



**Instituto Mexicano del Seguro Social  
Hospital General Regional 1 Querétaro**



**Universidad Autónoma de Querétaro**

**Tesis**

**Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartmann  
en el tratamiento de la cetoacidosis diabética**

**Como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la**

**ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE URGENCIAS MEDICO  
QUIRÚRGICAS**

**Presenta:**

**Med. Gral. Ricardo Gómez Araujo**

**Dirigido por:**

**M.E. Franklin Ríos Jaimes**

**Urgencias Médico Quirúrgicas**

**Septiembre 2024**

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina

Tesis

Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartmann en el  
tratamiento de la cetoacidosis diabética

Como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la  
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE URGENCIAS MEDICO  
QUIRÚRGICAS

Presenta:

Ricardo Gómez Araujo

Dirigido por:

M.E. Franklin Ríos Jaimes

Presidente

Med. Esp. Franklin Rios Jaimes

Secretario

Med. Esp. Esther Tahuilan Bello

Vocal

Med. Esp. Marco Antonio Hernandez Flores

Suplente

Med. Esp. Raúl Carranza Chávez

Suplente

Mtro. Jorge Luis Patiño Flores

## **DEDICATORIAS.**

Dedico este trabajo especialmente a mis padres quienes me han brindado su apoyo desde el momento en que decidí iniciar mi camino en la medicina, se del esfuerzo y sacrificios que han pasado para que yo pueda lograr mis objetivos, es por eso que los considero los pilares más importantes para yo poder cumplir este sueño. En estos años lejos de casa sabía que podía contar con ellos completamente, el solo recibir un mensaje, una llamada o una visita express podía recargar mis ánimos para seguir adelante.

A mis hermanas y el resto de mi familia que siempre confiaron en mi, nunca dejaron de alentarme a ser cada día mejor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Claudia Araujo. Por estar siempre pendiente de mi bienestar, por siempre estar al pie del cañón en lo que yo necesitara, agradezco tu amor y cada una de tus palabras de apoyo, agradezco el esfuerzo que hiciste por mí en estos años. Muchas gracias

Víctor Gómez. Por sé mi ejemplo a seguir, mi pilar, mi maestro de vida. Agradezco por estar siempre para escucharme, ayudarme a resolver mis problemas, aunque en ocasiones a distancia, pero nunca te sentí lejos. Agradezco todas tus enseñanzas. Muchas gracias.

Dr. Franklin Ríos. Mi maestro y pieza clave para lograr este proceso, gracias por la paciencia, por guiarme y por dedicarme parte de su tiempo, sus consejos fueron de gran ayuda y vital importancia para poder terminar este proceso, le agradezco también los conocimientos que me brindó durante mi tiempo en la sede de residencia y hoy me hacen ser el profesional que alguna vez soñé con ser.

Dra. Tahuilan Bello. Le agradezco por el tiempo que dedico a revisar mi trabajo, agradezco sus enseñanzas no solo en la redacción de este proyecto sino también en lo práctico, me enseñó a siempre dar lo mejor y a ser un líder con mi equipo de trabajo.

## Índice general

Introducción.	10
Antecedentes.	11
Fundamentación teórica.	12
• Diabetes como problema de salud pública.	12
• Complicaciones de la diabetes mellitus.	13
• Complicaciones agudas.	14
○ Estado Hiperosmolar Hiperglucemico.	14
○ Hipoglucemia.	15
○ Cetoacidosis Diabética.	16
○ Costos relacionados con la Cetoacidosis Diabética.	19
○ Tratamiento de la Cetoacidosis Diabética.	19
• Soluciones cristaloides en el tratamiento de la cetoacidosis diabética.	22
• Diferencia entre solución salina al 0.9% y solución Hartmann.	24
• Solución Hartmann como el pilar terapéutico de la Cetoacidosis diabética.	25
Objetivos.	28
Hipótesis.	28
Material y métodos.	29
Resultados.	36
Discusión.	39
Conclusión.	40
Propuestas.	41
Bibliografía.	42
Anexos.	50

## Índice de figuras y tablas.

Figura 1. Características del Estado Hiperosmolar Hiperglucémico.	15
Tabla 1. Funciones de la insulina y hormonas contrareguladora.	16
Tabla 2. Clasificación de severidad de la cetoacidosis diabética.	18
Figura 4. Medición de vena cava por ultrasonido	23
Gráfica 1. Sexo de los pacientes con cetoacidosis diabética del estudio según grupo de tratamiento.	37
Gráfica 2. Tipo de cetoacidosis diabética según grupo de tratamiento.	37
Gráfica 3. Efectividad en el tratamiento de cetoacidosis diabética.	38
Tabla 3. Resultado promedio de gasometría y cetonuria inicial por grupos	38

### **Abreviaturas.**

HGR1: Hospital General Regional 1

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

OMS: Organización Mundial de la Salud

EHH: Estado Hiperosmolar Hiperglucemico

CAD: Cetoacidosis diabética

DIF: Diferencia de Iones Fuertes

POCUS: Point of Care Ultrasound

HCO<sub>3</sub>: Bicarbonato

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

## Resumen

**Título:** Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartmann en el tratamiento de la cetoacidosis diabética.

**Introducción.** La cetoacidosis diabética es una complicación aguda que compromete la vida, el tratamiento hídrico es uno de los principales pilares en la terapéutica, sin embargo, se ha visto controversia en el tipo de solución utilizada y su beneficio en cuanto al tiempo de resolución y estancia hospitalaria.

**Objetivo.** Determinar la eficacia de la solución Salina 0.9% sobre la solución Hartmann en el tratamiento de la cetoacidosis diabética.

**Material y métodos.** Se hizo estudio retrospectivo, transversal en expedientes clínicos con diagnóstico de cetoacidosis diabética al ingreso a urgencias del H.G.R.1, IMSS Querétaro, de enero del 2020 a diciembre del 2021. Se formaron dos grupos de estudio: aquellos tratados con solución Hartmann, y los que fueron tratados con solución salina al 0.9%, se excluyeron los pacientes que hayan recibido fluidoterapia diferente a los cristaloides o que cursaban con comorbilidades que comprometían a un estado de acidosis. El tamaño de la muestra fue probabilístico, muestra no aleatoria. Se recolectaron las variables, cetoacidosis diabética tipo de cristaloides utilizado y criterios de efectividad, gasometría. Fue analizado con estadística descriptiva e inferencial con T de Student, Chi cuadrada siendo  $p < 0.05$  para significancia con paquete estadístico SPSSv26.0.

**Resultados.** Fueron 140 expedientes de pacientes con cetoacidosis diabética de 70 cada grupo, siendo la media de edad de 55 años en ambos grupos, el sexo masculino fue más prevalente en el tratamiento con solución salina al 0.9% en 39 casos (56%) y solución Hartman en la mitad de los casos 35 (50%). Presentaron pH a las 6 horas con salina al 0.9% en  $7.3 \pm 0.12$  y Hartman con  $7.3 \pm 0.08$ ;  $p < 0.029$ . La cetoacidosis diabética fue severa en salina al 0.9% con 30 (43%), Hartman en 31 (44%). El tiempo en el tratamiento de la cetoacidosis diabética fue menor con solución Harmann ya que la mayoría cumplió criterios de resolución en un periodo de 6 horas.

**Conclusión.** La solución Hartmann mostró mayor eficacia sobre la solución salina en el tratamiento de la cetoacidosis diabética

**Palabras claves.** Cetoacidosis diabética. Solución Salina 0.9%. Solución Hartmann.

## Summary.

**Title:** Efficacy of 0.9% saline solution vs. Hartmann solution in the treatment of diabetic ketoacidosis.

**Introduction.** Diabetic ketoacidosis is an acute complication that compromises life, fluid treatment is one of the main pillars in therapy, however controversy has been seen in the type of solution used and its benefit in terms of resolution time and hospital stay.

**Aim.** To determine the efficacy of the 0.9% saline solution over the Hartman solution in the treatment of diabetic ketoacidosis.

**Material and methods.** A retrospective, cross-sectional study was carried out in clinical records with a diagnosis of diabetic ketoacidosis upon admission to the emergency room of H.G.R.1, IMSS Querétaro, from January 2020 to December 2021. Two study groups were formed: those treated with Hartmann solution, and those who They were treated with 0.9% saline solution. Patients who had received fluid therapy other than crystalloids or who had comorbidities that led to a state of acidosis were excluded. The sample size was probabilistic, non-random sample. The variables, diabetic ketoacidosis, type of crystalloid used and effectiveness criteria, gasometry, were collected. It was analyzed with descriptive and inferential statistics with Student's T, Chi square being  $p < 0.05$  for significance with SPSSv26.0 statistical package.

**Results.** There were 140 records of patients with diabetic ketoacidosis, 70 in each group, with a mean age of 55 years in both, male sex with 0.9% saline in 39 (56%), Hartmann in 35 (50%). The pH at 6 hours with 0.9% saline was  $7.3 \pm 0.12$  and Hartman was  $7.3 \pm 0.08$ ;  $p < 0.029$ . Diabetic ketoacidosis was severe in 0.9% saline in 30 (43%), Hartman in 31 (44%). The time in the treatment of diabetic ketoacidosis was shorter with Harmann solution since the majority met resolution criteria within a period of 6 hours.

**Conclusion.** Hartman solution showed greater efficacy over saline in the treatment of diabetic ketoacidosis

**Keywords.** Diabetic cetoacidosis. Saline Solution 0.9%. Hartman Solution.

## Introducción.

La cetoacidosis diabética es una de las complicaciones metabólicas agudas más grave de la diabetes, tiene una incidencia anual de 4.6 a 8 por cada 1000 personas, representa 5,000 a 10, 000 hospitalizaciones al año, y se estima una mortalidad del 4 al 10%. (Yan, 2023) Se caracteriza por hiperglicemia, cetonuria y acidosis metabólica secundario al déficit absoluto o relativo de insulina que conlleva una pérdida excesiva de líquidos que repercute en el estado hídrico del paciente. (Mustafa, 2023)

Bajo este fundamento fisiopatológico, y aunado a la administración de insulina, la infusión de cristaloides es una piedra angular en el tratamiento médico, al respecto, la solución salina al 0.9%, es el líquido más recomendado por las guías de práctica clínica recientes, y por lo tanto el más utilizado en los servicios de urgencias, no obstante, su composición (altas concentraciones de cloro y sodio) pone en tela de juicio su eficacia y seguridad, ya que puede perpetuar el desequilibrio ácido base per se que cursa el paciente con cetoacidosis diabética retrasando así la recuperación. (Mills, 2014)

Ante este contexto clínico, se ha despertado la preocupación y necesidad de la búsqueda de alternativas de tratamiento con los cristaloides balanceados como la solución Hartman cuyos componentes se acercan más a los del plasma, sin embargo, existen controversias en la eficacia entre estos dos tipos de soluciones, ya que por un lado la solución salina al 0.9% es un líquido bien conocido y ampliamente recomendado en la cetoacidosis diabética, y por otro lado la solución Hartmann también conlleva ciertos riesgo como la alcalosis y la hiperkalemia por mencionar algunos. (Dogan, 2019).

Conocer la eficacia de estos dos tipos de soluciones permitirá a los médicos que atienden este tipo de complicaciones iniciar la terapia con los cristaloides adecuado y con resultados benéficos esperados, mejorando el tiempo de recuperación e incluso los días de estancia hospitalaria, es por eso por lo que surge la pregunta de investigación ¿cuál es la eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartmann en el tratamiento de la cetoacidosis diabética.

### **Antecedentes.**

La diabetes es una enfermedad crónico-degenerativa considerada actualmente como la epidemia del siglo XXI, resulta ser un problema de salud pública desafiante para la sociedad y los sistemas de salud, debido a los costos económicos, y la pérdida de la calidad de vida que esta genera en los pacientes que la padecen. (Care, 1998)

En el ámbito hospitalario, específicamente en el servicio de urgencias los problemas relacionados a esta patología y que la acrecientan, son sus complicaciones agudas, principalmente la cetoacidosis diabética, en los estados unidos es responsable de 140, 000 hospitalizaciones, estancia hospitalaria prolongadas, y 2.4 billones de dólares en costos tanto directos como indirectos tan solo en un año. (Gosmanov, 2014)

En México, las estimaciones al respecto son muy variables, con cálculo de costos de atención por paciente que van desde los 700 hasta los 3,200 dólares anuales. (Hernandez-Ávila, 2013) En el H.G.R 1 del IMSS Querétaro, diariamente atiende una gran cantidad de pacientes los cuales en la gran mayoría son diabéticos en el 80-85 %, y sus complicaciones propiamente agudas, la más frecuente, la cetoacidosis diabética en el 40% de los casos.

Con base en los datos estadísticos previamente comentados, esta complicación evidentemente es un problema real y preocupante para los servicios de salud quienes constantemente adoptan diversas estrategias que van desde la educación en salud para los pacientes en materia preventiva, hasta el tratamiento que permita una resolución rápida de la complicación y menor estancia intrahospitalaria. En este tenor, uno de los principales pilares terapéutico son los líquidos intravenosos, dentro de los cuales se encuentra los cristaloides no balanceados (solución salina 0.9%) y los cristaloides balanceados (Ringer Lactato, Plasmalyte y solución Hartmann), ambos con ventajas y desventajas particulares debido a sus componentes, y que han generado controversias con base al tiempo de resolución de la cetoacidosis diabética, es por lo que en el presente trabajo se buscó identificar la solución más eficaz en el tratamiento, esto permitirá a los médicos del servicio de urgencias aplicar el tipo de cristaloides más adecuado y en conjunto del resto de los pilares de tratamiento, tener una resolución en un menor tiempo, permitiendo así un pronóstico más favorable en el paciente, y una menor estancia intrahospitalaria.

## **Fundamentación teórica.**

Diabetes como problema de salud pública.

La diabetes pertenece al grupo de enfermedades metabólicas caracterizada por hiperglicemia secundario al defecto en la secreción de insulina, acción de esta o ambos. Aproximadamente existen 387 millones de personas enfermas en el mundo, y según proyecciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), dicha enfermedad ocupará la séptima causa de mortalidad en el 2030 (Naranjo-Hernandez, 2016), se considera una enfermedad prioritaria a nivel de salud pública debido a que es una de las enfermedades no transmisibles más frecuentes, y por la severidad y diversidad de sus complicaciones crónicas. (Cruz, 2013)

El costo anual estimado en el 2017 fue de \$ 237 billones en costos médicos directos y \$ 90 billones en productividad reducida, con un incremento del 26% de los costos entre 2012 al 2017, lo cual se atribuye al incremento de la prevalencia de la enfermedad. (Yarnoff, 2017)

En México durante el 2018 de acuerdo con la encuesta nacional de salud y nutrición había 82,767,605 de personas de 20 años y más en el país, de las cuales 10.32% contaban con diagnóstico médico previo de diabetes. Por sexo el 13.22% (5.1 millones) de las mujeres disponían de este diagnóstico y 7.75% (3.4 millones) en el hombre. Este problema para el país se convierte en un desafío a los sistemas de salud relacionados con la calidad de la atención en los servicios prestados (Shamah-Levy. 2020).

Este país, enfrenta una transición epidemiológica prolongada y desigual que está sumando nuevas capas de complejidad a los patrones de la enfermedad, discapacidad y muerte. A través de una red de multicausalidad, debe encarar una doble carga de enfermedad: por un lado, la agenda inconclusa de infecciones, desnutrición y problemas de salud reproductiva; por el otro, los retos emergentes representados por las enfermedades no transmisibles (Frenk, 2007)

Ante este panorama, la diabetes se considera una enfermedad social, no solo por su elevada frecuencia, sino que precisamente, por los altos costos que representa para los gobiernos y las familias de las personas que la padecen (López C Y Ávalos, 2013).

### **Factores de riesgo y desencadenantes.**

Índice de masa corporal es un índice relacionado con el peso y la talla, el perímetro de cintura siendo un indicador de obesidad en cifras superiores a 102 cm en hombre y 88 cm en mujer, la actividad física que mientras menos se realice mayor será el riesgo de padecer diabetes, se recomienda al menos 30 minutos al día. La resistencia a la insulina que un paso previo al desarrollo de diabetes tipo 2 en donde el músculo, hígado y células grasas no usan adecuadamente la insulina. Genes y antecedentes familiares de primer y segundo grado en especial dentro de nuestra población mexicana. (Santa Suárez, 2023).

Causa importante de descompensación es por la suspensión del tratamiento hipoglucemiante, se debe hacer énfasis en educar a los pacientes y capacitar al personal de salud, en el caso de la diabetes tipo 2 la infección fue el desencadenante más común, los sitios mas frecuentes fueron tracto urinario, pulmón y tejidos blandos aislando *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*. (Sierra-Vargas, 2020).

### **Complicaciones de la diabetes mellitus**

Con base en el tiempo de aparición, las complicaciones de la diabetes pueden ser agudas o crónicas, estas últimas en mención se manifiestan por el daño vascular en grandes y pequeños vasos. Clásicamente las afecciones macrovasculares están representadas por el mayor riesgo de enfermedad arterial coronaria, enfermedad arterial periférica y enfermedad cerebrovascular; a nivel microvascular se incluyen la retinopatía diabética, nefropatía diabética y neuropatía periférica, no obstante, también existen las complicaciones crónicas no clásicas de la diabetes, por mencionar algunas se engloba la enfermedad periodontal la cual aumenta el riesgo a desarrollar acumulación de bacterias entre dientes, encías promoviendo la demolición ósea, y la enfermedades óseas diabéticas secundario a los efectos deletéreos conocidos de la insulina sobre la densidad mineral ósea que condiciona una tasa elevada de fracturas óseas (Loffy, 2017) En cuanto a las complicaciones agudas, en el siguiente apartado se ahondará con más detalle dado al problema planteado que atañe.

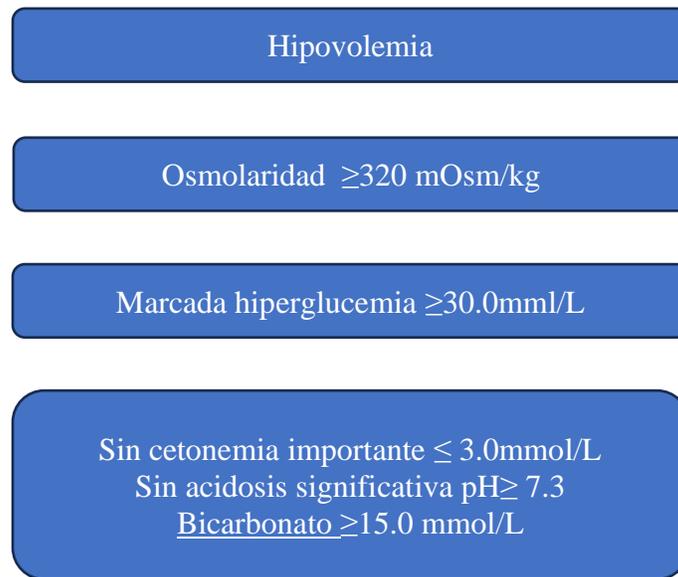
## **Complicaciones agudas**

Son aquellas que pueden aparecer como parte del debut de la enfermedad o en pacientes ya diagnosticados que cursan con procesos infecciosos, transgresión medicamentosa o alimenticia que propician una descompensación de la enfermedad dentro de las primeras horas o días, bajo este contexto, dentro de las complicaciones agudas de la diabetes se encuentra el Estado Hiperosmolar Hiperglucémico (EHH), la hipoglicemia y la Cetoacidosis Diabética (CAD) (Rewers, 2018), a continuación se describe de manera general cada una por separado, haciendo mayor énfasis en la CAD.

### **Estado Hiperosmolar Hiperglucémico**

Se trata de una complicación aguda de la diabetes, y se caracteriza por una elevación extrema de glucosa en sangre mayor de 600mg/dl, osmolaridad sérica mayor de 320 mOsm/kg en ausencia de cetosis y acidosis significativa, cursa con un grado severo de deshidratación debido a la diuresis osmótica, una mayor concentración de insulina hepática circulante que puede explicar en parte la ausencia de cetosis en pacientes con estado hiperosmolar. (Alghamdi, 2021).

La fisiopatología del estado híper osmolar se basa en los efectos de la elevación de cifras de glucosa y diuresis osmótica. Por lo general las causas principales son infecciones, disminución en la ingesta de líquidos que conlleva a un desequilibrio de glucosa e insulina y aumento de hormonas contrarreguladoras, en este punto los niveles de insulina siguen siendo suficientes para inhibir la lipólisis y la cetogénesis, a diferencia de la cetoacidosis diabética, donde la deficiencia de insulina produce una cetogénesis significativa. Al mismo tiempo que incrementan los niveles de glucosa en pacientes que desarrollan un estado hiperosmolar hiperglucémico hay también elevación de la osmolaridad efectiva, esto empeora la diuresis osmótica y la deshidratación con la respectiva pérdida de agua libre, sodio y potasio. La pérdida de volumen puede llegar a ser de hasta nueve litros que incrementa aún más la concentración de glucosa. (Lovegrove,2023)



**Figura 1. Características de estado hiperosmolar hiperglucémico.**

En el estado hiperosmolar hiperglucémico no hay cetonemia significativa, aunque una acidosis leve puede estar presente en pacientes que cursan con lesión renal aguda o sepsis grave. Algunas personas tienen hipertonicidad grave, cetosis y acidosis (cetoacidosis diabética y estado hiperosmolar hiperglucémico mixto), es probable que en estos casos refleje una deficiencia relativa de insulina debido al agotamiento de las células beta como resultado de la glucotoxicidad temporal y exceso de producción de hormonas contrarreguladoras. Sin embargo, si las concentraciones de cetonas son altas (cetonas en sangre mayor de 3.0mmol/L) entonces el protocolo de cetoacidosis puede ser apropiado. (Mustafa, 2023)

### **Hipoglucemia.**

Es una de las complicaciones agudas secundarias al tratamiento de diabetes, los errores en la dosificación de insulina pueden generar una sobredosis y reducir la producción hepática de glucosa. La Asociación Americana de Diabetes define hipoglucemia como un nivel de glucosa en sangre por debajo de 70mg/dl, la clasifica como nivel 1 si es de 70mg/dl a 54mg/dl, nivel 2 si es menor de 54mg/dl y nivel 3 el cual es un evento clínico

caracterizado por alteración del estado mental o físico que requiere de asistencia. (Alhatemi, 2022)

Como respuesta del organismo a la disminución en los niveles de glucosa se llevan a cabo procesos escalonados, el primero de ellos es el cese de la producción de insulina en las células B del páncreas que aparece a 80mg/dl, en segundo lugar, hay un aumento en la secreción de glucógeno, aparece en 68mg/dl. Al mismo tiempo aumenta la producción de epinefrina, esto aumenta el valor de la glucemia mediante gluconeogenesis y glucogenolisis, disminuyen la captación periférica de glucosa e inhiben la secreción de insulina. La glucosa es un combustible oxidativo obligado para el cerebro en condiciones fisiológicas el cerebro representa 50% de la utilización de glucosa en el cuerpo. (Nares-Torices, 2018)

	Insulina	Glucagón	Adrenalina	Cortisol	GH
Glucogenólisis	Inhibe	Estimula	Estimula		
Glucogenogénesis	Estimula			Inhibe	
Neoglucogéneis	Inhibe	Estimula	Estimula	Estimula	Estimula
Lipólisis	Inhibe	Estimula	Estimula	Estimula	Estimula
Lipogénesis	Estimula				Inhibe
Proteólisis	Inhibe	Estimula		Estimula	
Síntesis proteica	Estimula			Estimula	

Tabla 1. Función de la insulina y las hormonas contrarreguladoras.

### **Cetoacidosis diabética.**

La CAD es el resultado de la deficiencia absoluta o relativa de insulina junto a la elevación de las hormonas contrarreguladoras (glucagón, catecolaminas, cortisol, hormona del

crecimiento) que conducen a hiperglicemia, deshidratación, cetonemia y acidosis metabólica. (Ferreira, 2020)

Sigue siendo una de las causas más frecuentes de mortalidad en adultos jóvenes, por lo que existe la necesidad de diagnosticar y tratar esta afección de manera adecuada. Las causas más comunes son infecciones, enfermedades recurrentes, mal apego a los medicamentos prescritos, y fallas en la tecnología, por ejemplo, mal funcionamiento de la bomba o dispositivo de inyección defectuoso. (Umpierrez, 2020)

La mayoría de los casos ocurren en personas con diabetes tipo 1, pero en algunas regiones la CAD en personas con diabetes tipo 2 representa hasta el 50 % de los casos. Otros informes sugieren que es la fragmentación de la atención y la falta de continuidad lo que contribuye a los episodios de CAD recurrente y al aumento de la mortalidad asociada a la CAD. (Tzimenatos, 2021)

Los criterios diagnósticos de acuerdo a la guía británica para el manejo de cetoacidosis son glucosa en sangre capilar mayor de 200 mg/dl (mayor 11mmol/L), cetonas capilar mayores o iguales a 3mmol/L y cetonas en orina ++ o más, pH venoso inferior a 7.3 y/o bicarbonato inferior o igual a 15mmol/L (15mEq/L). Clínicamente los pacientes pueden presentar poliuria, polidipsia, náuseas, vómitos, dolor abdominal, alteración visual, letargo, alteración del sensorio, taquicardia, taquipnea y respiración de Kussmaul, con un olor afrutado en el aliento, así como, una depleción de volumen grave con hipotensión ortostática. Existe la presentación de la cetoacidosis diabética euglucémica secundaria al tratamiento con un inhibidor de SGLT2 (cotransportador sodio-glucosa tipo 2) que pueden tener menos poliuria y polidipsia debido al grado más leve de hiperglucemia y en cambio pueden presentar malestar general, anorexia, taquicardia o taquipnea con o sin fiebre. (Cashen, 2019)

La gravedad de la CAD se clasifica en leve cuando el pH es  $<7,3$  o nivel de bicarbonato sérico  $<15$  mEq/L ( $<15$  mmol/L), moderada aquella que presenta un pH  $<7,2$  o nivel de bicarbonato sérico  $<10$ mEq/L ( $<10$ mmol/L), o grave, pH $<7,0$  o nivel de bicarbonato sérico  $<5$ mEq/L ( $<5$  mmol/L). Electrolitos séricos con cálculo de una brecha aniónica aumentada superior a 12 mEq/L es compatible con CAD (Fayfman, 2017).

Tabla 2.

Clasificación de severidad de cetoacidosis.

Criterios	Leve	Moderada	Severa
Glucemia mg/dl	>200	>200	>200
pH	7.2-7.3	7.1-7.2	<7.0
Bicarbonato mEq/L	15-18	10-15	<10
Cetonemia/ cetonuria	++	++	++

Como se mencionó anteriormente, la CAD es el resultado de una deficiencia relativa o absoluta de insulina acompañada del aumento de las concentraciones de hormonas contrarreguladoras. En situación fisiológica estas hormonas contribuyen a la gluconeogénesis acelerada, la glucogenólisis y la utilización deficiente de la glucosa por los tejidos periféricos (Mills, 2014).

El glucógeno es el principal responsable del desarrollo de la cetoacidosis; en el hígado las enzimas gluconeogénicas como fructosa 1,6 bifosfatasa, fosfoenolpiruvato, carboxiquinasa, glucosa 6 fosfatada y piruvatocarboxilasa son estimuladas por el aumento en la producción de glucagón e insulina, así como un aumento de las concentraciones de cortisol circulante. La gluconeogénesis hepática es el principal mecanismo de hiperglucemia en la cetoacidosis, pero también contribuye la gluconeogénesis renal. En el tejido adiposo, la combinación de una deficiencia grave de insulina con concentraciones elevadas de hormonas contrarreguladoras activa la lipasa lo que conduce a un aumento de los ácidos grasos libres circulantes. Este exceso de ácidos grasos libres se oxida a acetoacetato y beta hidroxibutirato en las mitocondrias hepáticas lo que produce cetonemia y acidosis. El glucagón acelera la generación de cetonemia e hiperglucemia en el estado deficiente de insulina. (French, 2019)

Estos cuerpos cetónicos entran en la circulación principalmente como B-hidroxibutirato y acetoacetato en una proporción aproximada de 10:1.1; así mismo la concentración elevada de ácidos grasos libres por el aumento de la lipólisis conduce a un aumento en las concentraciones de Acetil coenzima-A que luego actúa como precursor para la producción hepática de beta-hidroxibutirato, acetoacetato y acetona. Tanto la

hiperglucemia como las concentraciones elevadas de cuerpos cetónicos dan lugar a una diuresis osmótica que conduce a hipovolemia y por tanto disminución de la tasa de filtración glomerular. La diuresis osmótica promueve la pérdida neta de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro y fosfato lo que aumenta las anomalías electrolíticas asociadas a cetoacidosis. (Elzouki, 2020)

### **Costos relacionados a la cetoacidosis diabética.**

El tratamiento de la CAD es costoso, se estima que en Estados Unidos de America gastaron USD 26,566 equivalente a 524,474,25 pesos mexicanos por episodio, pero en el Reino Unido es £ (libras esterlinas) 2,064 (46768,74 pesos mexicanos) para adultos y £1, 387 (31428,41 pesos mexicanos) para adolescentes. Estos costos son relevantes, ya que existen economías donde el individuo tiene que pagar por su propia atención; los regímenes de tratamiento pueden variar según la gravedad bioquímica y clínica (Salas-Zapata, 2018)

### **Tratamiento de la cetoacidosis diabética.**

Por su gravedad y elevada mortalidad la CAD requiere un manejo rápido en un entorno hospitalario, los pilares de su tratamiento incluyen la restauración del volumen circulatorio, la corrección de anomalías electrolíticas, el tratamiento de la hiperglucemia y el diagnóstico y tratamiento de la causa precipitante. El primer paso, es la fluidoterapia, los déficits típicos de líquidos y electrolitos en un adulto que pesa 70 kilogramos puede ser de hasta 7 litros de acuerdo a la guía británica para el manejo de cetoacidosis diabética. La terapia hídrica intravenosa expande el volumen intravascular, mejora la perfusión renal y reduce la resistencia a la insulina periférica al reducir los niveles de hormonas contrarreguladoras, el resultado neto será una reducción de los niveles de glucosa en sangre. Si no se establece una hidratación adecuada antes del inicio de la insulina, esta extraerá glucosa y posteriormente agua del espacio intravascular lo que precipitará la disminución del volumen intravascular y esto a su vez potencialmente un colapso circulatorio. (Dhatariya, 2022)

Clásicamente se ha utilizado la solución salina al 0,9 % como reemplazo inicial de líquidos por vía intravenosa en la CAD, los fluidos isotónicos se han establecido como

opción terapéutica desde un estudio fundamental en 1958 en donde se comparó con fluidos hipotónicos e hipertónicos, encontrándose que líquidos hipertónicos pueden llevar a un empeoramiento de la osmolaridad, hipernatremia y la hipercloremia. De acuerdo con la guía británica para manejo de cetoacidosis, la administración de líquidos inicia a una velocidad de 15 a 20 ml/kg. Posteriormente la tasa y el tipo de fluidos se determinan mediante la evaluación de la condición clínica. Los pacientes con shock hipovolémico continúan con cloruro de sodio al 0,9% a razón de 1-2 L/h hasta que mejore su condición, mientras que los pacientes con hipovolemia leve o moderada reciben cloruro de sodio al 0,9% a razón de 250-500 ml/h según el cuadro clínico. Una vez que los pacientes con hipovolemia severa se estabilizan, el manejo de líquidos se cambia al mismo que aquellos con hipovolemia leve o moderada. Una vez que se corrige la hipovolemia, el tipo de líquidos intravenosos se determina por el nivel de sodio sérico corregido; si el nivel es bajo ( $<135$  mmol/L), se continúa con cloruro de sodio al 0,9% y si el nivel es normal o alto ( $\geq 135$  mmol/L), los líquidos IV deben cambiarse a cloruro de sodio al 0,45%. Una vez que la glucosa en sangre alcanza  $\leq 11,1$  mmol/L (200 mg/dL), se debe agregar dextrosa al 5 % a una velocidad de 150– 250 ml/h para mantener la concentración de glucosa en sangre entre 8,3–11,1 mmol/L. (Tran, 2017)

El tratamiento continúa con una infusión intravenosa continua de insulina regular a tasa fija a 0,1 unidades/kg/hora. Una vez que la concentración de glucosa en sangre es 250 mg/dl (14,0 mmol/l), la velocidad de infusión de insulina se ajusta a 0,02–0,05 unidades/kg/hora y se agrega dextrosa al 5 % a la infusión para mantener concentraciones de glucosa de 140–200 mg /dl (7,8–11,0mmol/l) hasta la resolución de la cetoacidosis. La insulina basal subcutánea debe administrarse al menos dos horas antes de suspender la infusión de insulina intravenosa. Para pacientes con tratamiento previo se puede comenzar con una dosis diaria total de insulina 0.5 a 0.6 U/kg. (Cashen, 2019)

### **Desequilibrio hidroelectrolítico.**

Se ha estimado que el déficit de potasio corporal total es de aproximadamente 3 a 5 mEq/kg. La terapia con insulina reduce los niveles séricos al promover el movimiento del potasio al compartimento intracelular. Por tanto, la reposición debe iniciarse cuando los niveles sean inferiores a 5,2 mEq/L para mantener un nivel de 4 a 5 mEq/L. La administración de 20 a 30 mEq de potasio por litro de líquidos suele ser suficiente; sin embargo, en pacientes con insuficiencia renal aguda o crónica se necesitan dosis más bajas. Entre los pacientes con niveles de potasio inferiores a 3,3 mEq/l, la administración de insulina puede provocar una hipopotasemia sintomática grave con debilidad muscular y mayor riesgo de arritmias cardíacas en tal caso el reemplazo de potasio debe comenzar a una velocidad de 10 a 20 mEq/h y la terapia con insulina debe retrasarse hasta que el nivel de potasio aumente a más de 3,3 mEq/L. (Fayfman, 2017)

El fósforo es otro de los electrolitos implicados, se mueve junto con el potasio desde espacio intracelular al espacio extracelular debido a la acidosis, hipertonicidad, estado catabólico y diuresis osmótica llevando a su excreción urinaria. La reposición de fósforo en cetoacidosis diabética se puede administrar en una proporción de dos tercios de cloruro de potasio y un tercio de fósforo de potasio, tasa máxima de reposición segura para hipofosfatemia severa es de 4.5mmol/h. (Umpierrez, 2020)

El déficit de sodio suele ser de 7 a 10 mmol/L en cetoacidosis, lo que junto con las pérdidas de agua resulta en una disminución de volumen de líquido extra celular, la restauración de este volumen mejora la perfusión tisular y reduce los niveles de glucosa plasmática tanto por dilución como por aumento de las pérdidas de glucosa urinaria. La expansión de volumen a una tasa rápida de administración inicial de líquido se asocia con un mayor riesgo de edema cerebral. (Goguen, 2018)

### **Bicarbonato**

Se han realizado estudios en los cuales sugieren que la acidemia metabólica puede afectar la contractilidad del miocardio, gasto cardíaco y afectar la disociación de la oxihemoglobina y el suministro de oxígeno a los tejidos, inhibir enzimas intracelulares como fosfofructoquinasa, alterar el metabolismo celular y provocar disfunción de órganos vitales. No se ha demostrado que la administración rutinaria de bicarbonato mejore los

resultados clínicos como el tiempo de resolución durante la estancia hospitalaria o la mortalidad de los pacientes. Se podría. Considerar en individuos con shock o pH arterial menor a 7.0 aunque su uso tiene riesgos potenciales como la hipopotasemia y la aparición tardía de alcalosis metabólica. (Chua, 2011)

### **Soluciones cristaloides en el tratamiento de la cetoacidosis diabética.**

Las soluciones intravenosas las dividimos en dos grandes grupos que son las soluciones coloides y los cristaloides los cuales son los de interés para este trabajo de investigación.

Cristaloides no tamponados/desequilibrados.

La composición de la solución salina al 0,9 % fue mencionada por primera vez por Jakob Hamburger en la década de 1890. La solución salina al 0,9 % tiene una concentración de cloruro más alta que el plasma. En segundo lugar, la solución salina al 0,9 % tiene una diferencia de iones fuertes (DIF) diferente a la del plasma. Fuertes concentraciones de aniones en la solución. La DIF del líquido extracelular es de aproximadamente 40 mEq/l, mientras que la DIF de la solución salina al 0,9 % es cero. Después de una infusión de solución salina al 0,9 %, se produce una disminución neta de la DIF plasmática que da lugar a una acidosis hiperclorémica. La solución salina al 0,9 % a menudo se considera una solución relativamente hipertónica porque la suma de sus componentes osmóticamente activos da una osmolalidad teórica in vitro de 308 mosmol/kg H<sub>2</sub>O (154 mmol/l de sodio más 154 mmol/l de cloruro). Sin embargo, la solución salina al 0,9 % se denomina con más precisión solución isotónica, ya que sus componentes (sodio y cloruro) son solo parcialmente activos, con un coeficiente osmótico de 0,926. La osmolalidad calculada in vivo de la solución salina es de 285 mosmol/kgH<sub>2</sub>O, que es lo mismo que la osmolalidad del plasma. (Reddy, 2016)

Solución Hartmann

Alexis Hartmann, un médico alemán con la intención de tratar la acidosis en niños agregó lactato a la solución salina, que cuando se metaboliza predominantemente en el hígado, los músculos y los riñones, consume iones de hidrógeno y produce glucosa, agua y dióxido de carbono, por lo que actúa como base. (Khan, 2007)

La solución Hartmann es un líquido estéril e isotónico, con pH de 6 a 7.5, que contiene diversas sales que proporcionan varios de los electrolitos esenciales para el organismo. Cada 100 ml de la solución contiene 20 mg de cloruro de calcio, 30 mg de cloruro de potasio, 600 mg de cloruro de sodio y 310 mg de lactato de sodio. Así, cada litro de esta solución proporciona 130 meq de sodio, 4 meq de potasio, 3 meq de calcio, 109 meq de cloruro y 28 meq de lactato. Se distribuirá por el compartimiento extracelular (un 25% en el espacio intravascular y un 75% en el intersticial), provocando un aumento de volumen del mismo. De todos los componentes de la solución Hartmann, el lactato es el único que sufre un proceso de metabolismo celular. El lactato se metaboliza principalmente en el hígado. Este ion, una vez transportado al interior de la célula puede ser oxidado completamente hasta dióxido de carbono, con la consiguiente formación de agua y obtención de energía (vía oxidativa), o bien puede entrar en la vía de la gluconeogénesis para sintetizar glucosa. (Muñoz, 2021)

En el caso específico de pacientes con enfermedad renal crónica en tratamiento con hemodiálisis puede ser un reto ya que se estima que en pacientes con función renal conservada hay una pérdida de cinco a ocho litros, pero un paciente renal es diferente debido a la pérdida por diuresis osmótica. Por lo tanto, la reposición de líquido en estos casos debe incluir bolos de 250 a 500 ml guiados por el estado de volumen del paciente y en caso de sobrecarga significativa debe ser tratado con hemodiálisis. (Regmi, 2023)

Una propuesta para el manejo de volúmenes en pacientes críticos es un uso de ultrasonido a pie de cama, se ha visto que la medición del diámetro de la vena cava inferior, la relación diámetro de vena cava inferior/diámetro de la aorta abdominal mediante POCUS (point of care ultrasound) en pacientes con comorbilidades como insuficiencia cardíaca congestiva e insuficiencia renal crónica puede reducir el riesgo de problemas respiratorios secundarios a una reanimación alta de líquidos. (Dogan, 2019).

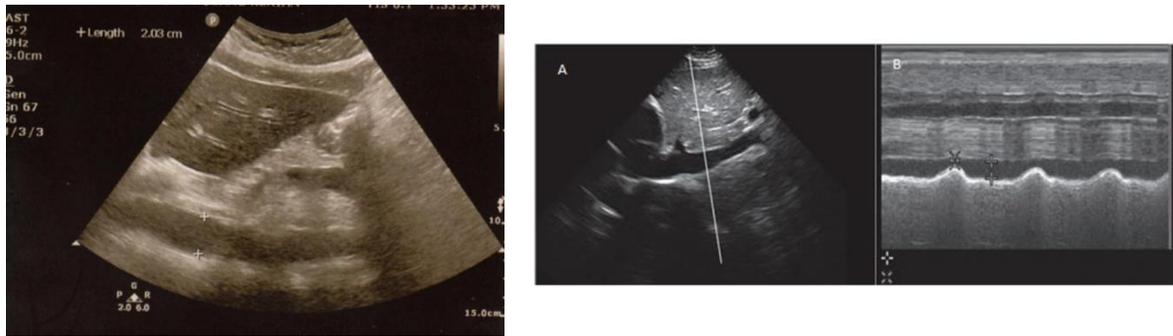


Figura 4. Medición de vena Cava por ultrasonido.

#### **Diferencia entre solución salina al 0.9% y solución Hartmann.**

La solución salina al 0.9% compuesta por concentraciones iguales de sodio y cloruro, es un líquido intravenoso de uso común sin embargo puede causar una acidosis metabólica sin desequilibrio aniónico ya que cuenta con un alto contenido de cloro en la solución salina. Estudios realizados en poblaciones humana y animales han correlacionado el uso de esta solución con vasoconstricción renal lo que lleva a mayor riesgo de lesión renal aguda. (Hoorn, 2020)

Por otro lado, los cristaloideos tamponados tienen una menor concentración de cloruro y la presencia de un tampón aniónico los cuales se convierten en bicarbonato tras su infusión lo que puede provocar alcalosis metabólica. (Selmer, 2017)

La infusión de solución Hartmann puede causar elevaciones en los niveles de lactato sérico, puede complicar la insuficiencia hepática. La solución Hartmann se puede convertir en glucosa y puede exacerbar la hiperglucemia en el entorno de la cetoacidosis o estado hiperosmolar. La solución Hartmann es una solución hipotónica y puede provocar hiponatremia cuando se utiliza para reanimar pacientes en estado crítico, este desequilibrio hidroelectrolítico también se considera un predictor de mortalidad hospitalaria. (Liu, 2019)

Las diferencias de bicarbonato se deben al hecho de que los cristaloideos balanceados contienen aniones adicionales como lactato, acetato y gluconato que actúan como amortiguadores que tienen un mayor efecto neutralizante o alcalinizante a la alta

concentración de ácidos con brecha aniónica alta, lo que conduce a una resolución más rápida. (Cathay, 2022)

Acidosis hiperclorémica.

Es un estado patológico que resulta de la pérdida de bicarbonato en lugar de la producción o retención de ácido, puede ser por causas gastrointestinales, renales o exógenas. El pH fisiológico normal es 7.35-7.45, una disminución en el pH por debajo de ese rango es acidosis con un aumento del cloruro iónico. El principal amortiguador de pH en el cuerpo humano es el sistema de equilibrio químico bicarbonato / dióxido de carbono. El  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato) actúa como sustancia alcalótica, mientras que el  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) funciona como un ácido. Por lo tanto la acidosis metabólica hiperclorémica es una disminución de los niveles de  $\text{HCO}_3^-$  en sangre. (Sharma, 2023)

Estudios han observado acidosis metabólica hiperclorémica en un 18.8% de su grupo de estudio. Se observó lesión renal aguda en el 38.4% que tenían acidosis metabólica normoclorémica y en el 83.3% con hiperclorémia. Aproximadamente el 50% de los pacientes desarrolló edema cerebral en el grupo de hiperclorémia y sólo el 3.8% desarrolló edema cerebral en el grupo normoclorémico. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas. La tasa de mortalidad en la acidosis metabólica normoclorémica e hiperclorémica fue del 3.8% y el 50% respectivamente. (Patil, 2021)

### **Solución Hartman como el pilar terapéutico de la cetoacidosis diabética.**

La solución Hartmann es un líquido intravenoso aceptable para la CAD ya que el tiempo para resolver la acidosis es similar al de la solución salina sin un mayor riesgo de hiperclorémia. (Yung, 2017) Se ha demostrado que la reanimación con solución Hartmann mantuvo estable el pH de la sangre en 7.40 mientras que a solución salina al 0.9% lo redujo ligeramente a 7.36, además se han demostrado sus efectos secundarios como vasoconstricción renal y caída de la tasa de filtración glomerular. (Dhatariya, 2020) Revisiones sistemáticas y metanálisis que comparan los beneficios clínicos de ambas soluciones tanto en población adulta como pediátrica, analizando un resultado único que es la resolución de la cetoacidosis. Las soluciones balanceadas como Hartmann redujo significativamente las concentraciones de cloruro en comparación con salina normal, dichas concentraciones elevadas de cloruro se han relacionado con mayores tasas de

insuficiencia renal y mortalidad en pacientes críticos, siendo la hipercloremia un condicionante importante para la disminución del filtrado glomerular. (Yaacob, 2023)

Algunos autores han propuesto a las soluciones balanceadas como la solución Hartmann, en el tratamiento de la cetoacidosis diabética. En paciente adulto el manejo hídrico de acuerdo a un sub análisis SALTED y SMART mostró en sus primeros resultados que el tiempo de resolución de cetoacidosis diabética el cual se tomó desde su llegada al área de urgencias hasta presentar criterios de resolución los cuales se tomaron de acuerdo al consenso de la asociación americana de diabetes (glucosa menor de 200mg/dl y dos de los siguientes, bicarbonato mayor o igual a 15 mEq/L, pH venoso mayor de 7.3y anion Gap menor o igual a 12 mEq/L. De acuerdo con este estudio los pacientes tratados con solución balanceada tuvieron una media de tiempo de resolución de 13.0 horas mientras que con la solución salina al 0.9% la media fue de 16.9 horas. (Self, 2020)

Ramanan et al. aportan la evidencia necesaria en su informe de los resultados del ensayo clínico de cruce de grupos SKOPE-DKA. No hubo diferencia a las 48 h, pero sí a las 24 h, con una resolución de más de dos tercios en el grupo solución balanceada en comparación con poco más de un tercio en el grupo de solución salina al 0.9%. Las implicaciones inmediatas son que solución salina al 0,9 % no tiene efectos nocivos sobre la resolución de la CAD en sí misma, pero que la fluidoterapia agrega acidosis hiperclorémica durante el tratamiento y que el acetoacetato de solución balanceada no afecta la eliminación de cetoácidos, aunque se metaboliza a través de esta vía metabólica. (Ramanan, 2021)

El ensayo BaSICS que evalúa otra solución como plasmalyte frente a solución salina al 0.9 % de en la mortalidad a los 90 días de los pacientes en estado crítico. Los pacientes de ambos grupos recibieron una mediana de 1.5 litros de líquido durante el primer día de inscripción. Para el día 90, el 26,4 % asignados a una solución balanceada murieron frente a un 27,2 % asignados a solución salina, el uso de una solución balanceada en comparación con una solución salina al 0,9 % no redujo significativamente la mortalidad a los 90 días, aunque los hallazgos no respaldan el uso de esta solución equilibrada. (Zampieri, 2021).

El estudio controlado aleatorizado BRISK-ED tuvo como objetivo principal demostrar la viabilidad de resultados clínicos y de seguridad del uso de soluciones balanceadas lo cual podría generar cambios en las recomendaciones actuales (Yan, 2023)

Otro estudio realizado en la universidad de Maryland comparó Plasmalyte vs solución salina al 0,9 % sobre el tiempo hasta la resolución de la cetoacidosis diabética, los pacientes fueron colocados en el grupo según el líquido predominante que recibieron durante la reanimación. Las características iniciales de los 2 grupos de estudio fueron similares. La media de bicarbonato fue de 14,83 mEq/L en el grupo de Plasmalyte en comparación con 14,34 mEq/L en el grupo de salina. El pH medio en el grupo Plasmalyte fue 7,21 en comparación con 7,25 en el grupo de solución salina. El volumen acumulado de todos los líquidos infundidos fue similar entre los dos las 12 horas iniciales después del inicio, el grupo Plasmalyte recibió una media de 2826 ml de PL y el grupo de solución salina recibió una media de 3111 ml. El grupo de solución salina tuvo una concentración de cloruro significativamente mayor, una concentración de potasio significativamente menor y un anión Gap significativamente menor en el período de 6 a 12 horas. En resultados dicho estudio promueve el uso de soluciones balanceadas (Oliver, 2018)

Chowdhury et al observa cambios plasmáticos en el líquido extracelular, el volumen renal, la velocidad del flujo de la arteria renal y la perfusión renal cortical usando resonancia magnética. A través de un protocolo aleatorizado doble ciego compara estrategias terapéuticas entre soluciones balanceadas y no balanceadas, muestra reducciones en la velocidad del flujo sanguíneo renal y de la perfusión tisular cortical con la administración de soluciones no balanceadas. Hallazgos compatibles con lo observado en estudios experimentales con animales que mostraron efectos desfavorables de los niveles elevados de cloro sobre la resistencia vascular renal, la tasa de filtrado glomerular y la actividad de la renina. (Chowdhury, 2012)

En 2012, Shaw et al realizó un análisis retrospectivo de pacientes sometidos a cirugía abdominal mayor con el objetivo de evaluar la morbilidad y la mortalidad en dos grupos de pacientes comparo solución salina al 0.9% vs soluciones balanceadas, el primer grupo fue reanimado con solución fisiológica al 0,9% y el segundo, con una solución balanceada sin calcio (Plasmalyte). El principal hallazgo fue que los pacientes sometidos a cirugías abdominales mayores y reanimados con soluciones no balanceadas

estuvieron expuestos a una tasa más alta de complicaciones y de empleo de recursos. Tuvieron una tasa más elevada de infecciones, requerimientos de terapia de reemplazo renal, transfusiones sanguíneas y alteraciones electrolíticas. (Shaw, 2012)

Múltiples estudios que hacen comparaciones entre el manejo con dichas soluciones y la mayoría concluyen en que volúmenes altos de solución salina al 0.9% se asocian a un mayor edema intersticial e hipercloremia de brecha anionica normal. Se ha demostrado que el uso de soluciones Hartman redujo el tiempo de estancia hospitalaria.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Determinar la eficacia de la solución Hartmann vs la solución salina 0.9% en el tratamiento de la cetoacidosis diabética.

### **Objetivos específicos**

- Comparar la efectividad de la solución Hartmann y solución salina al 0.9% a las 6 horas de tratamiento de la cetoacidosis diabética.
- Comparar la efectividad de la solución Hartmann y solución salina al 0.9% a las 12 horas de tratamiento de la cetoacidosis diabética

### **Hipótesis**

**Ha.** A las 6 horas de iniciado el tratamiento con solución Hartmann más del 50% presentan resolución, y con solución salina al 0.9% más del 30% presentan resolución

**Ho.** A las 6 horas de iniciado el tratamiento con solución Hartmann menos o igual al 50% presentan resolución, y con solución salina al 0.9% menos o igual al 30% presentan resolución.

**Ha.** A las 12 horas de iniciado el tratamiento con solución Hartmann más del 80% presentan resolución, y con solución salina al 0.9% más del 50% presentan resolución.

**Ho.** A las 12 horas de iniciado el tratamiento con solución Hartmann menos o igual al 80% presentan resolución, y con solución salina al 0.9% menos o igual al 50% presentan resolución.

### **Material y métodos.**

**Diseño:** observacional, retrospectivo, transversal y analítico

**Población:** expedientes de pacientes con diagnóstico de cetoacidosis diabética al ingreso al servicio de urgencias.

**Lugar:** Servicio de urgencias del Hospital General Regional 1, Instituto Mexicano del Seguro Social Querétaro.

**Tiempo:** enero del 2020 a diciembre del 2021

#### **Grupos de estudio**

- Grupo expuesto. Expediente de pacientes con cetoacidosis diabética tratados en el servicio de urgencias con solución Hartman
- Grupo no expuesto. Expediente de pacientes con cetoacidosis diabética tratados en el servicio de urgencias con solución salina 0.9%

#### **Criterios de selección**

#### **Criterios de inclusión**

- Edad mayor 16 años
- Que contaran con el diagnóstico de ingreso de cetoacidosis diabética
- Que hubieran recibido tratamiento extrahospitalario con cristaloides, no mayor a 12 horas
- Que contaran con estudios de laboratorio (biometría hemática, examen general de orina, química sanguínea, electrolitos séricos)
- Que tuvieran gasometría arterial al ingreso, a las 6 y 12 horas
- Que tuvieran hoja de enfermería con registro completo

### **Criterios de exclusión**

- Menores a 16 años
- Expedientes con diagnósticos de acidosis metabólica secundario a patologías distintas a la cetoacidosis diabética (enfermedad renal crónica, lesión renal aguda con criterios de diálisis, trombosis mesentérica, acidosis láctica)
- Comorbilidades conocidas que modifiquen el equilibrio ácido base (enfermedad renal crónica)
- Expedientes incompletos
- No contar con gasometría de ingreso o mediciones a las 6 y 12 horas
- Que hubieran recibido fluidoterapia diferente a los cristaloides (coloides)
- Registro de enfermería incompleto o con registros cualitativos.

### **Criterios de eliminación**

- Expedientes de pacientes con cetoacidosis diabética provenientes de otras unidades médicas y con tratamiento establecido por más de 12 horas.

### Tamaño de muestra

Se utilizó la fórmula de porcentajes para dos poblaciones con nivel de confianza del 95% para una cola ( $z\text{-alfa} = 1.64$ ), poder de la prueba de 80% ( $z\text{-beta} = 0.84$ ), asumiendo que el tratamiento con la solución Hartman, más del 50% de los pacientes a las 6 horas presentan resolución ( $p_1=0.50$ ) y cuando se utiliza solución salina al 0.9%, el 30% a las 6 horas presenta resolución ( $p_1=0.30$ ), con una  $n$  de 70 expedientes por grupo.

$$n = \frac{(Z\alpha + Z\beta)^2 (p_1q_1 + p_2q_2)}{(p_1 - p_2)^2}$$

$Z\alpha$ : 1.64

$Z\beta$ : 0.84

$p_1$ : 0.50

$q_1$ : 0.50

$p_2$ : 0.30

$q_2$ : 0.70

$n = 70$

### Técnica muestral

No aleatoria, muestreo por conveniencia

### Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Fuente
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Años	Cuantitativa discreta	Expediente clínico
Sexo	Condición orgánica que define el género.	Mujer Hombre	Cualitativa nominal	Expediente clínico
Cetoacidosis diabética (CAD)	Complicación aguda de la diabetes caracterizada por la nula o insuficiente producción de insulina acompañado de hiperglicemia y formación de cuerpos cetónicos.	Según los criterios para el diagnóstico pH < 7.30, HCO <sub>3</sub> < 15mmol/L, cetonas en orina mayor de 50, y glucosa mayor a 250mg/dl.	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico
CAD leve	Complicación aguda de la diabetes de severidad leve	De acuerdo a criterios de severidad pH 7.30-7.25, HCO <sub>3</sub> 15-18, Anión Gap 11-12	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico
CAD moderada	Complicación aguda de la diabetes de severidad moderada.	De acuerdo a criterios de severidad pH 7.24-7.0, HCO <sub>3</sub> 10-14, Anión Gap mayor a 12	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico
CAD severa	Complicación aguda de la diabetes de características severas.	De acuerdo a criterios de severidad pH menor a 7.0, HCO <sub>3</sub> menor a 10, Anión Gap mayor a 12	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico.
Solución cristaloides	Solución que contiene agua, electrolitos y/o	1. Solución salina 0.9%	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico

	azúcar en diferentes proporciones.	2. Solución Hartmann		
Cantidad de líquido administrado	Cantidad de solución utilizada durante el tratamiento de la cetoacidosis diabética	Total de litros administrados durante la estancia de tratamiento del paciente	Cuantitativo continuo	Expediente clínico
Gasometría arterial	Estudio de laboratorio la cual mide los gases en sangre	pH y HCO <sub>3</sub> reportado en la gasometría Ingreso 6 horas 12 horas	Cuantitativa continua	Expediente clínico
pH	Medida que indica acidez o alcalinidad de una sustancia	Se reporta en la gasometría como pH	Cuantitativo continuo	Expediente clínico.
HCO <sub>3</sub>	Sustancia que se forma a partir de ácido carbónico y que tiene un átomo de hidrógeno	Se reporta en la gasometría arterial como HCO <sub>3</sub> en mmol/l.	Cuantitativo continuo	Expediente clínico.
Hiperglicemia	Aumento de la cantidad de glucosa en sangre.	Glucosa mayor a 250mg/dl mg/dL	Cuantitativo continuo mg/dL	Expediente clínico.
Cetonuria	Presencia de cuerpos cetónicos en orina.	Cetonas en orina ++	Cualitativo ordinal + ++ +++	Expediente clínico
Efectividad de tratamiento	Capacidad del tratamiento para obtener el efecto deseado	Cuando cumplen con los criterios de resolución	Cualitativo nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico

Tiempo de tratamiento	Periodo de tiempo que se otorgó tratamiento con soluciones.	Periodo de tiempo desde su arribo al área de urgencias hasta contar con criterios de resolución. Horas	Cuantitativo discreto Horas	Expediente clínico
<b>Criterios de efectividad</b>				
Resuelto	Cumplir con criterios de resolución	Remisión de la complicación cumpliendo los siguientes criterios: pH mayor o igual a 7.3, CHO3 mayor o igual a 15mmol/L, glucosa menor a 250mg/dl	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico.
En vías de resolución	Cumplir con uno o dos criterios de resolución	Presencia de uno o dos de los siguientes criterios: pH mayor o igual a 7.3, CHO3 mayor o igual a 15mmol/L, glucosa menor a 250mg/dl	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico.
No resuelto	No presenta ningún criterio de resolución	No se cuenta con ninguno de los siguientes criterios: pH mayor o igual a 7.3, CHO3 mayor o igual a 15mmol/L, glucosa menor a 250mg/dl	Cualitativa nominal 1. Si 2. No	Expediente clínico.

## **Procedimiento**

Se envió el protocolo a SIRELCIS; una vez recibido dictamen de aceptación, se acudió con el jefe del servicio de urgencias, se solicitó la autorización de la recolección de datos y ulteriormente una vez autorizado se extrajeron los expedientes del censo diario de pacientes del periodo del 1 de enero de 2020 al 31 de diciembre del 2021, se revisó cada expediente clínico electrónico, aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión comentados se usaron para vaciar la información en el instrumento de recolección de datos.

Las variables recolectadas fueron edad, sexo, gravedad de la cetoacidosis, pH, HCO<sub>3</sub>, efectividad del tratamiento, glucosa, cetonuria, pH a las 6 horas.

Se creó la base de datos en un paquete estadístico y se vaciaron los datos recolectados en esta. Al término de la captura se realizó el análisis estadístico siendo descriptivo con medias y desviación estándar para variables cuantitativas, frecuencias absolutas y relativas para cualitativas. Inferencial con T de Student y Chi cuadrada siendo  $p < 0.05$  para ser significativo y utilizando el paquete estadístico SPSSv26.0.

## **Consideraciones éticas.**

En el presente estudio se contemplo la reglamentación ética vigente al someterse a un comité de investigación local en salud, ante el cual se presento para su revisión, evaluación y aceptación. Se apego a las normas institucionales y la Ley General de Salud en materia de experimentación en seres humanos y también en la declaración de Helsinki, Finlandia, actualizada en Corea 2008.

Se aplico la reglamentación de la norma. Oficial mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos corroborando que permanezcan los criterios de respeto a la dignidad del sujeto de investigación, la protección de sus derechos, así como. El bienestar y la conservación de su integridad física.

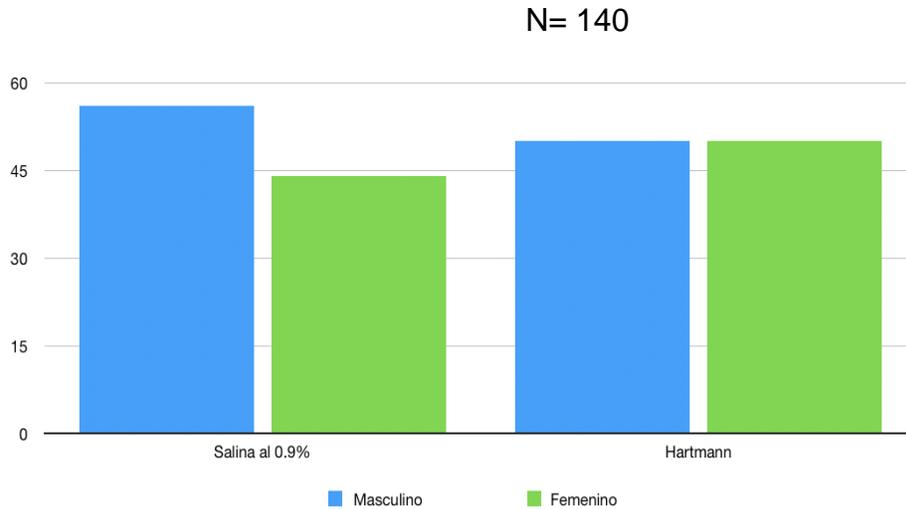
## Resultados.

Fueron seleccionados 140 pacientes para este estudio, de los cuales fueron 70 por cada grupo de comparación para poder identificar la eficacia de la solución Hartmann vs la solución salina 0.9% en el tratamiento de la cetoacidosis diabética, la media de edad fue de 55 años, mayor prevalencia de sexo masculino en el grupo de solución salina al 0.9% 39 casos (56%) y solución Hartmann en 35 casos (50%). Gráfica 1.

Las características de los exámenes de gasometría y cetonurias al ingreso fueron pH a las 6 horas con Hartmann en  $7.3 \pm 0.12$  y salina al 0.9% con  $7.3 \pm 0.08$ ;  $p < 0.029$ . Cetonurias +++ con Hartmann 22 (31%), salina al 0.9% en 24 (34%);  $p < 0.864$ . Tabla 1. El tipo de cetoacidosis diabética fue severa en salina con 30 (43%), Hartman en 31 (44%). Gráfica 2.

La efectividad del tratamiento fue mejor en el grupo de solución Hartmann, se encontró que 47 de 70 pacientes (67.14%) cumplieron criterios de resolución en las primeras 6 horas y 23 pacientes (32.85%) requirió 12 horas o mas de tratamiento para obtener resultados favorables. Por otro lado, los pacientes tratados con solución salina al 0.9%, 33 de 70 pacientes que representa 47.14% obtuvieron criterios de resolución en las primeras 6 horas de tratamiento y el otro 52.85% requirió de 12 horas o mas de tratamiento para cumplir los criterios de resolución. Gráfica 3.

Gráfica 1. Sexo de los pacientes con cetoacidosis diabética del estudio según grupo de tratamiento



Gráfica 2. Tipo de cetoacidosis diabética según grupo de tratamiento

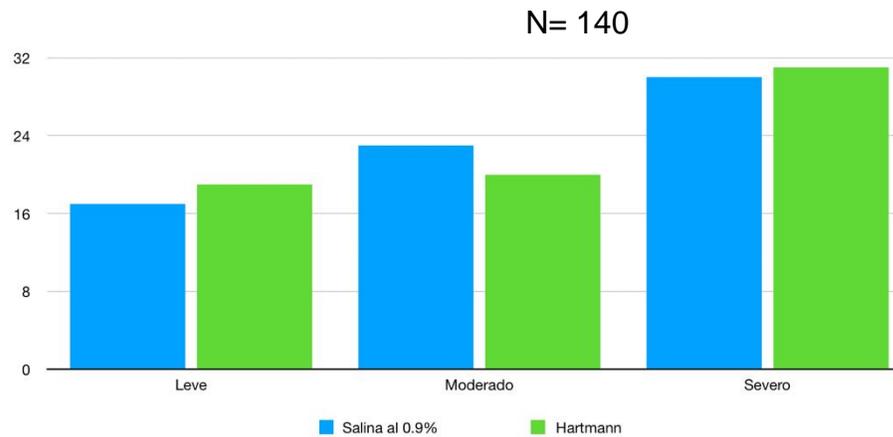


Tabla 1

	Salina al 0.9%	Hartmann
Leve	17	19
Moderado	23	20
Severo	30	31

Hospital General Regional 1, Instituto Mexicano del Seguro Social Querétaro.

Gráfica 3. Efectividad en el tratamiento de cetoacidosis diabética

N=140

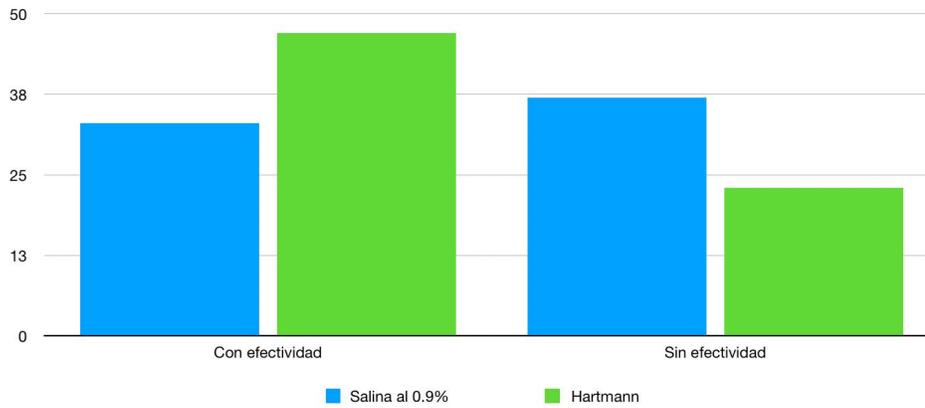


Tabla 1

	Salina al 0.9%	Hartmann
Con efectividad	33	47
Sin efectividad	37	23

Hospital General Regional 1, Instituto Mexicano del Seguro Social Querétaro.

**p<0.05 con Chi cuadrada con corrección de Yates**

Tabla 3. Resultado promedio de gasometría y cetonuria inicial por grupos

N= 140

Gasometría inicial	Salina 0.9% n= 70 (%)	Hartmann n= 70 (%)	*p
pH	7.08 ± 0.17	7.09 ± 0.16	<0.684
pH 6 horas	7.3 ± 0.12	7.3 ± 0.08	<0.029
HCO <sub>3</sub>	7.9 ± 4.8	7.8 ± 4.9	<0.899
Glicemia en mg/dl	486 ± 225	461 ± 179	<0.481
<b>Cetonurias</b>			<b>**&lt;0.864</b>
+	12 (17%)	16 (23%)	
++	36 (52%)	30 (43%)	
+++	22 (31%)	24 (34%)	

Hospital General Regional 1, Instituto Mexicano del Seguro Social Querétaro.

\*T de Student  
\*\*U de Mann Whitne

## Discusión.

La población estudiada reportó una media de edad de 55 años que de acuerdo a la literatura mayor edad se relaciona a un aumento en la morbimortalidad, costos de atención y reducen calidad de vida. (Dhatariya, 2020). En nuestro estudio se encontró mayor prevalencia en género masculino que se puede asociar a menor apego de hábito terapéutico y hábitos higiénicos dietéticos en nuestra población, a diferencia de lo reportado en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-2019 que menciona mayor prevalencia en mujeres que en hombres. (Shamah-Levy. 2020).

Dentro de las características de los exámenes elaborados de gasometría se observó el pH a las 6 horas después del tratamiento con salina al 0.9% en  $7.3 \pm 0.12$  y con Hartmann  $7.3 \pm 0.08$ ;  $p < 0.029$ , comprobando que el tratamiento con solución fisiológica tiende a extender el tiempo de resolución por la asociación a la acidosis metabólica hiperclorémica debido a la cantidad necesaria de solución para esta entidad por el elevado déficit de agua con el que cursan estos pacientes. (Yaacob, 2023)

El grado de severidad al que se enfrentaron ambas soluciones fue similar, el uso de solución Hartmann se asocia a una menor acidosis, mayor bicarbonato sérico post reanimación, menor requerimiento de líquido y un tiempo más corto en el uso de infusión de insulina; la solución balanceada reportó mayor efectividad dado que un porcentaje más alto de este grupo resolvió dentro de las primeras 6 horas, esto reduce tiempo de hospitalización, riesgo de infecciones nosocomiales y disminuye costos para la institución.

## Conclusiones.

Esta investigación permitió determinar el tiempo de efectividad en el tratamiento de los pacientes del área de urgencias de Hospital General Regional 1 IMSS Querétaro con diagnóstico de cetoacidosis diabética, se observó que hay mejor tiempo de resolución con soluciones balanceadas en este caso solución Hartmann ya que se obtuvieron criterios de resolución en 47 de los 70 pacientes tratados con esta solución dentro de las primeras 6 horas de tratamiento es decir el 67.14% de éxito en comparación con el 47.14% de éxito de la Solución salina al 0.9% a las 6 horas. Se observó que los niveles de glucosa a los que se enfrentaron las dos soluciones fueron muy cercanos, en promedio 436.20 mg/dl en pacientes con solución salina al 0.9% y 412.30mg/dl en pacientes con Hartmann, hablando del bicarbonato un promedio de 7.24 mEq en solución salina al 0.9% y 7.59 mEq en solución Hartmann se vio que los pacientes de la primera solución cursaron con menor cantidad de buffer que la segunda, en cuanto al pH la primera solución se enfrentó a un ambiente más ácido 7.018 en salina y 7.09 en la solución balanceada.

Los resultados los encontramos en la efectividad de utilizar soluciones balanceadas en este caso solución Hartmann, se observó una mejoría más rápida que a su vez contribuye a menor tiempo de hospitalización y complicaciones relacionadas al internamiento, los resultados estadísticos determinan que la diferencia entre soluciones es estadísticamente significativa y puede ser de utilidad para el tratamiento de este tipo de pacientes.

### **Propuestas.**

1. Promover en uso de soluciones balanceadas se recomienda para el manejo inicial de la cetoacidosis diabética en el servicio de urgencias.
2. Continuar con los estudios de investigación añadiendo un mayor número de pacientes, agregando también la comparación con el uso de soluciones hipotónicas y administración de bicarbonato que pueden incidir directamente en la evolución de la gravedad y tiempo de resolución.
3. Monitorear adecuadamente las diferentes variables a considerar en la resolución de la cetoacidosis diabética en el tiempo establecido para cada una de ellas.
4. Individualizar cada caso tomando en cuenta, edad, comorbilidades, desequilibrios hidroelectrolíticos y factores desencadenantes para una correcta reanimación hídrica de nuestros pacientes.
5. Capacitar al personal del área de urgencias para el correcto uso de herramientas como ultrasonido para una reanimación hídrica mejor dirigida.

## Referencias bibliográficas

1. Naranjo-Hernández, Y. (2016). La diabetes mellitus: un reto para la Salud Pública. *Revista Finlay*.
2. Cruz, R. E. (2013). Nefropatía diabética en pacientes con diabetes tipo 2. *Rev cubana de med*.
3. Shamah-Levy, T., Vielma-Orozco, E., Heredia-Hernández, O., Romero-Martínez, M., Mojica-Cuevas, J., Cuevas-Nasu, L., Santaella-Castell, J. A., & Rivera-Dommarco, J. (2020). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: Resultados Nacionales.
4. Frenk, J. (2007). Tender puentes: lecciones globales desde México sobre políticas de salud basadas en evidencias. *Salud publica de Mexico*, 49, s14–s22. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342007000700006>
5. López C Y Ávalos, M. (2013). Diabetes Mellitus hacia una perspectiva social. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2), 331–345.
6. Sierra-Vargas, E. C., Muñoz-Mejía, Ó. A., Zamudio-Burbano, M. Á., Gómez-Corrales, J. D., Builes-Barrera, C. A., & Román-González, A. (2020). Cetoacidosis diabética: características epidemiológicas y letalidad en adultos atendidos en un hospital universitario en Colombia. *IATREIA*, 34(1), 7–14. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.63>
7. Santana Suarez JC, Licoa Zavala JK, Rosero Oñate MA. Comorbilidades asociadas a la diabetes mellitus tipo II: causas, consecuencias y prevalencia en adultos mayores. *MQRInvestigar [Internet]*. 2023;7(1):995–1027. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.56048/mqr20225.7.1.2023.995-1027>

8. Lotfy, M., Adeghate, J., Kalasz, H., Singh, J., & Adeghate, E. (2017). Chronic complications of diabetes mellitus: A mini review. *Current Diabetes Reviews*, 13(1), 3–10. <https://doi.org/10.2174/157339981266615101610162>
9. Rewers, A., Cowie, C. C., Casagrande, S. S., & Menke, A. (2018). Bethesda (MD): National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (US). *En Diabetes in America*.
10. Alghamdi, M. A., Alzahrani, A. M., Alshams, H. A., Saif, M. H., Moafa, A. M., & Alenzi, M. M. (2021). Hyperosmolar Hyperglycemic State Management in the Emergency Department. *Literature Review Arch Pharma Pract*, 12(1), 37–40.
11. Lovegrove, S. S., & Dubbs, S. B. (2023). Hyperosmolar hyperglycemic States. *Emerg Med Clin North Am*, 41(4), 687–696.
12. Mustafa, O. G., Haq, M., Dashora, U., Castro, E., Dhatariya, K. K., & the Joint British Diabetes Societies (JBDS) for Inpatient Care Group. (2023). Management of hyperosmolar hyperglycaemic state (HHS) in adults: An updated guideline from the joint British diabetes societies (JBDS) for inpatient care group. *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association*, 40(3). <https://doi.org/10.1111/dme.15005>
13. Alhatemi, G., Aldiwani, H., Alhatemi, R., Hussein, M., Mahdai, S., & Seyoum, B. (2022). Glycemic control in the critically ill: Less is more. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 89(4), 191–199. <https://doi.org/10.3949/ccjm.89a.20171>
14. Nares-Torices, M. A., González-Martí-Nez, A., Martínez-Ayuso, F. A., & Morales-Fernández, M. O. (2018). Hipoglucemia: el tiempo es cerebro. ¿Qué estamos haciendo mal? *Med Int Méx*, 34(6).

15. Ferreira, J. (s/f). Manejo diagnóstico y terapéutico de la cetoacidosis diabética. *Tendencia en medicina*. julio de, 2020, 103–111.
16. Umpierrez, G. E. (2020). Hyperglycemic Crises: Diabetic Ketoacidosis and Hyperglycemic Hyperosmolar State. En: *Endocrinology*, 595–614.
17. Tzimenatos, L., & Nigrovic, L. E. (2021). Managing diabetic ketoacidosis in children. *Annals of Emergency Medicine*, 78(3), 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2021.02.028>
18. Cashen, K., & Petersen, T. (2019). Diabetic ketoacidosis. *Pediatrics in Review*, 40(8), 412–420. <https://doi.org/10.1542/pir.2018-0231>
19. Fayfman, M., Pasquel, F. J., & Umpierrez, G. E. (2017). Management of hyperglycemic crises: Diabetic ketoacidosis and hyperglycemic hyperosmolar state. *The Medical Clinics of North America*, 101(3), 587–606. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2016.12.011>
20. Mills, L. S., & Stamper, J. E. (2014). Adult diabetic ketoacidosis: Diagnosis, management and the importance of prevention. *Journal of Diabetes Nursing*, 18, 8–12.
21. French, K., Donihi, E., & Korytkowski, A. C. (2019). Diabetic ketoacidosis and hyperosmolar hyperglycemic syndrome: review of acute decompensated diabetes in adult patients. *BMJ*, 365.

22. Elzouki, A.-N., & Eledrisi, M. (2020). Management of diabetic ketoacidosis in adults: A narrative review. *Saudi Journal of Medicine and Medical Sciences*, 8(3), 165. [https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms\\_478\\_19](https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_478_19)
23. Salas-Zapata, L., Palacio-Mejía, L. S., Aracena-Genao, B., Hernández-Ávila, J. E., & Nieto-López, E. S. (2018). Costos directos de las hospitalizaciones por diabetes mellitus en el Instituto Mexicano del Seguro Social. *Gaceta Sanitaria*, 32(3), 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.06.015>
24. Dhatariya, K. K. (2022). Joint British Diabetes Societies for Inpatient Care. The management of diabetic ketoacidosis in adults-An updated guideline from the Joint British Diabetes Society for Inpatient Care. *DiabetMed*, 39(6).
25. Tran, T. T. T., Pease, A., Wood, A. J., Zajac, J. D., Mårtensson, J., Bellomo, R., & Ekinci, E. I. I. (2017). Review of evidence for adult diabetic ketoacidosis management protocols. *Frontiers in Endocrinology*, 8, 106. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00106>
26. Goguen, J., & Gilbert, J. (2018). Hyperglycemic emergencies in adults. *Canadian Journal of Diabetes*, 42, S109–S114. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2017.10.013>
27. Chua, H. R., Schneider, A., & Bellomo, R. (2011). Bicarbonate in diabetic ketoacidosis - a systematic review. *Annals of Intensive Care*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-1-23>
28. Reddy, S., Weinberg, L., & Young, P. (2016). Crystalloid fluid therapy. *Critical Care (London, England)*, 20(1), 59. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1217-5>

29. Khan, M. A., & Garner, J. P. (2007). Hartmann's solution in haemorrhagic shock - now and the future. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 153(2), 81–85. <https://doi.org/10.1136/jramc-153-02-01>
30. Muñoz, (2021), Uso de cristaloides en la reanimación del paciente crítico. *Revista Chilena de Anestesia*, 50(2). <https://doi.org/10.25237/revchilanestv50n02-05>
31. Regmi, M., Karki, A., Bhandari, S., Shrestha, M., & Kafle, P. (2023). Management of diabetic ketoacidosis in a patient with chronic kidney disease under maintenance hemodialysis: A case report. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.42700>
32. Dogan, S., Kalafat, U. M., Bildik, B., Guven, R., Ozucelik, D. N., Dorter, M., & Cander, B. (2019). Evaluation of fluid therapy by point-of-care ultrasound in hyperglycemic emergencies. *Asian Journal of Medicine and Health*, 1–10. <https://doi.org/10.9734/ajmah/2019/v16i430151>
33. Hoorn, E. J. (2020). Correction to: Intravenous fluids: balancing solutions. *Journal of Nephrology*, 33(2), 387. <https://doi.org/10.1007/s40620-020-00704-5>
34. Semler, M., Self, W., & Rice, T. (2017). Balanced crystalloids vs saline for critically ill adults. *Chest*, 152(4), A1120. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.09.009>
35. Liu, C., Lu, G., Wang, D., Lei, Y., Mao, Z., Hu, P., Hu, J., Liu, R., Han, D., & Zhou, F. (2019). Balanced crystalloids versus normal saline for fluid resuscitation in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *The American Journal of Emergency Medicine*, 37(11), 2072–2078. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.02.045>
36. Catahay, J. A., Polintan, E. T., Casimiro, M., Notarte, K. I., Velasco, J. V., Ver, A. T., Pastrana, A., Macaranas, I., Patarroyo-Aponte, G., & Lo, K. B. (2022). Balanced

electrolyte solutions versus isotonic saline in adult patients with diabetic ketoacidosis: A systematic review and meta-analysis. *Heart & Lung: The Journal of Critical Care*, 54, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2022.03.014>

37. Sharma, S., Hashmi, M. F., & Aggarwal, S. (2023). *Hyperchloremic Acidosis*. StatPearls Publishing.

38. Patil, A. K., & Vishwanath, B. (2021). Hyperchloremic metabolic acidosis in diabetic ketoacidosis – boon or bane in Paediatrics? Prospective cohort study. *Journal of Nepal Paediatric Society*, 41(3), 402–407. <https://doi.org/10.3126/jnps.v41i3.32410>

39. Yung, M., Letton, G., & Keeley, S. (2017). Controlled trial of Hartmann's solution versus 0.9% saline for diabetic ketoacidosis: Controlled trial of Hartmann's solution in DKA. *J Paediatr Child Health*, 53(1), 12–17.

40. Dhatariya, K. K., Glaser, N. S., Codner, E., & Umpierrez, G. E. (2020). Diabetic ketoacidosis. *Nature Reviews. Disease Primers*, 6(1), 40. <https://doi.org/10.1038/s41572-020-0165-1>

41. Yaacob, N., Tamzil, R., Noor, N., & Baharuddin, K. (2023). Comparing the clinical effects of balanced electrolyte solutions versus normal saline in managing diabetic ketoacidosis: A systematic review and meta-analyses. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 23(3), 131. [https://doi.org/10.4103/tjem.tjem\\_355\\_22](https://doi.org/10.4103/tjem.tjem_355_22)

42. Self, W. H., Evans, C. S., Jenkins, C. A., Brown, R. M., Casey, J. D., & Collins, S. P. (2020). Clinical effects of balanced crystalloids vs saline in adults with diabetic ketoacidosis: A subgroup analysis of cluster randomized clinical trials: A subgroup analysis of cluster randomized clinical trials. *JAMA Netw Open*, 3(11).

43. Ramanan, M., Attokaran, A., Murray, L., Bhadange, N., Stewart, D., Rajendran, G., Pusapati, R., Petty, M., Garrett, P., Kruger, P., Peake, S., Billot, L., Venkatesh, B., & SCOPE-DKA Collaborators and Queensland Critical Care Research Network (QCCRN). (2021). Sodium chloride or Plasmalyte-148 evaluation in severe diabetic ketoacidosis (SCOPE-DKA): a cluster, crossover, randomized, controlled trial. *Intensive Care Medicine*, 47(11), 1248–1257. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06480-5>
44. Zampieri, F. G., Machado, F. R., Biondi, R. S., Freitas, F. G. R., Veiga, V. C., Figueiredo, R. C., Lovato, W. J., Amêndola, C. P., Serpa-Neto, A., Paranhos, J. L. R., Guedes, M. A. V., Lúcio, E. A., Oliveira-Júnior, L. C., Lisboa, T. C., Lacerda, F. H., Maia, I. S., Grion, C. M. C., Assunção, M. S. C., Manoel, A. L. O., ... BaSICS investigators and the BRICNet members. (2021). Effect of intravenous fluid treatment with a balanced solution vs 0.9% saline solution on mortality in critically ill patients: The BaSICS randomized clinical trial: The BaSICS randomized clinical trial. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 326(9), 818. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.11684>
45. Yan, J. W., Slim, A., Van Aarsen, K., Choi, Y.-H., Byrne, C., Poonai, N., Collins, H., & Clemens, K. K. (2023). Balanced crystalloids (Ringer's lactate) versus normal Saline in adults with diabetic Ketoacidosis in the Emergency Department (BRISK-ED): a protocol for a pilot randomized controlled trial. *Pilot and Feasibility Studies*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40814-023-01356-5>
46. Oliver, W. D., Willis, G. C., Hines, M. C., & Hayes, B. D. (2018). Comparison of Plasma-Lyte A and sodium chloride 0.9% for fluid resuscitation of patients with diabetic ketoacidosis. *Hospital Pharmacy*, 53(5), 326–330. <https://doi.org/10.1177/0018578718757517>

47. Chowdhury, A. H., Cox, E. F., Francis, S. T., & Lobo, D. N. (2012). A randomized, controlled, double-blind crossover study on the effects of 2-L infusions of 0.9% saline and plasma-lyte® 148 on renal blood flow velocity and renal cortical tissue perfusion in healthy volunteers. *Annals of Surgery*, 256(1), 18–24. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e318256be72>
48. Shaw, A. D., Bagshaw, S. M., Goldstein, S. L., Scherer, L. A., Duan, M., Schermer, C. R., & Kellum, J. A. (2012). Major complications, mortality, and resource utilization after open abdominal surgery: 0.9% Saline compared to plasma-lyte. *Annals of Surgery*, 255(5), 821–829. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e31825074f5>
49. Care, D. (1998). How Do We Knew? Reflections on qualitative research in diabetes. 21.
50. Gosmanov, A. R., Gosmanova, E. O., & Dillard-Cannon, E. (2014). Management of adult diabetic ketoacidosis. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 7, 255–264. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S50516>
51. Hernández-Ávila, M., Pablo Gutiérrez, J., & Reynoso-Noverón, N. (2013). Diabetes mellitus en México. El estado de la epidemia. *Salud Publica de Mexico*, 55(Supl.2), 129. <https://doi.org/10.21149/spm.v55s2.5108>

## Anexos

**Instituto Mexicano del Seguro Social  
Hospital General Regional No. 1  
Delegación Querétaro**

### Herramienta de recolección de datos

**“Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartman en el tratamiento de la cetoacidosis diabética”**

Fecha \_\_\_\_\_

Folio \_\_\_\_\_

Edad (años) _____	Sexo  1. Hombre  2. Mujer	Diagnóstico de cetoacidosis diabética de ingreso 1. Si 2. No		
		Clasificación de la CAD	Leve	1. Si 2. No
			Moderada	1. Si 2. No
			Severa	1. Si 2. No

Gasometría arterial					
Ingreso		6 horas		12 horas	
pH	_____	pH	_____	pH	_____
HCO <sub>3</sub>	_____ mmol/L	HCO <sub>3</sub>	_____ mmol/L	HCO <sub>3</sub>	_____ mmol/L
Glucosa sérica					
Glucosa sérica	_____ mg/dl	Glucosa sérica	_____ mg/dl	Glucosa sérica	_____ mg/dl
Cetonas en orina 1. Si 2. No					

Cristaloide utilizado		
Tipo	Cantidad (litros)	Tiempo de tratamiento (horas)
1. Solución Hartman 2. Solución salina 0.9%	_____ L	_____ horas

Criterios de efectividad		
Resuelto	En vías de resolución	No resuelto
1. Si 2. No	1. Si 2. No	1. Si 2. No
Cumple con los siguientes criterios <ul style="list-style-type: none"> <li>• pH mayo o igual a 7.3</li> <li>• HCO<sub>3</sub> mayor o igual a 15mmol/L</li> <li>• Glucosa menor a 250mg/dl</li> </ul>	Cumple con 1 o 2 de los siguientes criterios <ul style="list-style-type: none"> <li>• pH mayo o igual a 7.3</li> <li>• HCO<sub>3</sub> mayor o igual a 15mmol/L</li> <li>• Glucosa menor a 250mg/dl</li> </ul>	No cumple ninguno de los siguientes criterios <ul style="list-style-type: none"> <li>• pH mayo o igual a 7.3</li> <li>• HCO<sub>3</sub> mayor o igual a 15mmol/L</li> <li>• Glucosa menor a 250mg/dl</li> </ul>

## Carta de no inconveniente



Instituto Mexicano del Seguro Social.  
Órgano de operación Administrativa  
Jefatura de servicios de Prestaciones Médicas  
Coordinación de Planeación y Enlace Institucional  
Coordinación Auxiliar Médica de Investigación en Salud

Querétaro, Querétaro a 03 de 11 del 2022

**Sistema de Registro Electrónico de la Coordinación de investigación en Salud (SIRELCIS)**

**Asunto: Carta de No inconveniente para la realización de Protocolo de investigación**  
Por medio de la presente, me permito informar que no existe inconveniente alguno para que se realice el protocolo de investigación que a continuación se describe, una vez que haya sido evaluado y aprobado por el comité Local de investigación en Salud y el Comité de Ética en investigación del Hospital General Regional No.1, Querétaro.

**Título de la investigación.**

Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartman en el tratamiento de la cetoacidosis diabética

**Investigador principal**

Dr. Franklin Ríos Jaimes, Médico Especialista en Urgencias Médico-Quirúrgicas, adscrito al servicio de Urgencias del HGR1 IMSS Querétaro, matrícula 99235935.

**Investigador adjunto.**

Dr. Ricardo Gómez Araujo, médico residente del tercer año de la especialidad en Urgencias Médico-Quirúrgicas, adscrito al Hospital General Regional No 1, Querétaro, matrícula 98231599

**Asesor de tesis.**

Dr. Franklin Ríos Jaimes, Médico Especialista en Urgencias Médico-Quirúrgicas, adscrito al servicio de Urgencias del HGR1 IMSS Querétaro, matrícula 99235935.

**Investigación vinculada a tesis.**

Si.

Sin más por el momento, agradezco su atención y envío un cordial saludo.

**Atentamente.**

**Dra. Patricia Medina Mejia**  
Director del HGR No 1. Qro

## Consentimiento informado



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLITICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD**

### **CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (ADULTOS)**

#### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del estudio:

Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartman en el tratamiento de la cetoacidosis diabética

Patrocinador externo (si aplica):

No aplica

Lugar y fecha:

Urgencias HGR 1. IMSS, Qro.

Número de registro:

Pendiente

Justificación y objetivo del estudio:

Determinar la eficacia de la solución Hartman vs la solución salina 0.9% en el tratamiento de la cetoacidosis diabética

Procedimientos:

La estrategia será la recolección de datos a través del expediente clínico electrónico.

Posibles riesgos y molestias:

Ninguno debido al diseño de estudio (Cohorte retrospectivo)

Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:

Mejorar los tiempos de estancia hospitalaria

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:

Participación o retiro:

Privacidad y confidencialidad:

Los resultados se mantendrán bajo la confidencialidad, los cuales solo serán usados con el propósito de dicho estudio.

En caso de colección de material biológico (si aplica):

No autoriza que se tome la muestra.  
Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.  
Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.

Disponibilidad de tratamiento médico en

Si aplica

derechohabientes (si aplica):

Beneficios al término del estudio:

Si aplica

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigadores

Responsables:

M.E. Franklin Ríos Jaimes. Especialista en Urgencias Médico Quirúrgicas

Adscripción: Hospital General Regional No. 1 IMSS Qro.

M.C. Ricardo Gómez Araujo. Residente de tercer año de la Especialidad de Urgencias Médico Quirúrgicas Adscripción: Hospital General Regional No. 1 IMSS Qro

Colaboradores:

Dr. Enrique Villarreal Rios

Unidad de Investigación Epidemiológica y en Servicios de Salud  
Hospital General Regional No 1 IMSS Querétaro

M.E. Esther Tahuilán Bello. Especialista en Urgencias Médico Quirúrgicas

Adscripción: Hospital General Regional 1, IMSS Qro

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del sujeto

Testigo 1

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Testigo 2

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio

**Clave: 2810-009-013**



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



**Dictamen de Aprobado**

Comité Local de Investigación en Salud **2201**.  
H GRAL REGIONAL NUM 1

Registro COFEPRIS **17 CI 22 014 021**  
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 22 CEI 001 2018073**

FECHA **Miércoles, 07 de diciembre de 2022**

**M.E. Franklin Ríos Jaimes**

**PRESENTE**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **Eficacia de la solución salina al 0.9% vs solución Hartman en el tratamiento de la cetoacidosis diabética** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **PROBADO**:

Número de Registro Institucional

R-2022-2201-128

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, ~~requerirá~~ solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

**Mtra. Patricia Medina Mejía**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 2201

Imprimir

**IMSS**

SEGUROS Y SALUD PÚBLICA SOCIAL