior es un vaso cuyo tamaño varía de acuerdo con cambios de volumen de líquidos, así como de presión intratorácica. El diámetro de la vena cava inferior por ende, refleja el estatus del volumen intravascular del paciente, y puede evaluarse mediante un equipo de ultrasonido sin necesidad de métodos invasivos^{10, 11, 12, 28}. Los cambios de diámetro de vena cava inferior se estudian mediante parámetros como el índice de colapsabilidad de la misma, el cual es igual a la diferencia entre el diámetro máximo en la insuflación y el diámetro mínimo en la espiración. Este parámetro sirve como predictor de la respuesta a volumen¹².

Existen complicaciones a nivel cardiovascular en estados de cetoacidosis, estas debidas a alteraciones hidroelectrolíticas y de la secreción de catecolaminas. Existe el riesgo de desarrollo de edema pulmonar en pacientes con cetoacidosis como resultado de los procesos fisiopatológicos mencionados, y se ha establecido asimismo que existe un vínculo entre los síndromes coronarios agudos y la cetoacidosis en el que ambos funcionan como factores de riesgo para agravamiento del cuadro¹³.

El desequilibrio hidroelectrolítico que resulta de la CAD, normalmente expresado en forma de hipokalemia, hipomagnasemia e hipofosfatemia, pueden resultar en complicaciones como arritmias, incluyendo taquicardia y fibrilación ventriculares e incluso paro cardiaco, así como hipoventilación y alteraciones pulmonares añadidas. El aumento de la secreción de catecolaminas también presenta un reto para el sistema cardiovascular, el cual establece una respuesta de incremento del cronotropismo e inotropismo, sin embargo, conforme empeora el cuadro, se establece una depleción de iones hidrógeno que provoca depresión de la función cardiaca y puede devenir en choque y depresión de volumen circulante¹³.

En pacientes con choque cardiogénico, se ha identificado que el diagnóstico concomitante de CAD aumenta la mortalidad, así como la frecuencia de infarto agudo de miocardio en estos pacientes, derrame pericárdico, falla respiratoria, hemorragia intracraneal, evento vascular cerebral isquémico, lesión renal aguda y sepsis¹⁴.

A nivel del corazón, se ha determinado que los estados de hiperglucemia sostenida, especialmente cuando se acompañan de acidosis y desequilibrio hidroelectrolítico, pueden inducir toxicidad cardíaca mediante la reducción de flujo vascular al miocardio y disfunciones autonómicas, lo cual puede explicar la elevada frecuencia de arritmias en este grupo de pacientes, que en ocasiones pueden reflejarse en cambios electrocardiográficos identificados como pseudoinfartos o fenocopias de Brugada¹⁵.

Actualmente, las guías de la Asociación Americana de Diabetes recomiendan el uso inicial de solución salina al 0.9% en forma de bolos en dosis de 15 a 20 mL/kg para reanimación hemodinámica, seguidos de 250-500 mL/h de líquido hasta que la glucosa se normalice (generalmente más rápido que la resolución de CAD) y luego 150-250 mL/h hasta la resolución de CAD¹⁶.

En la mayoría de los casos, la hiperglucemia se corrige más rápidamente que la cetoacidosis (6 y 12 h, respectivamente), por lo que se recomienda que, una vez que se detecte un nivel de glucosa menor a 250 mg/dL, se inicien soluciones con dextrosa para permitir la acción de la insulina sin provocar hipoglucemia⁸.

En el Hospital General de Pachuca se ha llevado a cabo la medición de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido para pacientes con déficit intravascular; sin embargo, existe relativamente poca evidencia sobre el uso de este método para la valoración de la reanimación en los pacientes con CAD.

Los pacientes que tienen depleción de volumen intravascular tienen naturalmente como uno de los objetivos del tratamiento la optimización y restauración del mismo, las cuales pueden tener como efecto inmediato un aumento del gasto cardíaco, así como perfusión y oxigenación tisular, en cambio, una reanimación insuficiente puede perpetuar el estado de choque y disfunción orgánica. Es importante resaltar que solo aproximadamente el 50% de los pacientes son respondedores a volumen, mientras que el resto puede desarrollar una sobrecarga de este al tratarse con reanimación hídrica por lo que la evaluación del volumen intravascular ayuda a identificar a los pacientes que se benefician de expansión de volumen o soporte inotrópico, entre otras terapias¹⁷.

La evaluación puramente clínica del volumen intravascular, e incluso con hallazgos radiográficos y de laboratorio, tiene una baja sensibilidad y especificidad, por lo que se han desarrollado otros métodos para la evaluación de la respuesta a líquidos¹⁷.

La medición de la variación del diámetro de la vena cava inferior por ultrasonido ha demostrado utilidad para predecir la respuesta a líquidos cuando se compara con análisis de onda de presión arterial, con los beneficios agregados de la posibilidad de repetir el estudio conforme se necesite de acuerdo con condiciones clínicas y la posibilidad de realizarse sin estudios dinámicos¹⁷.

La importancia que reviste la reanimación hídrica en los pacientes con CAD destaca la necesidad de desarrollar métodos de evaluación de respuesta hídrica en los pacientes con el fin de evitar la sobrecarga en pacientes que no responden a este tipo de terapéutica. Recientemente se han realizado estudios en los que se usa la evaluación de la reanimación hídrica por ultrasonido en el manejo de pacientes con emergencias hiperglucémicas, con resultados que sugieren que la planeación de la terapia hídrica asistida por ultrasonido puede reducir complicaciones en pacientes con CAD¹⁸.

ANTECEDENTES

Existen 537 millones de personas en el mundo que en la actualidad padecen de diabetes. Se estima que para 2045, el número a nivel global de afectados se aumentará a 700 millones de personas. Cada año se producen mundialmente al menos 4 millones de muertes por esta enfermedad¹⁹.

A pesar de que no existe información epidemiológica específica sobre diabetes tipo 1, se estima que hoy en día existen por lo menos 8.7 millones de personas con el diagnóstico de dicha enfermedad en el mundo, con una media de pérdida de años de vida sana de 32 años²⁰.

En el estudio realizado por Mobasseri y colaboradores de 2020, en el cual se examinaron 193 artículos entre 1990 y 2019, se encontró que la incidencia de DM tipo 1 a nivel global fue de 15 por 100 000 habitantes, mientras que la prevalencia de diabetes tipo 1 fue de 9,5 por 10 000 personas. La incidencia de diabetes tipo 1 en los subgrupos continentales de Asia, África, Europa y América fue de 15 por 100 000, 8 por 100 000, 15 por 100.000

y 20 por 100, respectivamente, además, la prevalencia global de los subtipos continentales de diabetes tipo 1 en las regiones mencionadas fue de 6,9 por 10 000, 3,5 por 10 000 y 12,2 por 10 000, respectivamente²¹.

La incidencia de CAD varía de 0 a 56 por 1000 personas-año de acuerdo con el área geográfica donde se lleven a cabo estudios epidemiológicos²². La incidencia es mayor entre los pacientes que usan insulina inyectable en comparación con las bombas de infusión de insulina subcutánea. La incidencia más baja se encontró en Nigeria (2,9 casos por 100.000), mientras que la tasa de incidencia más alta se encontró en Suecia y Finlandia, con 41,0 y 37,4 por 100.000 respectivamente²³.

En Estados Unidos, en 2017 según el estudio de Kamleshun publicado en 2020, se identificaron un total de 220,340 pacientes con un diagnóstico primario de CAD (61,6 casos de CAD por cada 10.000 ingresos)²⁰. La incidencia de CAD por cada 10.000 ingresos hospitalarios fue mayor en hombres que en mujeres 71,2 casos contra 54,1 respectivamente. La edad media de los pacientes fue de 38,4 años²⁴.

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2021, señala que 12 millones 400 mil personas padecen diabetes²⁵. Hay aproximadamente 89,800 personas con diagnóstico de diabetes tipo 1 en México²⁰.

En el periodo comprendido entre 2022 y 2023 se atendieron un total de 119 pacientes con CAD en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca.

La mortalidad por cetoacidosis diabética ha descendido desde el descubrimiento de la insulina en 1922 (mortalidad mayor al 90%) al 60% en 1923, 12% en 1945 y del 3 al 10% para 1974²⁶. En la actualidad, la mortalidad por cetoacidosis diabética en los países desarrollados es menor al 1%, aunque puede aumentar hasta el 2.6% en los pacientes ancianos²⁷.

Se ha estimado que la incidencia de CAD aumentó a una tasa anual del 6,3% en Estados Unidos, sobre todo en personas menores de 45 años, con un aumento significativo en la tasa de hospitalización entre 2008 y 2018 aunque la mortalidad mostró una tendencia a la baja²⁸.

La evaluación de la respuesta a terapia hídrica mediante métodos ultrasonográficos se ha llevado a cabo en ocasiones anteriores en una variedad de escenarios clínicos relacionados con pacientes con necesidad de reanimación hídrica. En un caso del estudio evidenciado por Corl y cols., (2017), en el que se llevó a cabo un ensayo observacional prospectivo de pacientes críticamente enfermos con respiración espontánea en el que se determinó la colapsabilidad de la vena cava inferior como predictor de respuesta a fluidos, encontrándose un área bajo la curva de 0.84 [0.76, 0.91], mientras que el punto de corte óptimo para la colapsabilidad de la vena cava inferior fue de 25%²⁹.

En otro estudio realizado por Dogan y cols., (2019), se evaluó el seguimiento de la fluidoterapia mediante ultrasonido con el diámetro de la vena cava inferior y la relación entre el diámetro inferior de la vena cava y el diámetro de la aorta abdominal en pacientes que presentaron emergencias hiperglucémicas CAD, estado hiperosmolar no cetósico, hiperglucemia grave mediante la evaluación de 56 pacientes, encontrándose diferencias significativas en el diámetro de la vena cava inferior, sugiriendo que el monitoreo de la vena cava inferior puede reducir complicaciones durante el manejo relacionadas al sobreuso de terapia hídrica así como conducir a una mejora de la calidad de los servicios de emergencias¹⁸.

Asimismo, Chawang y cols., (2022) compararon diversos métodos de monitoreo de respuesta a fluidos en pacientes en estado de choque, incluyendo la colapsabilidad de la vena cava, colapsabilidad de vena yugular, así como presión venosa central con monitoreo invasivo. Con una muestra de 70 pacientes, se determinó que el coeficiente de correlación fue estadísticamente significativo entre el monitoreo invasivo de la presión venosa central y los índices de colapsabilidad tanto de vena cava como de vena yugular. La mayor correlación se observó con la colapsabilidad de la vena cava inferior³⁰.

La utilidad de la medición de variabilidad del diámetro de vena cava inferior por ultrasonido en términos de colapsabilidad y distensibilidad se ha corroborado para diversas alteraciones que producen hipovolemia o déficit intravascular, si bien la evidencia en torno a su uso en pacientes con cetoacidosis diabética es escasa. En el estudio de Si y colaboradores de 2018 se realizó un metaanálisis sobre el uso de ultrasonido para medir variaciones en el diámetro de la vena cava inferior en pacientes

con ventilación mecánica y ventilación espontánea, encontrándose que la variabilidad del diámetro de la vena cava por ultrasonido tiene una sensibilidad global del 75% y una especificidad del 82% para la predicción de la respuesta a volumen³¹.

En el trabajo de Cardozo y cols., publicado en 2023, se realizó una revisión sistemática y metaanálisis de la respuesta a fluidos medida por colapsabilidad de vena cava en pacientes con respiración espontánea en el que se tomaron en cuenta 497 pacientes de 8 estudios en los que se determinó que la sensibilidad para la predicción de respuesta a fluidos fue de 63% mientras que la especificidad fue de 83%³².

En el trabajo de Nagi y cols., publicado en 2021, se realizó un estudio observacional prospectivo en 58 pacientes tratados en la unidad de cuidados intensivos por cuadros de sepsis con el fin de determinar la habilidad de la medición de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido para predecir la respuesta a fluidos de pacientes con respiración espontánea, encontrándose que con un punto de corte de 0.32 en cuanto a colapsabilidad de vena cava inferior, se obtuvo una sensibilidad del 72.14% y una especificidad del 82.76% para la predicción de respuesta a fluidos con un área bajo la curva de 82.9%³³.

En el estudio de Yao y cols., publicado en 2019, se realizó un trabajo observacional prospectivo en 67 pacientes ingresados a la unidad de cuidados intensivos con el fin de determinar si el índice de distensibilidad de la vena cava inferior medido por ultrasonido podía predecir la respuesta a fluidos en estos pacientes, encontrándose que el índice de distensibilidad de la vena cava inferior tuvo una curva ROC para predecir respuesta a fluidos de 0.829 y que un índice de 1.43 fue predictor de respuesta a fluidos con una sensibilidad de 67.6% y una especificidad del 90%³⁴.

En el trabajo de Lujan y cols., se realizó un estudio observacional prospectivo en una unidad de cuidados intensivos con 15 pacientes con monitoreo hemodinámico avanzado con el objetivo de determinar la utilidad de la distensibilidad de la vena cava inferior (tomando como punto de corte variación del 18%) para predecir la respuesta a líquidos en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva y midiendo la respuesta a líquidos mediante métodos invasivos. Se determinó una sensibilidad del 90.9% para la predicción de respuesta a fluidos con el uso de distensibilidad de vena cava inferior³⁵.

Justificación

La diabetes mellitus representa un problema de salud pública a nivel global que afecta a millones de personas y cuyas complicaciones agudas provocan miles de muertes en el mundo cada año. El impacto de la DM y la CAD como una de sus principales complicaciones es muy significativo en términos tanto de morbilidad como de mortalidad, por lo que la búsqueda de mejores esquemas de tratamiento es de gran importancia para disminuir los daños a la población afectada. La reanimación de los pacientes con CAD en los servicios de urgencias es uno de los pilares de manejo de los individuos con esta patología, sin embargo, a pesar de su importancia, hasta el momento no existe uniformidad en el monitoreo de esta, en parte por la escasa evidencia científica sobre los métodos de estudio de la reanimación con cristaloides. La búsqueda de métodos validados que sirvan para el seguimiento y ajuste del manejo con reanimación en el ámbito específico del manejo de la CAD con líquidos es una prioridad para los médicos dedicados al tratamiento de esta, dado que se trata de la parte más importante del tratamiento.

El uso de la medición del diámetro de vena cava para monitorear la reanimación hídrica se ha utilizado en diferentes contextos clínicos en los que se encuentran pacientes con déficit intravascular, sin embargo, existe poca evidencia sobre su uso en pacientes con CAD. Es necesario realizar mayor investigación clínica relacionada para demostrar las posibles ventajas del monitoreo por ultrasonido.

Planteamiento del problema

La cetoacidosis diabética es una complicación metabólica potencialmente mortal de la diabetes mellitus³, que dentro de sus mecanismos fisiopatológicos incluye la depleción del volumen vascular y un estado de deshidratación, por lo que la reanimación con líquidos es una pauta fundamental para el manejo de esta⁸. El monitoreo de la reanimación hídrica necesita de valoraciones objetivas que permitan a los médicos de los servicios de urgencias la evaluación meticulosa del estado del paciente durante el manejo del cuadro de cetoacidosis diabética; sin embargo, hasta el momento no existe uniformidad sobre el método de elección para el monitoreo de la reanimación hídrica. Si bien se ha propuesto el uso de la medición de distensibilidad de vena cava inferior por ultrasonido en distintas situaciones clínicas^{10, 26, 27}, no se ha demostrado el beneficio del uso de esta en el manejo de líquidos de los pacientes con diagnóstico de CAD por lo que es necesario realizar investigación clínica en los pacientes con esta patología en la que se compare el uso de la reanimación guiada con el manejo sin monitoreo que habitualmente se lleva a cabo en los servicios de urgencias.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las diferencias en cuanto a resultados clínicos de la reanimación hídrica guiada por medición de la colapsabilidad de la vena cava inferior contra terapia convencional en el manejo del paciente con cetoacidosis diabética en el servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca entre 2022 y 2023?

Hipótesis

Hipótesis nula

La reanimación hídrica guiada por medición de colapsabilidad de vena cava inferior no muestra diferencias en cuanto a resultados clínicos respecto a terapia convencional en pacientes con CAD en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022 – 2023.

Hipótesis alterna

La reanimación hídrica guiada por medición de colapsabilidad de vena cava inferior muestra diferencias en cuanto a resultados clínicos respecto a terapia convencional en pacientes con CAD en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022 – 2023.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Comparar los resultados clínicos de la reanimación hídrica guiada por medición de colapsabilidad de vena cava inferior contra terapia convencional en pacientes con CAD en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022 – 2023.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir las características sociodemográficas y clínicas de la población con diagnóstico de CAD en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022 – 2023.
2. Analizar los resultados clínicos en términos de mortalidad, uso de cristaloides (en términos de cantidad de solución empleada en el manejo) y tiempo hasta la resolución del cuadro de CAD en 2 grupos de pacientes, uno tratado con terapia convencional y otro con terapia guiada mediante monitoreo de colapsabilidad de vena cava inferior en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022 – 2023.
3. Comparar los resultados clínicos en términos de mortalidad, uso de cristaloides (en términos de cantidad de solución empleada en el manejo) y tiempo hasta la resolución del cuadro de CAD en 2 grupos de pacientes, uno tratado con terapia convencional y otro con terapia guiada mediante monitoreo de colapsabilidad de vena cava inferior en el Hospital General de Pachuca durante el periodo correspondiente a 2022 – 2023.

Metodología

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio de tipo transversal, analítico y retrolectivo.

Selección de la población

Criterios de inclusión

1. Expedientes de pacientes ingresados al servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023.
2. Expedientes de pacientes mayores de 18 años.

Criterios de exclusión

1. Expedientes de pacientes que hayan contado con diagnóstico de enfermedades o condiciones subyacentes previas que impidan la realización de ultrasonido para la monitorización de colapsabilidad de vena cava inferior, tales como quemaduras, patología quirúrgica abdominal, hernias de pared abdominal anterior.
2. Expedientes de pacientes que, además del cuadro de CAD cuenten con patologías concomitantes que limiten la reanimación con líquidos con los esquemas habituales de tratamiento, tales como infarto agudo de miocardio, insuficiencia renal crónica o insuficiencia cardíaca.

Criterios de eliminación

1. Expedientes de pacientes que al momento de la revisión se encuentren incompletos y en quienes no sea posible obtener la información necesaria para el análisis estadístico.

Marco muestral

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se determinó con el uso de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2}$$

n	Número de casos
Z	Grado de confianza (1.96) el cual corresponde a un grado de confianza de 95%
p	Variabilidad positiva. En el estudio de Dogan y colaboradores de 2019 se encontró un aumento del diámetro de vena cava de 10mm en pacientes con CAD en quienes en el tratamiento incluyó medición de distensibilidad de vena cava por lo que se tomará en cuenta este número como variabilidad positiva (0.1).
q	Variabilidad negativa. Corresponde a 0.9
E	Error. Se tomará en cuenta un error de 6% por lo que corresponde a 0.06

$$n = \frac{1.96^2(0.1)(0.9)}{0.06^2}$$

$$n = \frac{0.3457}{0.0036}$$

$$n = 96$$

De acuerdo con la fórmula expuesta, se considera un tamaño de la muestra de 96 pacientes. Dado el número de pacientes que se trataron en el lugar y tiempo seleccionado, se decidió realizar un censo de estos con un total de 119 pacientes.

Muestreo

No se llevará a cabo muestreo dado que se tomará en cuenta a todo el universo de pacientes en forma de censo, correspondiente a 119 pacientes.

Definición operacional de variables

Las variables para desarrollar se detallan la siguiente tabla (1):

Tabla 1. Variables incluidas en el estudio

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Escala de medición	Fuente
Mortalidad. (dependiente)	Número bruto de muertes producidas en una población durante un tiempo dado.	Resultado clínico del paciente en cuanto a supervivencia o mortalidad tras el episodio de CAD y su manejo específico.	Cualitativa dicotómica 1. Defunción 2. Supervivencia	Expediente clínico.
Uso de soluciones. (dependiente)	Cantidad en mililitros de soluciones cristaloides que se administran a los pacientes con CAD.	Cantidad en mililitros de soluciones de cristaloides que se administran por vía intravenosa a los pacientes con CAD en el servicio de urgencias. .	Cuantitativa continua.	Expediente clínico.
Tiempo hasta la resolución de la CAD.}	Periodo de tiempo entre el diagnóstico de CAD y la	Tiempo en horas que transcurren desde el diagnóstico de CAD hasta la remisión de la misma.	Cuantitativa continua.	Expediente clínico.

(dependiente)	resolución del mismo			
Edad (independiente)	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo hasta un momento determinado	Años cumplidos referidos por el paciente al momento del interrogatorio.	Cuantitativa discreta; años.	Expediente clínico
Ocupación (independiente)	Situación que ubica a la persona de acuerdo con sus actividades	Actividad económica principal referida por el paciente al momento del interrogatorio.	Cualitativa nominal categórica 1: Desempleado 2: Jubilado 3: Estudiante 4: Obrero 5: Profesionista 6: Labores del hogar	Expediente clínico
Escolaridad (independiente)	Grado de estudios alcanzado por un individuo dentro de un sistema educativo determinado.	Último grado de estudios terminado y referido por paciente al momento del interrogatorio.	Cualitativa nominal categórica 1: Analfabeta	Expediente clínico

			2: Primaria 3: Secundaria 4: Bachillerato 5: Licenciatura 6: Posgrado	
Sexo (independiente)	Conjunto de condiciones biológicas de los seres humanos que los definen dentro de un género masculino o femenino.	Categoría de género que refieren los pacientes en el interrogatorio.	Cualitativa nominal categórica 1: masculino 2: femenina	Expediente clínico
pH arterial (independiente)	Nivel de potencial de hidrógeno en la sangre arterial que determina su acidez o alcalinidad	pH obtenido por gasometría arterial del paciente con CAD en el servicio de urgencias	Cuantitativa continua	Expediente clínico
Bicarbonato sérico (independiente)	Nivel de HCO_3^- medido en la sangre arterial y que funciona como un determinante del pH sérico	Nivel de HCO_3^- medido mediante gasometría arterial del paciente con CAD en el servicio de urgencias	Cuantitativa continua	Expediente clínico
Osmolaridad sérica efectiva (independiente)	Concentración de moléculas osmóticamente activas en el plasma	Osmolaridad obtenida del paciente mediante cálculo de esta a partir de niveles séricos de electrolitos, urea y glucosa.	Cuantitativa continua	Expediente clínico

Brecha aniónica (independiente)	Diferencia entre los electrolitos cationes y aniones plasmáticos.	Diferencia entre cationes y aniones séricos determinada mediante gasometría arterial en el paciente con CAD.	Cuantitativa discreta	Expediente clínico
Estado mental	Nivel de alerta que presenta el paciente con CAD mediante exploración neurológica	Determinación del nivel de alerta del paciente mediante exploración neurológica	Cualitativa nominal categórica 1: Alerta 2: Estuporoso 3. Comatoso	Expediente clínico
Enfermedades concomitantes (independiente)	Presencia de 2 o más enfermedades en un individuo al mismo tiempo	Diagnóstico de una o más enfermedades adicionales diferentes a DM y CAD.	Cualitativa nominal categórica 1: Ninguna 2: Hipertensión arterial 3: Obesidad 4: Dislipidemia 5: Otra	Expediente clínico
Diámetro máximo de la vena cava inferior en insuflación	Diámetro más amplio medido por ultrasonido de la vena cava inferior del paciente durante inspiración	Diámetro de la vena cava inferior obtenido en servicio de urgencias en el paciente con CAD durante inspiración.	Cuantitativa continua	Expediente clínico.

(independiente)				
Diámetro máximo de la vena cava inferior en espiración (independiente)	Diámetro más amplio medido por ultrasonido de la vena cava inferior del paciente durante espiración	Diámetro de la vena cava inferior obtenido en servicio de urgencias en el paciente con CAD durante espiración.	Cuantitativa continua	Expediente clínico.
Índice de colapsabilidad de vena cava inferior. (independiente)	Índice que resulta de la comparación del diámetro de la vena cava inferior en pacientes despiertos mediante medición por ultrasonido.	Diferencia entre el diámetro máximo en la insuflación y el diámetro mínimo en la espiración	Cuantitativa continua.	Expediente clínico.

Instrumento de recolección

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Número de caso:
2. Nombre del paciente (iniciales):
3. Variables:

Variable	Escala de medición	Resultado (escribir de acuerdo con tipo de variable)
Mortalidad. (dependiente)	Cualitativa dicotómica 1. Defunción 2. Supervivencia	
Uso de soluciones. (dependiente)	Cuantitativa continua.	
Tiempo hasta la resolución de la CAD.} (dependiente)	Cuantitativa continua.	
Edad (independiente)	Cuantitativa discreta; años.	
Ocupación (independiente)	Cualitativa nominal categórica 1: Desempleado 2: Jubilado	

	3: Estudiante 4: Obrero 5: Profesionista 6: Labores del hogar	
Escolaridad (independiente)	Cualitativa nominal categórica 1: Analfabeta 2: Primaria 3: Secundaria 4: Bachillerato 5: Licenciatura 6: Posgrado	
Sexo (independiente)	Cualitativa nominal categórica 1: masculino 2: femenina	
pH arterial (independiente)	Cuantitativa continua	
Bicarbonato sérico (independiente)	Cuantitativa continua	
Osmolaridad sérica efectiva (independiente)	Cuantitativa continua	
Brecha aniónica (independiente)	Cuantitativa discreta	
Estado mental	Cualitativa nominal categórica 1: Alerta 2: Estuporoso 3: Comatoso	
Enfermedades concomitantes (independiente)	Cualitativa nominal categórica 1: Ninguna 2:	

	Hipertensión arterial 3: Obesidad 4: Dislipidemia 5: Otra	
Diámetro máximo de la vena cava inferior en insuflación (independiente)	Cuantitativa continua	
Diámetro máximo de la vena cava inferior en espiración (independiente)	Cuantitativa continua	
Índice de colapsabilidad de vena cava inferior. (independiente)	Cuantitativa continua.	.

Aspectos éticos

La investigación en el área de la medicina debe estar ampliamente regulada para evitar casos en los que no se respete la integridad de los pacientes que participan en estudios clínicos. En México, existe el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, el cual es el documento que rige la investigación en medicina. Dicho documento establece en su artículo 17 la definición de riesgo en investigación, el cual es la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio.

Los estudios clínicos deben clasificarse de acuerdo con el riesgo que representen para los pacientes, en el caso de los estudios en los que se realiza investigación documental retrospectiva, se determina que los mismos entran dentro de la categoría de investigación sin riesgo, la cual corresponde al presente protocolo de acuerdo a la descripción del estudio.

Análisis estadístico

Análisis univariado

Se obtuvieron datos clínicos y sociodemográficos de los pacientes con CAD tratados en el servicio de urgencias del lugar y tiempo mencionados y se describieron las características de cada conjunto de datos de forma individual mediante medidas de tendencia central.

Análisis bivariado

Para la comparación de variables cuantitativas continuas entre los dos grupos de estudio (terapia convencional vs terapia guiada por ultrasonido), se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes, previa verificación de normalidad.

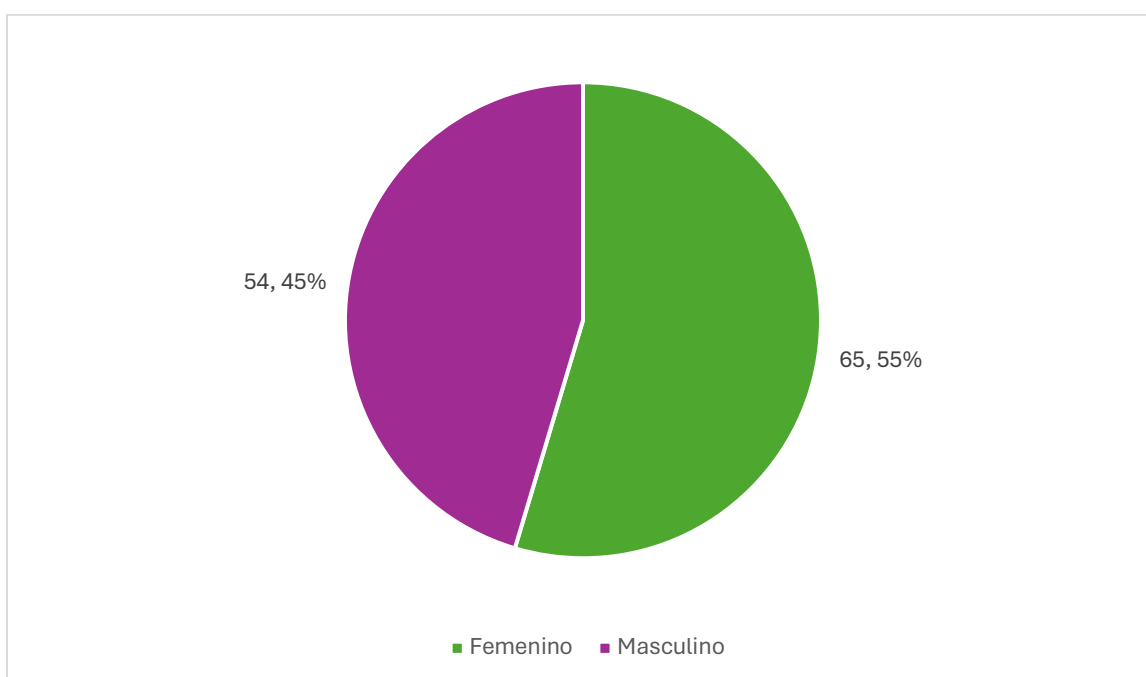
Para la comparación de la variable cualitativa dicotómica mortalidad entre ambos grupos, se construyó una tabla de contingencia 2×2, calculando la razón de momios (RM) con su respectivo intervalo de confianza al 95%, y se utilizó la prueba de chi cuadrada de Pearson (o prueba exacta de Fisher cuando fue necesario) para determinar significancia estadística.

Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Se tomaron en cuenta un total de 119 pacientes para la realización del estudio, de los cuales 65 casos correspondieron a pacientes femeninas (55% del total) y 54 casos a pacientes masculinos (45% del total). En la siguiente figura se muestra el sexo de los pacientes incluidos en el estudio.

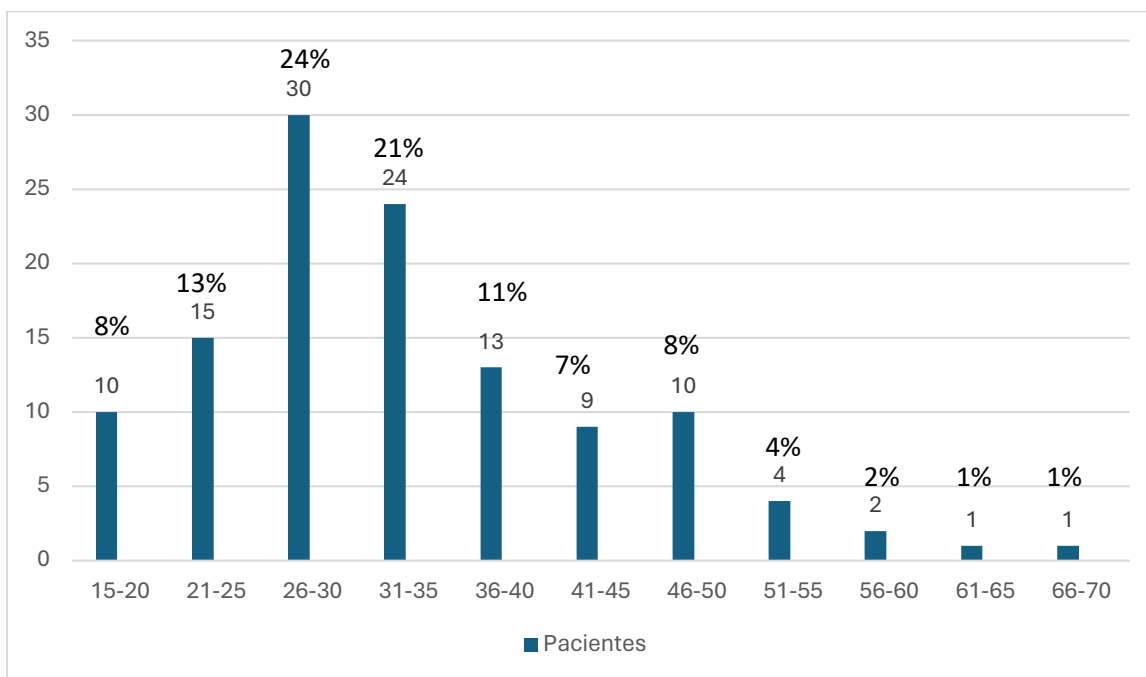
Figura 1. Sexo de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023



Fuente: Expedientes clínicos.

La edad de los pacientes tuvo un rango de entre 18 y 66 años, con una media de 33.5 años, mediana de 31 años y moda de 29 años. Distribuidos por quinquenios, se encontró que el grupo de edad más frecuente correspondió al de entre 26 y 30 años con 30 casos, correspondientes al 25% de los casos. En la siguiente figura se muestra la distribución de los pacientes por edad.

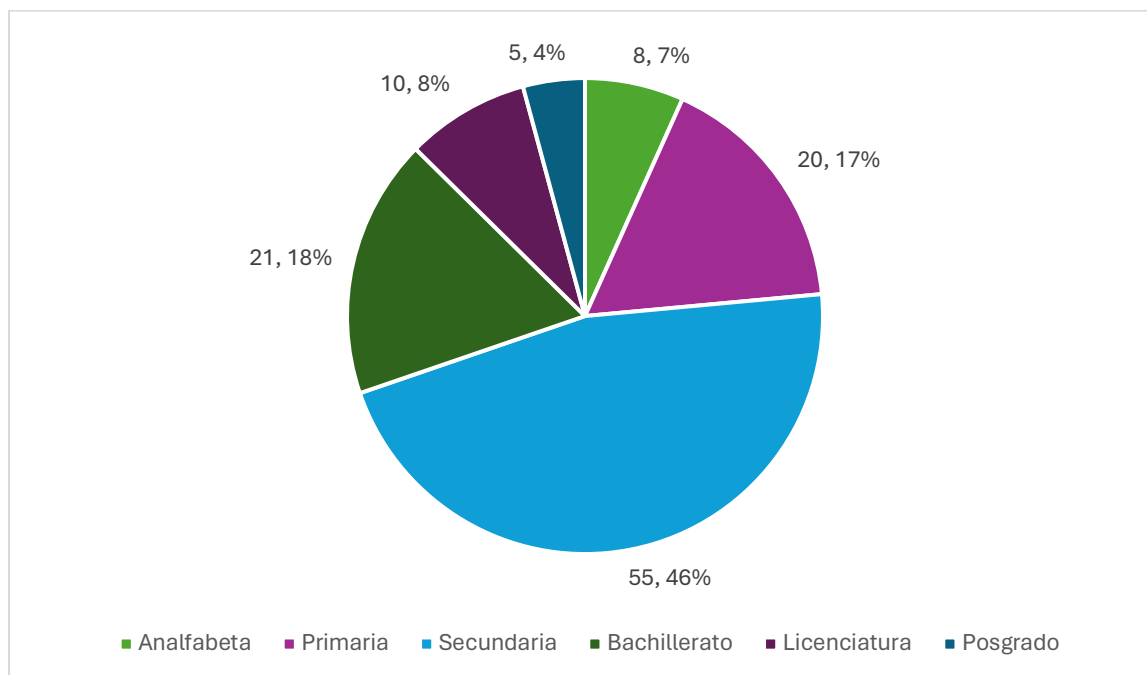
Figura 2. Edad de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023



Fuente: Expedientes clínicos.

La escolaridad de los pacientes incluidos en el estudio más frecuentemente reportada fue la secundaria con 55 pacientes, lo cual equivale al 46% del total de la muestra, seguido por bachillerato con 21 pacientes, equivalentes al 18% de la muestra. En la siguiente figura se muestra la escolaridad de los pacientes participantes.

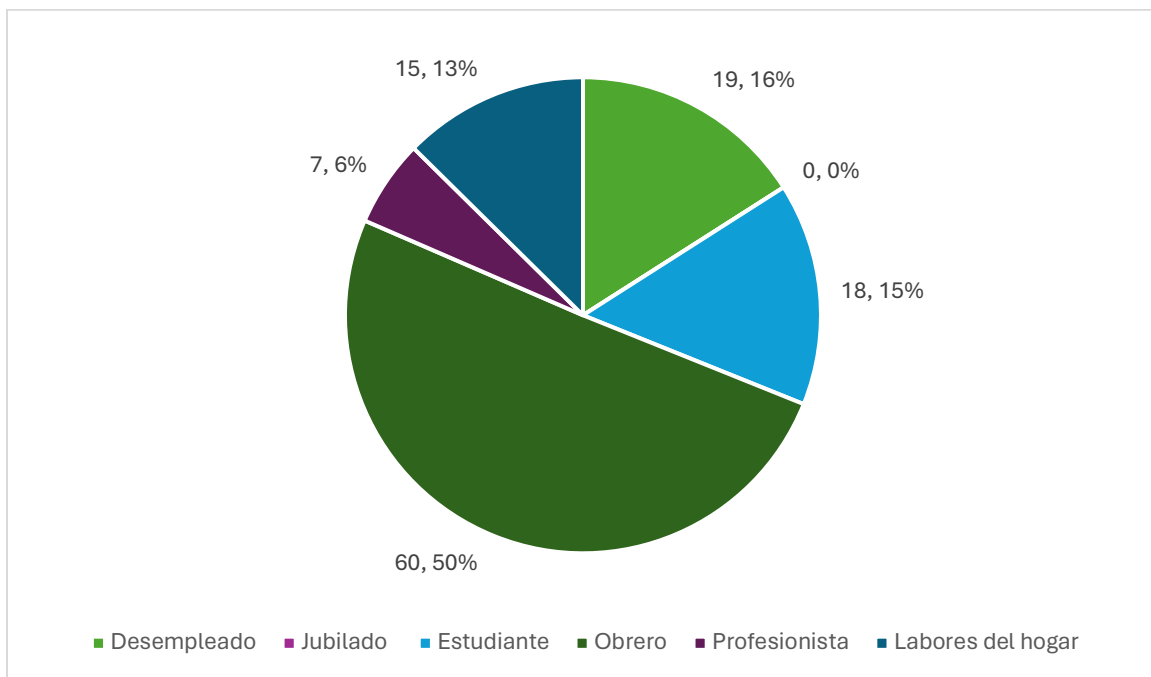
Figura 3. Escolaridad de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023



Fuente: Expedientes clínicos.

La ocupación más frecuentemente reportada en los pacientes del estudio fue la de obrero/a con un total de 60 pacientes, que corresponden al 50% del total de estos, seguida de pacientes que se reportaron como desempleados, con 19 casos correspondientes al 16% del total. En la siguiente figura se muestra la ocupación de los pacientes incluidos en el estudio.

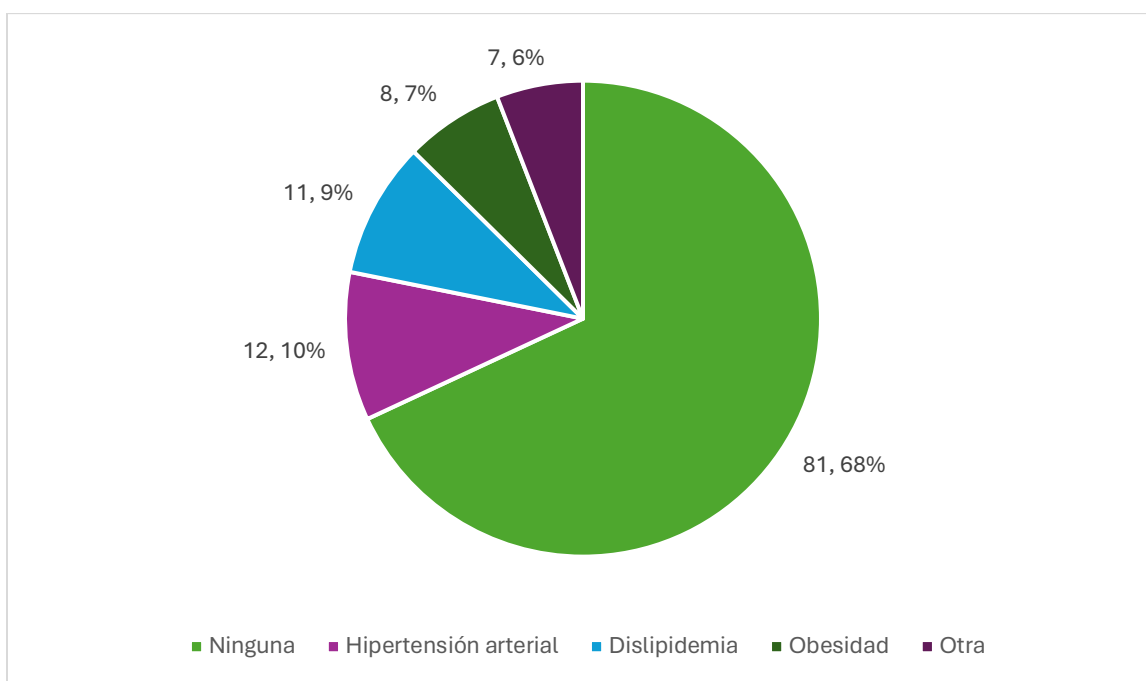
Figura 4. Ocupación de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023



Fuente: Expedientes clínicos.

En relación con las enfermedades concomitantes que presentaron los pacientes, la mayoría de estos no presentaron comorbilidades asociadas (81 pacientes, correspondientes al 68% del total), mientras que las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión arterial con 12 pacientes (10% del total), dislipidemia con 11 pacientes (9%) y obesidad con 8 pacientes (7%); mientras que 7 pacientes (6%) refirieron enfermedades adicionales, de las cuales se encontraron 3 casos de asma, 2 casos de depresión mayor, un caso de artritis reumatoide y un caso de hipotiroidismo.

Figura 5. Comorbilidades de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023.



Fuente: Expedientes clínicos.

Los pacientes con CAD presentaron un pH con un rango de entre 6.8 y 7.3, con una media de 7.18, mediana y moda de 7.2; en cuanto al bicarbonato sérico, se encontró un rango de entre 7 y 15mEq/L con una media de 12.39, mediana de 12.8 y moda de 14; la osmolaridad sérica efectiva de los pacientes tuvo un rango de entre 270 y 335mOsm/kg con una media de 291.98, mediana de 293 y moda de 295, mientras que en el caso del anion gap se encontró un rango de entre 11 y 29 con una media de 18.47, mediana de 18 y moda de 15. En la siguiente tabla (2) se muestran las medias de los parámetros bioquímicos de los pacientes con CAD incluidos en el estudio.

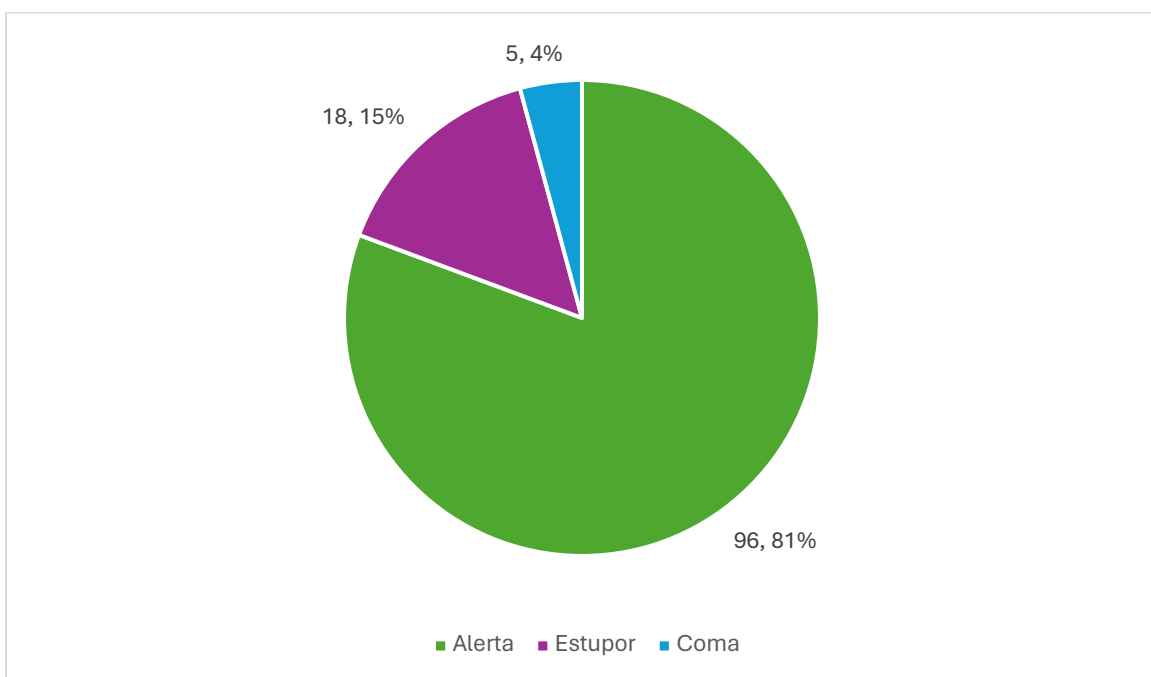
Tabla 2. Parámetros bioquímicos de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023

Parámetro	Media
pH	7.18
Bicarbonato sérico (mEq/L)	12.39
Osmolaridad sérica efectiva (mOsm/kg)	291.98
Anion gap	18.47

Fuente: Expedientes clínicos.

En cuanto al estado mental de los pacientes del estudio, se encontraron 96 pacientes alertas, lo cual representa el 81% del total, mientras que 18 pacientes se presentaron con estupor, lo que corresponde al 15% del total, y 5 pacientes se presentaron en estado comatoso, lo cual representa el 4% del total. En la siguiente figura se muestra el estado mental de los pacientes incluidos en el estudio.

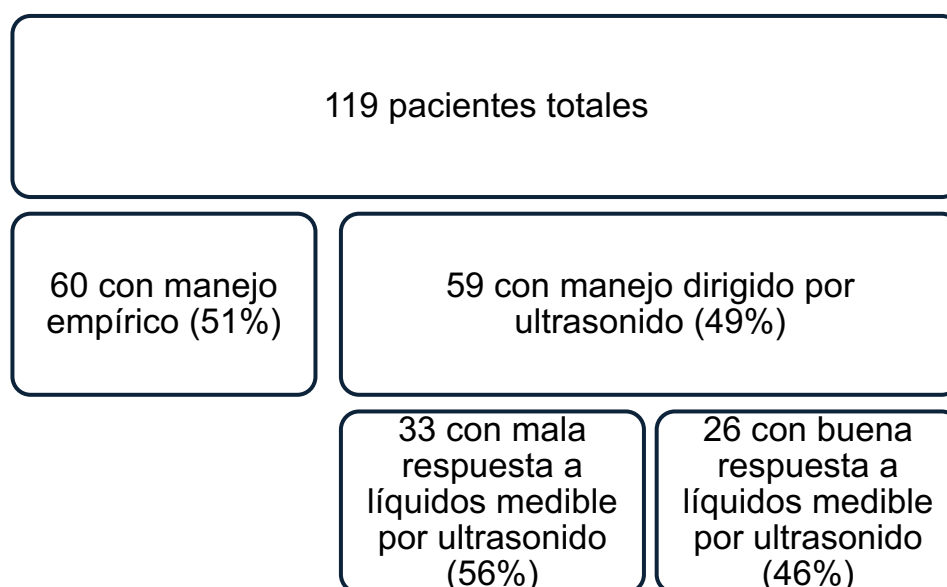
Figura 6. Estado mental de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023



Fuente: Expedientes clínicos.

La reanimación guiada por colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido se llevó a cabo en 59 pacientes, lo cual constituye el 49% del total de pacientes, mientras que en 60 pacientes (51% del total) se llevó a cabo terapia convencional para reanimación hídrica. En el grupo en el que se realizó medición de colapsabilidad de vena cava por ultrasonido, se encontró un rango de entre 7 y 39% de esta, con una media de 23.93%, mediana y moda de 25%. Tomando en cuenta un punto de corte de colapsabilidad mayor al 25% para detectar a los pacientes que responden a terapia hídrica con cristaloides²⁹; se encontraron 26 pacientes que mostraron respuesta, lo cual representa el 44% del total de pacientes en el grupo de monitorización de reanimación hídrica por colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido, mientras que 33 pacientes no alcanzaron este punto de corte, por lo que se les consideró con mala respuesta a líquidos y representaron el 56% de este grupo. En la siguiente figura se muestra la distribución de los pacientes de acuerdo con el tipo de tratamiento y respuesta a líquidos determinada por colapsabilidad de vena cava inferior.

Figura 7. Tipo de tratamiento y tipo de respuesta a líquidos por medición ultrasonográfica de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023



Fuente: Expedientes clínicos.

En cuanto a la mortalidad encontrada en el estudio, de los 119 pacientes incluidos en el estudio, 11 de ellos fallecieron derivado del cuadro de CAD, lo cual representa una mortalidad del 9%, mientras que 108 pacientes sobrevivieron hasta la resolución del cuadro de CAD, lo cual representa el 91% del total. Tomando en cuenta la división por uso de terapia hídrica guiada por ultrasonido, se encontraron 6 defunciones en el grupo de terapia guiada y 53 pacientes que sobrevivieron (es decir, 10% y 90% respectivamente del grupo de monitorización por ultrasonido), mientras que en el grupo de terapia convencional se encontraron 5 defunciones y 55 pacientes que sobrevivieron (8% y 92% respectivamente del grupo de terapia convencional) por lo que existió una diferencia del 2% en cuanto a mortalidad entre grupos; se calculó el riesgo que representó el uso de terapia guiada para mortalidad del paciente mediante una tabla de contingencia de 2x2 encontrándose una RM de 1.24 (IC 95% de 0.3584-4.3263) con una $p = 0.7299$, por lo que la RM no fue estadísticamente significativa.

El uso de soluciones cristaloides en las primeras 24 h de seguimiento tuvo un rango de entre 2,250 y 8,000 mL en todos los pacientes del estudio, con una media de 5,966 mL, mediana de 6,000 y moda de 6,500 mL; tomando en cuenta únicamente a los pacientes con terapia convencional, se encontró un rango de valores de entre 4,000 y 7,750 mL con una media de 6,325 mL, mientras que en el caso de los pacientes con terapia guiada por ultrasonido se encontró un rango de entre 2,250 y 8,000 con una media de 5,601 mL lo cual representa una diferencia de medias de 724; obteniendo t de student (t) se encontró un valor de esta de 4.22 con una $p < 0.0001$, por lo que fue estadísticamente significativa.

El tiempo hasta la resolución del cuadro de CAD tuvo un rango de entre 10 y 36 h en los pacientes, con una media de 18.44 h, así como mediana y moda de 18 h; mientras que, tomando en cuenta únicamente a los pacientes con terapia empírica, se encontró una media de horas hasta la resolución del cuadro de CAD de 20.71. En el grupo de terapia guiada por ultrasonido se encontró una media de 16.13, lo que representa una diferencia de medias de 4.58 horas; obteniendo t de student se encontró un valor de 9.11 con una $p < 0.0001$, por lo que fue estadísticamente significativa.

En la tabla 2 se muestra el resumen de los resultados de la medición de uso de cristaloides, tiempo hasta la resolución del cuadro y mortalidad de los pacientes, mientras que en la tabla 3 se muestran las diferencias entre dichos parámetros considerando ambos grupos de pacientes, incluyendo asimismo cálculo de T de student para los dos primeros y de razón de momios para el último.

Tabla 3. Resultados de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023

Parámetro	Terapia convencional	Terapia dirigida por ultrasonido
Número de pacientes	60	59
Rango de uso de soluciones cristaloides	4,000 a 7,750mL	2,250 a 8,000 mL
Media de uso de soluciones cristaloides	6,325mL	5,601mL
Desviación estándar de uso de cristaloides	932.21mL	1533.69mL
Rango de horas hasta la resolución del cuadro	12 a 36 h	10 a 30 h
Media de horas hasta la resolución del cuadro	20.71 h	16.13 h
Desviación estándar de horas hasta la resolución del cuadro	6.96 h	4.26 h
Mortalidad	8%	10%

Fuente: Expedientes clínicos.

Tabla 4. Resultados de los pacientes tratados en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca con diagnóstico de CAD y sometidos a reanimación hídrica entre 2022 y 2023

Parámetro	Terapia convencional	Terapia dirigida por ultrasonido	Diferencia	Razón de momios / T de student
Mortalidad	8%	10%	2%	RM 1.24, IC 95% 0.3584-4.3263, p = 0.7299,
Uso de soluciones cristaloides	6,325 mL (media)	5,601 mL(media)	724mL (IC 95% 264.0886 – 1183.9114)	t: 4.22, p <0.0001
Tiempo hasta la resolución del cuadro	20.71 h	16.13 h	4.58 horas (IC 95% 2.4807 – 6.6793)	t: 9.11, p <0.0001

Fuente: Expedientes clínicos.

Discusión

La mortalidad encontrada en el estudio, la cual fue de 9% en los pacientes incluidos, fue mayor a la reportada en la literatura, que se ha estimado en aproximadamente 3.3%³⁶.

Existe poca evidencia disponible sobre el uso de la determinación de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido en el manejo en específico de CAD. En el estudio de Dogan y asociados de 2019¹⁸ se concluyó que el monitoreo de la vena cava inferior puede reducir complicaciones durante el manejo relacionadas con el sobreuso de terapia hídrica y, por tanto, facilitar la mejora de los servicios de urgencias, sin embargo, no se compararon directamente los resultados de pacientes con y sin monitoreo de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido.

En estudios previos se ha reportado que la medición de la colapsabilidad de la vena cava inferior por ultrasonido es un predictor confiable de respuesta a líquidos, sin embargo, en estos estudios no se ha contado con una población de pacientes con diagnóstico uniforme de CAD^{29,31-35}.

La búsqueda bibliográfica antes y después de la recolección de datos de este estudio, así como del análisis estadístico de las variables, no arrojó trabajos similares en los que se midiera la respuesta a líquidos, tiempo hasta resolución de cuadro de CAD o mortalidad asociada a manejo dirigido por ultrasonido.

Conclusiones

La medición de la colapsabilidad de vena cava inferior mediante ultrasonido ofrece una herramienta más a los médicos a cargo de los pacientes con CAD para el manejo de la enfermedad, la cual en casos graves puede llevar a la muerte de los pacientes afectados. Desafortunadamente, aún no existe evidencia bibliográfica extensa sobre el monitoreo de la reanimación hídrica mediante medición de colapsabilidad de vena cava por ultrasonido, por lo que se dificulta la comparación de los resultados de este estudio, aunque también sitúa a este trabajo como uno de los primeros en su ámbito.

Se demostraron diferencias a favor de la reanimación hídrica guiada por colapsabilidad de la vena cava inferior por ultrasonido en cuanto a menor uso de cristaloides y menor tiempo hasta la resolución del cuadro, si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a mortalidad de los pacientes, la cual fue superior a reportes previos sobre CAD.

Se deben tener en cuenta todas las herramientas disponibles para el manejo de CAD en los servicios de urgencias, la cual incluye la medición de colapsabilidad de la vena cava inferior por ultrasonido, si bien es necesario realizar investigación clínica dirigida a este tipo de intervención para poder establecerla como un estándar de manejo en los pacientes con cetoacidosis diabética.

Es necesario realizar una evaluación integral de los pacientes con CAD en los servicios de urgencias, incluyendo una monitorización lo más detallada posible de los tratamientos que se utilizan para el manejo de esta enfermedad, la cual incluye la medición de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido, la cual ha demostrado su utilidad en el seguimiento del paciente con manejo por padecimientos que provoquen un déficit del volumen intravascular.

El uso de la medición de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido puede disminuir el uso de cristaloides en pacientes, lo cual, en caso de realizarse de forma indiscriminada, puede traer consigo complicaciones posteriores. Asimismo se observó que puede influir para una resolución más rápida del cuadro de CAD, aunque se

necesitan estudios posteriores para inferir si esta última observación se debe a un posible cambio de terapéutica en cuanto a la reanimación de los pacientes.

En el ámbito local del Hospital General Pachuca se ha observado una mortalidad mayor a la medida en otras instituciones de manejo de CAD por lo que se puede considerar esta observación como el punto de partida para futuros protocolos de estudio donde se determinen a fondo las características de los pacientes y el estado de la enfermedad al ingreso con el fin de identificar posibles factores de riesgo que expliquen el aumento de la mortalidad.

Es necesario realizar estudios adicionales sobre la medición de colapsabilidad de vena cava inferior por ultrasonido en cetoacidosis diabética debido a que existe muy poca evidencia sobre la utilización de esta estrategia de monitorización para dicha complicación, con el fin de determinar la seguridad de esta y la utilidad en el manejo de los pacientes con cetoacidosis diabética. Con el fin de realizar estudios que busquen determinar la causalidad de las diferencias entre los pacientes que se tratan con terapia empírica de aquellos que lo hacen mediante terapia guiada por ultrasonido, se deberán proponer nuevos protocolos en los que se tome en cuenta al operador del ultrasonido, en los que se trate del mismo médico o grupo para reducir variabilidad del observador, así como con una mayor muestra e incluso comenzar con estudios prospectivos.

Bibliografía

1. Banday M, Sameer A, Nissar S. Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna J Med*. 2020;10(4):174-188
2. Sapra A, Bhandari P. Diabetes Mellitus In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; 2022. [Updated 2022 June 26, Accessed 2024 March 25] Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551501/>
3. Eledrisi M, Elzouki A. Management of Diabetic Ketoacidosis in Adults: A Narrative Review. *Saudi J Med Med Sci*. 2020;8(3): 165–173.
4. Lizzo J, Goyal A, Gupta V. Adult Diabetic Ketoacidosis. In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing. [Updated 2023 July 10, Accessed 2024 March 25] Available on: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560723/>
5. Elendu C, David J, Udoyen A, Egbunu E, Ogbuiyi-Chima I, Unakalamba L, et al. Comprehensive review of diabetic ketoacidosis: an update. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023;85(6):2802-2807.
6. Rodrigues S, Rebocho A, Ahmadpour E, Nissapatorn V, de Lourdes M. Type 1 Diabetes Mellitus: A Review on Advances and Challenges in Creating Insulin Producing Devices. *Micromachines*. 2023;14(1):151.
7. Balmier A, Dib F, Serret-Larmande, A. et al. Initial management of diabetic ketoacidosis and prognosis according to diabetes type: a French multicentre observational retrospective study. *Ann. Intensive Care* 2019;9(1):91
8. El-Remessy A. Diabetic Ketoacidosis Management: Updates and Challenges for Specific Patient Population. *Endocrines*. 2022;3(4):801-812.
9. Dhatariya K. The management of diabetic ketoacidosis in adults - An updated guidelines from the Joint British Diabetes Society for Inpatient Care. *Diabetic Medicine*. 2022;39(6).
10. Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Med Biol*. 2014;40(5):845–53.

11. Yildizdas D, Aslan N. Ultrasonographic inferior vena cava collapsibility and distensibility indices for detecting the volume status of critically ill pediatric patients. *J Ultrason*. 2020;20(82):e205–209.
12. Guarracino F, Ferro B, Forfori F, Bertini P, Magliacano L, Pinsky MR. Jugular vein distensibility predicts fluid responsiveness in septic patients. *Crit Care*. 2014;18(6):647.
13. Sheehan L, Calfas D. Cardiovascular Complications of Ketoacidosis. *US Pharm*. 2016;41(2):39-42.
14. Vallabhaneni M, Subramanian L, Nomigolzar S, Hammami A, Hidri S, Yalamanchili S, et al. Impact of Diabetic Ketoacidosis in Patients with Cardiogenic Shock. *Cardiogenic Shock and Hemodynamic Support*. 2024;3(56): S15-S16.
15. Carrizales E, Vera R, Jiménez R, Violante J, Flores R, Ordaz A. The Heart in Diabetic Ketoacidosis: A Narrative Review Focusing on the Acute Cardiac Effects and Electrocardiographic Abnormalities. *Am J Med Sci*. 2021;361(6):690-701.
16. Abbas E, Kitabchi, Guillermo E, Umpierrez, John M, Miles, Joseph N, Fisher; Hyperglycemic Crises in Adult Patients With Diabetes. *Diabetes Care*. 2009; 32 (7): 1335–1343.
17. Kaptein E, Kaptein M. Inferior vena cava ultrasound and other techniques for assessment of intravascular and extravascular volume: an update. *Clinical Kidney Journal*. 2023;16(11): 1861–1877.
18. Dogan S, Kalafat U, Bildik B, Guven R. Evaluation of Fluid Therapy by Point-of-Care Ultrasound in Hyperglycemic Emergencies. *Asian Journal of Medicine and Health*. 2019; 16(4):1-10.
19. Diabetes Atlas. 2021. [Webpage] International Diabetes Federation. [Updated 2024, Accessed February 2024] Available from: <https://diabetesatlas.org/data/en/>
20. Gregory G, Robinson T, Linklater S, Wang F, Colagiuri S, de Beaufort C. Global incidence, prevalence, and mortality of type 1 diabetes in 2021 with projection to 2040: a modelling study. *The Lancet*. 2022; 10(10).741-760
21. Mobasser M, Shirmohammadi M, Amiri T, Vahed N, Hosseini H, Ghojazi M. Prevalence and incidence of type 1 diabetes in the world: a systematic review and meta-analysis. *Health Promot Perspect*. 2020;10(2):98-115.

22. Farsani S, Brodovicz K, Soleymanlou N, Marquard J, Wissinger E, Maiese B. Incidence and prevalence of diabetic ketoacidosis (DKA) among adults with type 1 diabetes mellitus (T1D): a systematic literature review. *BMJ Open*. 2017;7(7): e016587.
23. Große J, Hornstein H, Manuwald U, Kugler J, Glauche I, Rothe U. Incidence of Diabetic Ketoacidosis of New-Onset Type 1 Diabetes in Children and Adolescents in Different Countries Correlates with Human Development Index (HDI): An Updated Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Horm Metab Res*. 2018;50(3):209-222.
24. Kamleshun R, Jyotsnav J; An Update on the Incidence and Burden of Diabetic Ketoacidosis in the U.S. *Diabetes Care* 1 December 2020;43(12):e196–e197.
25. Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2021 Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública 2021.
26. Felig P. Diabetic ketoacidosis. *N Engl J Med*. 1974;290:1360–3.
27. Zhong V, Juhaeri J, Mayer-Davis E. Trends in hospital admission for diabetic ketoacidosis in adults with type 1 and type 2 diabetes in England, 1998-2013: A retrospective cohort study. *Diabetes Care*. 2018;41:1870–7
28. Kichloo, A.; El-Amir, Z.; Wani, F.; Shaka, H. Hospitalizations for ketoacidosis in type 1 diabetes mellitus, 2008 to 2018. *Bayl. Univ. Med. Cent. Proc*. 2022;35, 1–5.
29. Corl K, George M, Romanoff J, Levinson A, Chheng D, Merchant R, et al. Inferior vena cava collapsibility detects fluid responsiveness among spontaneously breathing critically-ill patients. *Journal of Critical Care* 2017;17: 130–137
30. Chawang H, Kaeley N, Bhardwaj B, Chauhan U, Baid H, Asokan R, et al. Ultrasound-guided estimation of internal jugular vein collapsibility index in patients with shock in emergency department. *Turkish Journal of Emergency Medicine*. 2022;22(4):206-212.
31. Si X, Cao D, Xu H, Guan X. Meta-analysis of ventilated versus spontaneously breathing patients in predicting fluid responsiveness by inferior vena cava variation. *Int J Clin Med*. 2018;9:760-777.

32. Cardozo L, Lemos G, Besen B. Fluid responsiveness assessment using inferior vena cava collapsibility among spontaneously breathing patients: Systematic review and meta-analysis. *Medicina Intensiva*. 2023;47(2):90-98.
33. Nagi A, Shafik A, Fatah A, et al. Inferior vena cava collapsibility index as a predictor of fluid responsiveness in sepsis-related acute circulatory failure. *Ain-Shams J Anesthesiol*. 2021;13(75).
34. Yao B, Liu J, Sun Y, Zhao Y, Li L. The Value of the Inferior Vena Cava Area Distensibility Index and its Diameter Ratio for Predicting Fluid Responsiveness in Mechanically Ventilated Patients. *Shock*. 2019;52(1):37-42.
35. Lujan J, Martinez C, Blancas R. Inferior vena cava distensibility index predicting fluid responsiveness in ventilated patients. *ICMx* 3. 2015; 3(Suppl 1).
36. Sato Y, Morita K, Okada A, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H. Factors affecting in-hospital mortality of diabetic ketoacidosis patients: A retrospective cohort study. *Diabetes Res Clin Pract*. 2021;171:108588.

Anexo
Consentimiento informado



Secretaría de Salud de Hidalgo
Hospital General de Pachuca
Subdirección de Enseñanza e Investigación
Jefatura de Investigación



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Lugar y fecha: Hospital General de Pachuca, Pachuca, Hgo., a ____/____/____

El que suscribe (c): _____,

acepto participar en el protocolo de investigación titulado: “Utilidad de la reanimación hídrica guiada por medición de diámetro de vena cava contra convencional en el paciente con cetoacidosis diabética en el servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca entre 2022 y 2023”, tras haberseme aclarado la justificación, objetivos y beneficios de la investigación los cuales versan sobre la generación de nuevo conocimiento y producción científica, así como los procedimientos a realizarse los cuales consisten en revisión documental de mi expediente por lo que no se esperan riesgos asociados al mismo, asimismo por la naturaleza de la investigación no existen procedimiento alternativos a aplicar y se me ha garantizado que recibiré respuesta a cualquier pregunta durante la investigación y que seré libre de retirar mi consentimiento en cualquier punto de la misma y por tanto abandonar la investigación si así lo decidiera, así como la garantía de confidencialidad de mis datos personales.

Nombre y firma del participante

Nombre y firma de testigo 1

Nombre y firma de testigo 2

Dirección y relación de testigo 1 con sujeto de investigación: _____

Dirección y relación de testigo 2 con sujeto de investigación: _____

Contacto: M.C. Luis Enrique Hernández Cruz (Investigador principal, tel: 7711863187);
Dra. Maricela Soto Ríos (Presidente del Comité de Ética en Investigación del Hospital General Pachuca, tel; 7717134649)