

Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

"Efecto del sulfato de magnesio sobre la profundidad de la sedación medida por el índice biespectral en pacientes sometidos a procedimientos endoscópicos en el Hospital General de Querétaro"

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la Especialidad en

ANESTESIOLOGÍA

Presenta:
Med. Gral. Adilene Monserrat Tajimaroa Andrade

Dirigido por:
Med. Esp. Noé Ramírez Reséndiz

Querétaro, Qro, Abril de 2026

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

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.

Hoja de firmas

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina

"Efecto del sulfato de magnesio sobre la profundidad de la sedación medida por el índice biespectral en pacientes sometidos a procedimientos endoscópicos en el Hospital General de Querétaro"

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ANESTESIOLOGÍA

Presenta:
Med. Gral. Adilene Monserrat Tajimaroa Andrade

Dirigido por:
Med. Esp. Noé Ramírez Reséndiz
Presidente

Med. Esp. Karina Herrera Prado
Secretario

Med. Esp. Nicolás González Espinosa
Vocal

Med. Esp. Antonio Rivera de la Vega
Suplente

Med. Esp. José Juan Jiménez López
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Abril 2026
México.

Resumen

Introducción: La sedación con Propofol es ampliamente usada en procedimientos endoscópicos, aunque su uso se ha asociado a efectos adversos dependientes de la dosis. El sulfato de magnesio ha demostrado ser un coadyuvante en la sedación, además de tener propiedades analgésicas, que pueden disminuir los requerimientos de Propofol. La evidencia para evaluar el impacto sobre la profundidad de la sedación, medido con el índice biespectral, aún es limitada actualmente.

Objetivo: Evaluar el efecto del sulfato de magnesio intravenoso sobre la profundidad de la sedación, medida por BIS, en pacientes sometidos a endoscopia con sedación basada en propofol.

Material y métodos: Se realizó una investigación tipo analítica, intervencional y cuasi experimental en el Hospital General de Querétaro, se incluyeron pacientes sometidos a procedimientos endoscópicos programados de enero a marzo 2026, quienes fueron dividido en dos grupos: uno recibió sulfato de magnesio como coadyuvante de la sedación, y el otro con manejo estándar. Se realizó un análisis empleando la prueba de chi cuadrada para variables cualitativas, y U de Mann para variables cuantitativas.

Resultados: 126 pacientes, 63 por grupo; 100% inició con BIS de 91-100 y 100% alcanzó sedación en rango de 70-90 en ambos grupos; la mediana de propofol fue de 130 mg (RIC 40) con sulfato de magnesio y 130 mg (RIC 30) sin sulfato (p 0.078); no hubo eventos adversos en 92.1% y 95.2%, respectivamente.

Conclusión: La administración intravenosa de sulfato de magnesio no modificó de forma significativa la profundidad de la sedación medida por BIS ni redujo el consumo total de propofol durante la endoscopia; los hallazgos apoyan la hipótesis nula, aunque el fármaco mostró un perfil de seguridad aceptable, con hipotensión en 6.3% frente a 1.6%.

Palabras clave: Sulfato de magnesio, sedación, endoscopia, índice bispectral, anestesiología.

Summary

Introduction: Propofol sedation is widely used in endoscopic procedures, although its use has been associated with dose-dependent adverse effects. Magnesium sulfate has been shown to be an adjunct to sedation, in addition to having analgesic properties, which can reduce propofol requirements. Evidence to evaluate its impact on the depth of sedation, measured by the bispectral index (BIS), is currently limited.

Objective: To evaluate the effect of intravenous magnesium sulfate on the depth of sedation, measured by BIS, in patients undergoing endoscopy with propofol-based sedation.

Materials and methods: An analytical, interventional, and quasi-experimental study was conducted at the General Hospital of Querétaro. Patients undergoing scheduled endoscopic procedures from January to March 2026 were included and divided into two groups: one received magnesium sulfate as an adjunct to sedation, and the other received standard management. An analysis was performed using the chi-square test for qualitative variables and the Mann-Williams test for quantitative variables.

Results: 126 patients, 63 per group; 100% started with a BIS score of 91-100 and 100% achieved sedation in the 70-90 range in both groups; the median propofol dose was 130 mg (IQR 40) with magnesium sulfate and 130 mg (IQR 30) without sulfate (p 0.078); there were no adverse events in 92.1% and 95.2%, respectively.

Conclusion: Intravenous administration of magnesium sulfate did not significantly modify the depth of sedation measured by BIS nor reduce the total propofol consumption during endoscopy; the findings support the null hypothesis, although the drug showed an acceptable safety profile, with hypotension occurring in 6.3% versus 1.6%.

Keywords: Magnesium sulfate, sedation, endoscopy, bispectral index, anesthesiology.

Dedicatorias

A mis papás, por ser mi mas grande apoyo durante toda mi formación y por haberme enseñado que no había mejor herencia que el estudio, que el culminar una carrera me daría la seguridad necesaria para ser una mujer independiente y libre. A mi hermana, que en cada momento que estaba a punto de desistir me motivaba a seguir de cualquier manera.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por ser mi más grande apoyo a pesar de la distancia.
A mis profesores y maestros por toda la enseñanza brindada.
A mis compañeros de generación por ser el mejor equipo para esta aventura.
Al Dr. Mario Ortiz Amezola, por sostenerme en cada día difícil y mantenerme con vida estos 3 años.

Índice

Resumen iii
Summary iv
Dedicatorias v
Agradecimientos vi
Índice vii
Índice de cuadros y figuras viii
Abreviaturas y siglas ix
I. Introducción 1
II. Antecedentes y estado del arte 2
III. Fundamentación teórica 8
IV. Hipótesis 12
V. Objetivos 13
V.1. General 13
V.2. Específicos 13
VI. Material y métodos 14
VI.1. Tipo de investigación 14
VI.2. Población o unidad de análisis 14
VI.3. Muestra y tipo de muestra 14
VI.4. Criterios de selección 15
VI.5. Variables estudiadas 16
VI.6. Técnicas e instrumentos 17
VI.7. Análisis estadístico 18
VII. Resultados 19
VIII. Discusión 22
IX. Conclusiones 26
X. Propuestas 27
XI. Referencias bibliográficas 28
XII. Anexos 33

Índice de cuadros y figuras

Tabla/Figura	pág.
Figura 1. Sulfato de magnesio	19
Figura 2. Consumo de Propofol según grupo de intervención	21
Tabla 1. Sexo y características del procedimiento	20
Tabla 2. Sedación y eventos adversos	20
Tabla 3. Edad y dosis de fármacos	21

Abreviaturas y siglas

BIS: Índice Biespectral

ASA: Sociedad Americana de Anestesiólogos / Clasificación del estado físico ASA

IV: Intravenoso(a)

mg: Miligramos

mg/kg: Miligramos por kilogramo de peso

NMDA: N-metil-D-aspartato

FC: Frecuencia cardiaca

PA: Presión arterial

SNC: Sistema nervioso central

Hg: Mercurio, unidad usada en mmHg para presión arterial

I. Introducción

La endoscopia digestiva tiene tres aplicaciones principales: como diagnóstico para identificar el origen de una hemorragia digestiva, estadificar cánceres digestivos y para la obtención de muestras para cultivo o histología; como tratamiento en la realización de hemostasias, resección de lesiones, remodelado del tubo digestivo en pacientes con obesidad, y para la creación de comunicaciones entre luces o hacia colecciones de líquido; y como técnicas de modalidad combinadas con radiología intervencionista o cirugía (Goldman & Cooney, 2024).

El procedimiento consiste en la inserción de endoscopio flexible equipado con cámara de video de alta resolución y dos haces de luz de fibra óptica. La endoscopia digestiva alta permite la visualización desde la faringe posterior hasta la segunda porción del duodeno, y la colonoscopía permite la visualización del recto hasta la válvula ileocecal. Otra modalidad es la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica, la cual permite la visualización del árbol biliar y conductos pancreáticos (Goldman & Cooney, 2024).

El tipo de cámara que se utiliza y la duración del procedimiento es variable según el padecimiento y la indicación de la endoscopia. Para su realización, los procedimientos pueden ser sin sedación, con un anestésico local solo o en combinación con un sedante o analgésico. La selección de la sedación depende de igual forma de la naturaleza y complejidad del procedimiento, factores locales y factores propios del paciente (Sidhu et al., 2024).

Previo a la realización del procedimiento es importante aplicar a los pacientes la clasificación del estado físico de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos (ASA), la cual sirve para estimar el riesgo anestésico del paciente. Se describen seis clasificaciones: ASA I, paciente sano normal; ASA II, paciente con enfermedad sistémica leve, ASA III, paciente con enfermedad sistémica grave; ASAS IV, paciente con enfermedad sistémica grave la cual es una amenaza constante para la vida; ASA V, paciente moribundo que no se espera sobreviva sin operación; y ASA VI, paciente con muerte cerebral declarada cuyos órganos se extraen para donación (Pedrosa et al., 2021).

II. Antecedentes y estado del arte

Sedación

La sedación hace referencia a la administración de fármacos para ayudar a relajar a los pacientes durante una intervención quirúrgica o procedimiento. Este es un continuo que va desde la sedación mínima hasta la anestesia general. En la sedación mínima o ansiólisis los pacientes responden normalmente las órdenes verbales, la función ventilatoria y vascular no se ven afectados, así como los reflejos respiratorios, aunque la función cognitiva y coordinación física pueden afectarse. Generalmente se llega a este nivel con una dosis única oral de sedante o analgésico previo al procedimiento ("Practice guidelines for moderate procedural sedation and analgesia 2018," 2018).

La sedación moderada o sedación consciente, se realiza frecuentemente combinando benzodiacepina intravenosa con un opioide, en este nivel de sedación los pacientes son sensibles a órdenes verbales con o sin la necesidad de estimular de manera táctil ligera. La ventilación espontánea es adecuada, manteniéndose la función cardiovascular. Uno de los riesgos que presentan es que pueden entrar a un estado más profundo de sedación, dificultando despertarlos sin estimulación ("Practice guidelines for moderate procedural sedation and analgesia 2018," 2018; Dossa et al., 2021).

La sedación o analgesia profunda se realiza con Propofol, y a este nivel se requiere una estimulación repetida y dolorosa para obtener una respuesta del paciente. Los pacientes requieren asistencia para mantener la vía aérea permeable. En este nivel existe el riesgo de entrar en anestesia general, dejando al paciente inconsciente e incapaces de proteger las vías respiratorias, por lo que se necesitan más recursos tanto de personal y equipo médico para una monitorización más estrecha del paciente (Dossa et al., 2021).

En la anestesia general, ocurre una pérdida de consciencia inducida por fármacos, en la que los pacientes no despiertan aún con estímulos dolorosos. Existe afectación de la función ventilatoria, requiriendo asistencia para el mantenimiento de la vía aérea permeable, se puede requerir ventilación con presión positiva, y la función

cardiovascular puede afectarse de igual manera ("Guidelines on Safe Sedation Practice for Non-Anaesthesiologists...", 2021).

La finalidad para el empleo de la sedación es hacer el procedimiento más cómodo y tolerable para el paciente, disminuye las molestias, así como la ansiedad e incomodidad, teniendo una mejor calidad en el procedimiento y evitando que el procedimiento se repita. Aunque las prácticas de sedación pueden variar de acuerdo al país donde se realiza, como se ha mencionado antes, los fármacos más empleados son los opioides y benzodiacepinas (Ang et al., 2022).

La benzodiacepina disminuye la ansiedad, y su propiedad amnésica ayuda a manera de persuasión que, si es requerido, los pacientes repitan el procedimiento. Los opioides tienen tanto efecto sedante y analgésico, por lo que la calidad de la endoscopia mejora. La combinación de ambos medicamentos ha sido aceptada a nivel mundial para proporcionar sedación moderada para los procedimientos de rutina (Ang et al., 2022).

Las complicaciones más frecuentes en la endoscopia no se relacionan directamente con el procedimiento, sino con la sedación. Si bien, la sedación en endoscopia proporciona muchos beneficios en el manejo de pacientes, el procedimiento se ha asociado a complicaciones, principalmente cardiopulmonares como hipoxemia, hipoventilación, apnea, arritmias, hipotensión y episodios vasovagales. La mayoría de estas suelen ser temporales con una recuperación del paciente sin secuelas, sin embargo, pueden progresar a complicaciones graves como el colapso cardiovascular; por eso la importancia de una adecuada valoración del paciente previo a la sedación y una meticulosa monitorización (Park et al., 2022; Semeda et al., 2020).

Aunque no hay cifras exactas sobre el uso de la sedación en la endoscopia gastrointestinal, esta es variable de acuerdo al país y la región. Se menciona que más del 90% de las colonoscopias en Europa se realizan bajo sedación, siendo del 98% en Estados Unidos, específicamente en Alemania el 91% de las colonoscopias emplean sedación, y de las gastroscopias, el 82% (Zhou et al., 2021).

Sulfato de magnesio

El magnesio es un catión divalente que se adquiere de la dieta, tiene una absorción a nivel gastrointestinal través de los canales epiteliales del intestino y es excretado por los riñones. Es fundamental para muchas funciones en el cuerpo humano, funciona como cofactor para más de 300 enzimas, como la Na+/K+-ATPasa, hexoquinasa, creatina quinasa, ciclasa, entre otras (Urits et al., 2021).

Así también participa en diversas funciones fisiológicas entre las que se incluyen producción de energía, conducción neuromuscular, síntesis de proteínas, equilibrio electrolítico, metabolismo de glucosa, síntesis de ácidos nucleicos, intercambio iónico transmembrana, regulación cardiovascular y desarrollo óseo, por mencionar algunas. Este e puede administrar tanto por vía oral, como intramuscular, intraósea o intravenoso (Urits et al., 2021).

El sulfato de magnesio es la forma de aplicación clínica más empleada y ha demostrado ser de importancia en el manejo de diferentes condiciones clínicas como sepsis, preeclampsia y eclampsia, hipocalemia, protección contra la isquemia miocárdica, crisis asmáticas y en el control del dolor crónico (García Mora et al., 2020).

El magnesio es un inhibidor no específico del canal de calcio y, a nivel de sistema nervioso central, actúa como antagonista no competitivo del receptor N-metil-D-aspartato e inhibidor de catecolaminas, con propiedades analgésicas y sedantes leves. El sulfato de magnesio se ha empleado como potenciador de la analgesia durante y posterior a diferentes cirugías. Diversos estudios han demostrado que las infusiones durante el perioperatorio con sulfato de magnesio son eficaces para disminuir el dolor posoperatorio y minimiza el consumo de opioides, así como la disminución del uso general de Propofol intraoperatorio (Chen et al., 2023; Celenlioglu et al., 2023).

Aún se desconoce con exactitud los mecanismos que explican cómo el magnesio potencia la anestesia. Se ha propuesto que una acción como antagonista competitivo en los canales de calcio presinápticos del hipocampo, los cuales participan en la regulación de la liberación de neurotransmisores en el sistema nervioso central, los anestésicos volátiles actúan inhibiendo estos canales. Otro mecanismo que explica los efectos anestésicos del sulfato de magnesio es la acción conjunta de la disminución en la

liberación de catecolaminas desde la médula suprarrenal y el efecto del magnesio que bloquea la entrada de calcio en el músculo liso de los vasos sanguíneos (Herroeder et al., 2011).

También se describen efectos antinociceptivos al administrarse vía intravenosa, descrito por mecanismos de inhibición de la entrada de calcio, antagonismo de los receptores N-metil-D-aspartato, los cuales participan en la transmisión y amplificación del dolor, y prevención de la sobre activación del N-metil-D-aspartato en un estado de hipomagnesemia (Herroeder et al., 2011).

Al poseer efectos tanto analgésicos y de relación muscular, se considera al sulfato de magnesio como un coadyuvante importante para alcanzar una anestesia balanceada y un mejor manejo del dolor. Se ha reportado que el sulfato de magnesio incrementa la eficacia analgésica de los opioides, permitiendo disminuir su requerimiento hasta en un 25%. Además, contribuye a atenuar el dolor neuropático y prolongar el tiempo de acción de la analgesia. Además, tiene propiedades vasodilatadoras que ayudan a mantener la estabilidad hemodinámica durante la anestesia, manteniendo la presión arterial y mejoran la perfusión (Dahake et al., 2024; Jiménez Tortosa, 2013).

De igual manera, este fármaco se considera una opción económica en comparación a otros coadyuvantes empleados en la práctica clínica, teniendo un amplio margen de seguridad cuando es administrado en dosis terapéuticas, ya que se asocia a una baja incidencia de efectos adversos (Jiménez Tortosa, 2013).

Posterior a la administración de sulfato de magnesio, se han reportado efectos secundarios mínimos como leve enrojecimiento facial, náuseas, vómitos y calor, síntomas que se resuelven espontáneamente. En pacientes con miastenia gravis puede empeorar la función neuromuscular aún a concentraciones bajas de sulfato de magnesio. Si es administrado a dosis altas o rápido, puede presentarse hipotensión transitoria secundaria a la inhibición del musculo liso y el efecto vasodilatador (Anandpandi et al., 2023).

El 73.7% de los eventos adversos que se presentan son leves, 23.27% moderados y 2.95% severos. Los eventos adversos asociados al uso de sulfato de

magnesio son: hipotensión arterial (55.59%), bloqueo neuromuscular residual (39.57%), hipomagnesemia (8.45%), dolor a la aplicación intravenosa (6.64%), depresión respiratoria (6.64%), sensación de calor (1.2%), bradicardia (1.2%), rubor facial o cervical (0.6%), taquicardia (0.6%), sedación intensa (0.6%), en menos del 1% de los pacientes se presenta arritmia cardiaca, despertar prolongado de la anestesia y depresión miocárdica (Cavalcanti et al., 2019).

Respecto a la dosis más empleada para la sedación es menor a 30 mg/kg en el 17.52%, 30 a 40 mg/kg en el 8.46%, 40 a 50 mg/kg en el 3.02% y en casos muy aislados dosis de 50 a 60 mg/kg en el 0.3%. Para la inducción de anestesia general la dosis más empleada es de 30 a 40 mg/kg, en el 34.45% de los casos (Cavalcanti et al., 2019).

Monitoreo de la sedación

Para realizar un monitoreo de manera segura y eficaz de la sedación se incluyen una monitorización visual directa, y la monitorización fisiológica y la profundidad de la sedación. El monitoreo visual inicia inmediatamente antes de administrar los sedantes y se continua durante el procedimiento hasta una completa recuperación por el endoscopista. Esta engloba la observación de patrones respiratorios, movimientos del tórax, cambios en la coloración de la piel, movimientos involuntarios, o expresiones faciales como respuesta a estímulos dolorosos (Park, 2022).

El monitoreo fisiológico incluye la parte hemodinámica con la frecuencia cardiaca, presión arterial y electrocardiografía; además se evalúa la oxigenación con la oximetría de pulso, y la ventilación con capnografía, monitores de volumen respiratorio. Además, es importante la vigilancia de la profundidad de sedación, la cual determina el nivel de consciencia basándose en diferentes signos y síntomas clínicos del paciente, como la frecuencia cardiaca, la presión arterial, movimientos de extremidades (Park, 2022; Gu et al., 2024).

Índice Biespectral

Monitorear la profundidad de la anestesia o sedación es de gran importancia para garantizar la seguridad del paciente durante ellos procedimientos médicos. Una anestesia

muy profunda causa cambios a nivel hemodinámico, mientras que una muy ligera tiene el riesgo de despertar o consciencia durante la anestesia, provocando secuelas psicológicas a largo plazo en el paciente. El índice biespectral (BIS) es un método objetivo y con precisión para monitorear la profundidad de la sedación, el cual cuantifica los estados excitatorios o inhibitorios de la corteza cerebral empleando un electroencefalograma para analizar la potencia y frecuencia de estos estados. El BIS proporciona un valor numérico el cual es correspondiente a un nivel específico de conciencia, la cual refleja el estado funcional de la corteza cerebral (Gu et al., 2024; Mathur et al., 2025).

Para poder monitorizar el BIS se colocan cuatro electrodos en la frente del paciente los cuales envían las señales de la actividad eléctrica cerebral que son procesadas mediante un electroencefalograma empleando un algoritmo para su análisis e interpretación, el cual reflejará el nivel de conciencia del paciente. El valor del BIS se muestra en un monitor, junto con un gráfico de tendencias de los valores del BIS a lo largo del tiempo, formas de onda del electroencefalograma, indicadores de calidad de señal, e indicadores y mensajes de alarma (Mathur et al., 2025).

Como se ha mencionado, el BIS arroja un valor numérico de 0 a 100, siendo 0 la ausencia de actividad eléctrica, y 100 una actividad eléctrica normal. Estos valores representan la media de los últimos 15 a 30 segundas de señal, y se entregan en tiempo real cada segundo. Para decir que una sedación es óptima, se deben de tener un rango de BIS entre 40 a 60 (Páez Calvopiña et al., 2023; Tardio Flores et al., 2010).

La interpretación de los valores en la práctica de la anestesia se realiza mediante rangos: 100 a 80, paciente con sedación mínima o ansiólisis, despierto con respuesta a estímulos verbales; 80 a 60, paciente con sedación moderada, despierto con respuesta a órdenes en voz alta o a estímulos físicos leves-moderados; 60 a 40, paciente con sedación profunda, sin respuesta a estímulos verbales, adecuado para anestesia quirúrgica y evitar despertar transoperatorio; 40 a 20, paciente en plano anestésico profundo; 20 a 0, supresión de actividad eléctrica, un valor de 0 es un electroencefalograma plano, plano anestésico en extremo profundo (Páez Calvopiña et al., 2023; Tardio Flores et al., 2010).

III. Fundamentación teórica

Telci L, et al (2002), evaluaron los efectos del sulfato de magnesio en relación con los requerimientos anestésicos, Propofol, remifentanilo y vecuronio, durante el intraoperatorio. A un grupo le aplicaron sulfato de magnesio a dosis de 30 mg/kg en bolo previo a la inducción anestésica y 10 mg/kg hora en infusión intravenosa continua durante la cirugía. Se mantuvo un BIS entre 45 a 60. El BIS basal en ambos grupos fue mayor a 90. La inducción de la anestesia, BIS 60, se logró en menos tiempo en el grupo son sulfato de magnesio, 55 ("Practice guidelines for moderate procedural sedation and analgesia 2018," 2018). segundos (DE 10.6), en comparación al grupo control, 81 (Sidhu et al., 2024). segundos (DE 13.6), ($p<0.0001$) (Telci et al., 2002).

Posterior a la inducción, la media de BIS, calculado a partir del valor más bajo registrado cada hora durante la intervención, no fue diferente entre ambos grupos. En cuanto a los requerimientos anestésicos, se observó una disminución en el consumo de Propofol, remifentanilo y vecuronio durante la anestesia intravenosa cuando se administró el sulfato de magnesio de manera continua ($p<0.001$) (Telci et al., 2002).

Posteriormente, Gupta K, et al (2006) estudiaron la interacción del sulfato de magnesio con los anestésicos, específicamente Propofol, bromuro de rocuronio y citrato de fentanilo. Se tuvieron dos grupos, el grupo A con administración de sulfato de magnesio antes de la inducción anestésica y el grupo B, quien no lo recibió. Se monitorearon los valores de BIS para mantenerlos entre 40 y 60. En los resultados se observó que la dosis de Propofol necesaria para mantener una profundidad de sedación adecuada fue menor en el grupo en quienes se administró previamente sulfato de magnesio en comparación al grupo B ($p<0.001$). Se observó el mismo comportamiento en relación a la dosis de rocuronio ($p<0.001$), y con el fentanilo ($p<0.05$), concluyendo que la administración de sulfato de magnesio disminuye la necesidad de fármacos anestésicos, modulando la sedación de manera indirecta (Gupta et al., 2006).

Adıgüzel ŞC, et al (2023), investigaron en pacientes sometidos a broncoscopía el efecto del uso de sulfato de magnesio. La sedación se realizó con Propofol intravenoso, ajustado para que los valores d BIS se mantuvieran entre 60 y 80 para que el paciente

tolerara el procedimiento sin suprimir la respiración espontánea. Se dividieron a los pacientes en dos grupos, un grupo control y otro con pacientes que recibieron magnesio. El BIS inicial en ambos grupos fue mayor a 90, en el grupo control una media de 95.77 ± 5.16, y en el grupo con magnesio de 95.46 ± 4.22 (Adıgüzel et al., 2023).

En relación al consumo total de Propofol, se observó que en los pacientes con sulfato de magnesio administrado tuvieron menor consumo 254.61 ± 82.80 mg, en comparación con el grupo control 321 (Telci et al., 2002). ± 90.04mg, ($p<0.05$). La dosis administrada en un minuto, la cual fue calculada dividiendo el total de Propofol administrado entre los minutos que duró el procedimiento fue también menor en pacientes con sulfato de magnesio, 13.43 ± 3.43 mg, en comparación al grupo control, 16 (Semeda et al., 2020). ± 4.82 mg, ($p<0.05$). Esto demuestra que una dosis disminuida de Propofol es suficiente para lograr el nivel deseado de sedación cuando se administra sulfato de magnesio en los pacientes (Adıgüzel et al., 2023).

Altan A, et al (2005), realizó un estudio donde se evaluó los efectos del sulfato de magnesio en la hemodinámica perioperatoria, el consumo de Propofol y recuperación en pacientes sometidos a cirugía de columna. A un grupo se le administró sulfato de magnesio 30 mg/kg en bolo previo a la inducción, y 10 mg/kg/hora por infusión. Al grupo control se le administró solución isotónica, y posteriormente a ambos grupos se le indujo anestesia con fentanilo y subsiguientemente Propofol, hasta alcanzar un BIS por debajo de 60, manteniendo valores objetivos entre 40 y 60 (Altan et al., 2005).

El tiempo para que el BIS fuera menor a 60 fue más corto en el grupo con sulfato de magnesio, 60 (Telci et al., 2002). ± 7 (García Mora et al., 2020). segundos, en comparación al grupo control, 81.75 ± 9 ("Practice guidelines for moderate procedural sedation and analgesia 2018," 2018). segundos ($p<0.0001$). De manera contraria, el tiempo de recuperación, BIS mayor a 80, fue más corto en el primer grupo, 8.71 ± 1.06 minutos, y en el grupo control de 6.52 ± 1 (Gupta et al., 2006). minutos ($p<0.0001$). La dosis de Propofol para la inducción y mantenimiento se redujo significativamente cuando se administró sulfato de magnesio como adyuvante en la anestesia general (Altan et al., 2005).

En el 2015, en una población pediátrica, Amer MM, et al, evaluaron el efecto del magnesio intraoperatorio sobre los valores del BIS. El grupo I recibió un bolo de 50 mg/kg de sulfato de magnesio, con una infusión de 15 mg/kg/hora, mientras que el grupo II la misma cantidad de volumen en solución de Ringer. Los pacientes con sulfato de magnesio lograron un valor de 60 en 20 minutos posterior a la inducción, mientras que el grupo control lo alcanzó en 30 minutos (Amer et al., 2015).

Posterior a la inducción anestésica, ambos grupos mostraron valores similares de BIS, sin embargo, a partir de los 20 minutos y hasta los 80 minutos, el grupo control presenta valores de BIS más altos que el grupo con sulfato de magnesio. ($p<0.05$). Esto indica una profundidad mayor alcanzada tras la administración de sulfato de magnesio, en comparación a los que recibieron únicamente Propofol, evidenciando la acción del magnesio como coadyuvante anestésico, potenciando la sedación (Amer et al., 2015).

Otro estudio que evaluó los efectos de magnesio sobre la profundidad de la anestesia fue realizado por Altıparmak B, et al, en 2018, en pacientes obstétricas programadas a cesárea. Se tuvo un grupo control, y otro a quien se le administró sulfato de magnesio 30 mg/kg en bolo, y 10 mg/kg/hora en 500 ml de cloruro de sodio, así como inducción en ambos grupos con Propofol para mantener valores de BIS entre 40 y 60. Para ambos casos hubo un grupo con mantenimiento con sevoflorano y otro con desflurano. En las pacientes con sevoflorano, el BIS basal para ambos grupos fue mayor a 90. Posterior a la inducción, el valor de BIS fue menor en el grupo con magnesio en comparación al grupo control. A los 5 minutos se registró un BIS de 50 (Park et al., 2022). ± 7.8, a los 20 minutos 55 ("Guidelines on Safe Sedation Practice for Non-Anaesthesiologists...", 2021). ± 6.08 y al final del procedimiento de 64 (Park et al., 2022). ± 7.5; mientras que en el grupo control fue de 39 (Sidhu et al., 2024). ± 5.5, 40 (Semeda et al., 2020). ± 7.4, y 53.0 ± 8.2, a los 5, 20 minutos y final, respectivamente, ($p<0.001$) (Altıparmak et al., 2018).

En pacientes con desflurano, se observó la misma tendencia en los cuatro puntos temporales. En el grupo control se obtuvo un BIS basal de 95 (Sidhu et al., 2024). ± 3.05, a los 5 minutos 45.96 ± 6.5, a los 20 minutos 52 ("Guidelines on Safe Sedation Practice for Non-Anaesthesiologists...", 2021). ± 7.1, y al final 62.88 ± 4.5. En el grupo con sulfato

de magnesio se observó una basal de 96 (Altan et al., 2005). ± 2.4, 35.96 ± 5.1, 41 (Goldman & Cooney, 2024). ± 9.78 y 50.88 ± 8.3, a los 5 y 20 minutos, y final, respectivamente, (p<0.001). Respecto al consumo intraoperatorio de fentanilo no se observaron diferencias entre los grupos. En cuanto al dolor posoperatorio, se obtuvieron menor puntuación de escala visual análoga menor en pacientes con sulfato de magnesio (p<0.001) (Altıparmak et al., 2018).

En el 2019, Yoldas H, et al, estudiaron los efectos del uso controlado del magnesio en el BIS sobre el consumo de Propofol en pacientes sometidos a colonoscopia. Se tuvieron dos grupos, en el grupo uno se administró una dosis única de sulfato de magnesio, 50 mg/kg diluido en 100 ml de solución salina, previo al procedimiento; y un segundo grupo sin administración de magnesio, únicamente 100 ml de solución salina, en ambos grupos se mantuvieron en un BIS de 70 (Yoldas et al., 2019).

El primer grupo, la media de administración de magnesio fue de 105 (Semeda et al., 2020). ± 3.53 mg, y de Propofol de 75 (Semeda et al., 2020). ± 24 mg. En el grupo II la media de Propofol fue de 98 (Goldman & Cooney, 2024). ± 56 mg (p=0.019). El grupo I alcanzó un BIS de 70 en 155 ± 70 segundos, mientras que el grupo II en 245 ± 118 segundos, (p=0.010). Al comparar los valores de BIS en ambos grupos, se observó que en el grupo I, el BIS preoperatorio tuvo una media de 98 (Sidhu et al., 2024). ± 2.05, al minuto de 75 (Pedrosa et al., 2021). ± 6.72, a los 5 minutos de 68 (Ang et al., 2022). ± 6.80, y a los 10 minutos de 66 ("Guidelines on Safe Sedation Practice for Non-Anaesthesiologists...", 2021). ± 6.80. El grupo II tuvo una previa de 87 (Dossa et al., 2021). ± 11.6, al minuto de 73 (Park et al., 2022). ± 9.91, a los 5 minutos de 66 (Semeda et al., 2020). ± 4.85, y a los 10 minutos de 67 (Sidhu et al., 2024). ± 4.6. Los valores de BIS al minuto, cinco y diez minutos fueron significativamente inferior al valor previo al procedimiento en ambos grupos (p<0.05) (Yoldas et al., 2019).

IV. Hipótesis

Hipótesis alterna (H1)

La administración intravenosa de sulfato de magnesio produce una diferencia en la profundidad de la sedación medida por BIS dentro de los valores de 60-90 y/o disminuye el consumo de propofol durante la endoscopia, en comparación con el grupo control.

Hipótesis nula (H0)

La administración intravenosa de sulfato de magnesio no produce efectos en la profundidad de la sedación medida por BIS dentro de los valores de 60-90 ni en el consumo de propofol durante la endoscopia, en comparación con el grupo control.

V. Objetivos

V.1. General

Evaluar el efecto del sulfato de magnesio intravenoso sobre la profundidad de la sedación, medida por BIS, en pacientes sometidos a endoscopia con sedación basada en propofol.

V.2. Específicos

Comparar la profundidad de la sedación entre pacientes que reciben sulfato de magnesio y aquellos que no lo reciben.

Comparar el consumo total de propofol entre ambos grupos

Evaluar la relación entre las dosis de sulfato de magnesio administradas y los cambios en los valores del BIS.

Analizar los efectos secundarios asociados con la administración de sulfato de magnesio durante la sedación.

VI. Material y métodos

VI.1. Tipo de investigación

La presente tesis correspondió a una investigación de tipo ensayo clínico cuasi experimental, intervencional, prospectivo y analítico.

VI.2. Población o unidad de análisis

Universo: Pacientes adultos que se sometieron a procedimiento de endoscopia bajo sedación durante el periodo de enero a marzo 2026.

Lugar: Hospital General de Querétaro ubicado en José Antonio García Jimeno 1000. Col, Ex Hacienda, Prados de La Capilla, 76180 Santiago de Querétaro, Querétaro.

Tiempo: El periodo de recolección de datos se realizará de enero a marzo 2026.

VI.3. Muestra y tipo de muestra

Para este estudio se realizó comparación de dos grupos independientes: grupo con sulfato de magnesio y grupo con manejo estándar, por lo que el cálculo de tamaño muestral se realizará con una para dos medias independientes, considerando un nivel de significancia del 5%, potencia del 80%, y un tamaño del efecto moderado (0.5).

$$n = \frac{2\left(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}\right)^2}{d^2}$$

Donde:

n: Tamaño de muestra por grupo.

$Z\alpha/2$: Valor Z para el nivel de significancia (1.96)

$Z\beta$: Valor Z para la potencia (0.84)

d: Tamaño del efecto (0.5)

$$n = \frac{2\,(1.96 + 0.84)^2}{0.5^2}$$

$$n = \frac{2\,(2.8)^2}{0.5^2}$$

$$n = \frac{2\,(7.84)}{0.25}$$

$$n = \frac{15.68}{0.25} = 62.72$$

El tamaño de muestra estimado fue de 63 pacientes por grupo, integrando un total de 126 pacientes por grupo.

Los pacientes serán asignados a los grupos de manera sistemática y alternada conforme a la programación de procedimientos endoscópicos.

VI.4. Criterios de selección

Criterios de inclusión.

- Pacientes adultos (mayores de 18 años)
- Pacientes con indicación de endoscopia
- Pacientes que firmen el consentimiento informado

Criterios de exclusión.

- Pacientes con alergia al sulfato de magnesio
- Pacientes con insuficiencia renal
- Pacientes embarazadas o en lactancia
- Pacientes con patología cardiaca (bradicardia, bloqueo auriculoventricular, arritmias inestables)
- Uso de sedantes o anestésicos 24 horas previas al procedimiento

Criterios de eliminación.

- Pacientes que no completan el procedimiento
- Pacientes que deseen retirarse del estudio voluntariamente
- Pacientes con conversión a anestesia general
- Perdida de registro de datos

VI.5. Variables estudiadas

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala
Profundidad de sedación	Depresión del estado de conciencia inducida por medicamento.	Medida mediante el índice biespectral, 60-80	Cuantitativa Continua	1. **100:** Individuo despierto, alerta y con consciencia normal. **70 – 90:** Sedación moderada o consciente. **40 – 60:** Rango recomendado para anestesia general, indicando un nivel de hipnosis adecuado para cirugía. **< 40:** Sedación profunda. **0:** Ausencia total de actividad eléctrica cerebral.
Uso de sulfato de magnesio	Administración intravenosa de sulfato de magnesio como coadyuvante en la sedación	Observado en la hoja de anestesia	Cualitativa Nominal	1. Si 2. No
Dosis de sulfato de magnesio	Cantidad de sulfato de magnesio administrada durante el procedimiento	Dosis total registrada en hoja de anestesia	Cuantitativa Continua	1. Dosis (mg/kg) D30 mg/kg
Consumo de propofol	Cantidad total de propofol utilizada durante el procedimiento para mantener la	Dosis total registrada en hoja de anestesia	Cuantitativa Continua	1. Dosis (mg)

	sedación			
Tipo de procedimiento endoscópico	Procedimiento endoscópico realizado según su abordaje	Procedimiento registrado en notas médicas	Cualitativa Nominal	1.Endoscopia digestiva alta 2. Colonoscopía
Tipo de evento adverso	Evento clínico no deseado asociado a la sedación	Presentación de evento durante el procedimiento, registrado en hoja de anestesia.	Cualitativa Nominal	1.Depresión respiratoria 2. Hipotensión 3. Bradicardia 4. Náusea/vómito 5.Otro 6.Ninguno
Edad	Tiempo de vida de una persona desde el nacimiento al momento de la intervención	Tiempo de vida del paciente, revisado en expediente clínico	Cuantitativa Discreta	1. Años
Sexo	Condición orgánica que diferencia a hombres y mujeres	Como se refiera en el expediente clínico.	Cualitativa Nominal	1. Hombre 2. Mujer
Clasificación ASA	Clasificación del estado de salud previo al procedimiento	Clasificación registrada en el expediente clínico	Cualitativa Ordinal	1. ASA I 2. ASA II 3. ASA III

VI.6. Técnicas e instrumentos

El presente protocolo de investigación fue presentado al Comité Local de Investigación en Salud para su evaluación y posterior aprobación; subsiguientemente se realizó lo siguiente:

- Posterior a la autorización del comité y los directivos médicos, los investigadores revisaron la programación de procedimientos endoscópicos e identificaron a los pacientes elegibles que cumplieron con los criterios de inclusión.
- Previo al procedimiento, se explicó al paciente el estudio, así como riegos y beneficios, de manera clara, y solicitó la firma del consentimiento informado a los pacientes que aceptaron participar.
- Se asignó a los pacientes al grupo correspondiente según el protocolo, pacientes con sulfato de magnesio administrado, pacientes con manejo estándar.
- Se realizó registro de datos demográficos y clínicos en una hoja de recolección de datos diseñada previamente.

- Las variables se recolectaron en una hoja de datos en Excel para un manejo más fácil, para ser analizadas posteriormente en SPSS versión 25 para Microsoft.
- El investigador responsable garantiza el seguimiento de la investigación presentando los informes correspondientes, así como en la finalización de esta investigación.
- El investigador asociado difundirá los resultados de la investigación a su conclusión.

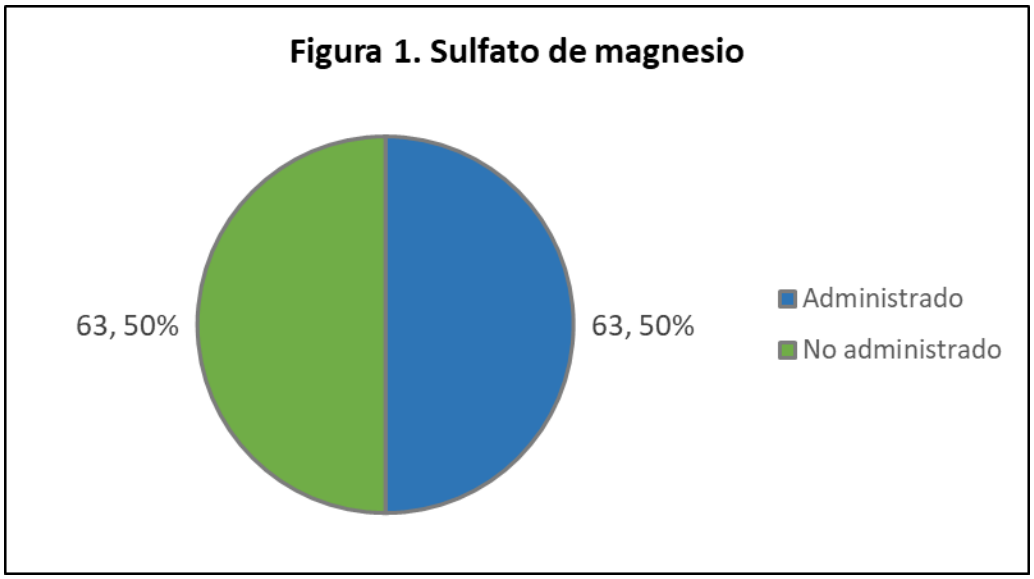
VI.7. Análisis estadístico

En la realización del análisis, se utilizó SPSS pata Microsoft.

- Variables cualitativas: Frecuencias y proporciones, en porcentajes y valores totales.
- Variables cuantitativas: Medidas de tendencia central y dispersión. La normalidad de la distribución se evaluó con la prueba de Kolmogorov Smirnov. Las variables con distribución normal se expresaron como media y desviación estándar, y las no normales como mediana y rango intercuartílico.
- Para todos los casos, la información se mostró mediante gráficas o tablas que sean de fácil comprensión.
- Para el análisis bivariado se empleó la prueba t de student o U de Mann-Whitney de acuerdo a la distribución de los datos para variables cuantitativas, y chi cuadrada para las cualitativas.
- Se considerará un valor de $p<0.05$ como estadísticamente significativo.

VII. Resultados

Figura 1. Sulfato de magnesio: La distribución de los pacientes fue equilibrada entre los dos grupos del estudio; del total de 126 participantes, 50% (n=63) recibió sulfato de magnesio y 50% (n=63) no lo recibió.



Fuente: Servicio de Anestesiología, Hospital General de Querétaro.

Tabla 1. Sexo y características del procedimiento: En cuanto al sexo, en el grupo con sulfato de magnesio se observó 50.8% (n=32) de pacientes masculinos y 49.2% (n=31) de femeninos, mientras que en el grupo sin sulfato hubo 39.7% (n=25) de masculinos y 60.3% (n=38) de femeninos (p=0.210); respecto al tipo de procedimiento, en el grupo con sulfato predominó la endoscopia alta con 66.7% (n=42) frente a 33.3% (n=21) de colonoscopias, mientras que en el grupo sin sulfato la endoscopia alta representó 52.4% (n=33) y la colonoscopia 47.6% (n=30) (p=0.102); en la clasificación ASA, la mayor proporción de pacientes en ambos grupos correspondió a ASA II, con 81% (n=51) en el grupo con sulfato y 87.3% (n=55) en el grupo sin sulfato, ASA III se presentó en 17.5% (n=11) y 12.7% (n=8), respectivamente, y ASA I en 1.6% (n=1) del grupo con sulfato y 0.0% (n=0) del grupo sin sulfato (p=0.444).

Tabla 1. *Sexo y características del procedimiento*

		Con sulfato		Sin sulfato		
Variable	***Categoría***	***n***	***%***	***n***	***%***	***p****
Sexo	Masculino	32	50.80%	25	39.70%	*0.210*
	Femenino	31	49.20%	38	60.30%	
Procedimiento	Endoscopia alta	42	66.70%	33	52.40%	*0.102*
	Colonoscopia	21	33.30%	30	47.60%	
ASA	I	1	1.60%	0	0.00%	*0.444*
	II	51	81.00%	55	87.30%	
	III	11	17.50%	8	12.70%	

Fuente: Servicio de Anestesiología, Hospital General de Querétaro.

Tabla 2. Sedación y eventos adversos: Todos los pacientes de ambos grupos alcanzaron el rango de sedación de 70-90, con 100% tanto en el grupo con sulfato como en el grupo sin sulfato, por lo que no hubo variación entre grupos y no se calculó comparación estadística (p=NA); de igual forma, el BIS inicial entre 91 y 100 se presentó en 100% de los pacientes de ambos grupos, sin posibilidad de comparación estadística (p=NA); en relación con los eventos adversos, la mayoría de los pacientes no presentó complicaciones, con 92.1% (n=58) en el grupo con sulfato y 95.2% (n=60) en el grupo sin sulfato, la hipotensión ocurrió en 6.3% (n=4) y 1.6% (n=1), respectivamente, mientras que otros eventos adversos se registraron en 1.6% (n=1) y 3.2% (n=2) (p=0.338).

Tabla 2. *Sedación y eventos adversos*

		Con sulfato		Sin sulfato		
Variable	***Categoría***	***n***	***%***	***n***	***%***	***p****
Sedación	70-90	63	100.00%	63	100.00%	*NA*
BIS inicial	91-100	63	100.00%	63	100.00%	*NA*
Evento adverso	Hipotensión	4	6.30%	1	1.60%	*0.338*
	Otras	1	1.60%	2	3.20%	
	Ninguna	58	92.10%	60	95.20%	

Fuente: Servicio de Anestesiología, Hospital General de Querétaro.

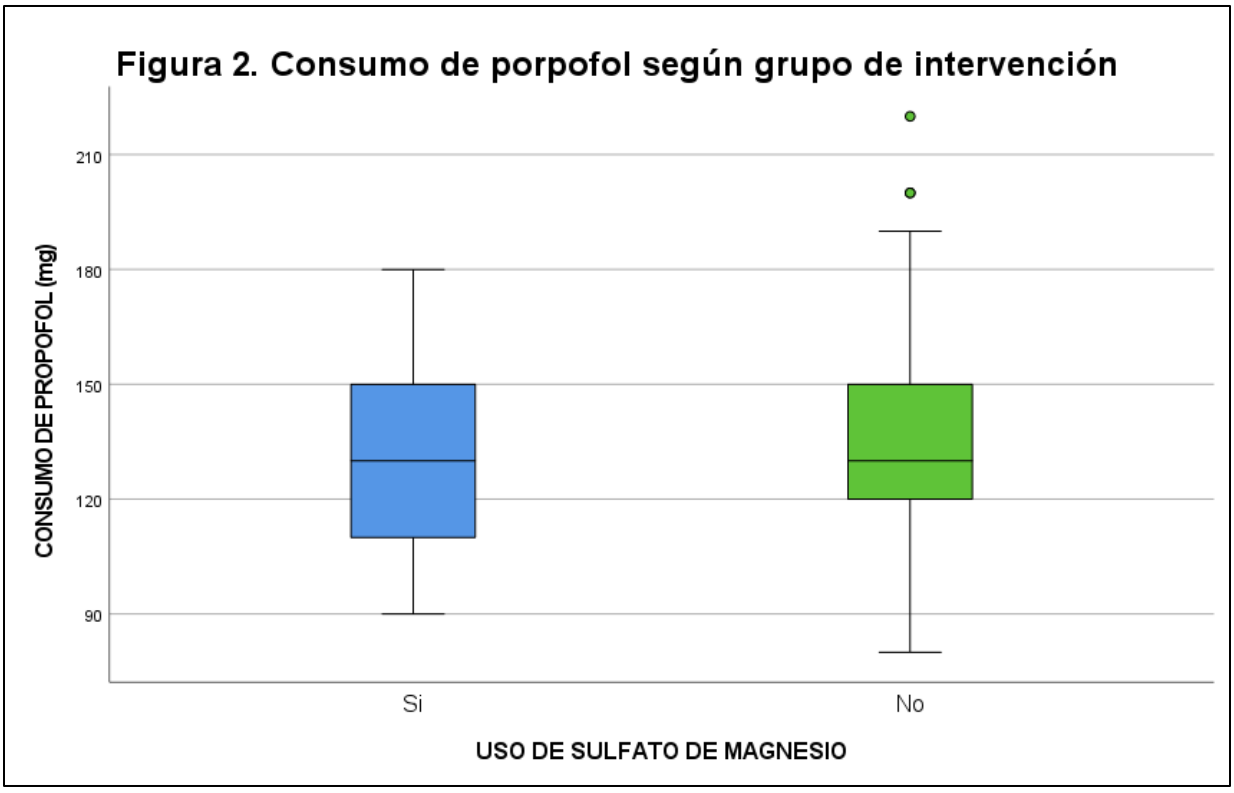
Tabla 3. Edad y dosis de fármacos: La edad de los pacientes fue similar en ambos grupos, con una mediana de 62 años (RIC: 21) en el grupo con sulfato y 62 años (RIC: 18) en el grupo sin sulfato (p=0.861), como era esperable por el diseño del estudio, la dosis de sulfato de magnesio fue mayor en el grupo que recibió esta intervención, con una mediana de 2100 mg (RIC: 500), mientras que en el grupo sin sulfato fue de 0 mg

(RIC: 0) (p=0.000); en cuanto al propofol, ambos grupos presentaron la misma mediana de 130 mg, con RIC de 40 en el grupo con sulfato y 30 en el grupo sin sulfato (p=0.078) (**Figura 2**).

Tabla 3. *Edad y dosis de fármacos*

		Con sulfato		***Sin sulfato***		
Variable	***Categoría***	***mediana***	***RIC***	***mediana***	***RIC***	***p****
Edad	Años	62	21	62	18	*0.861*
Sulfato de Mg	Mg	2100	500	0	0	*0.000*
Propofol	Mg	130	40	130	30	*0.078*

Fuente: Servicio de Anestesiología, Hospital General de Querétaro.



Fuente: Servicio de Anestesiología, Hospital General de Querétaro.

VIII. Discusión

La presente investigación mostró, en primer lugar, una adecuada comparabilidad basal entre los grupos, lo cual fortalece la validez interna del análisis: La distribución por sexo fue semejante entre pacientes con y sin sulfato de magnesio, al igual que el tipo de procedimiento y la clasificación ASA, sin diferencias estadísticamente significativas; además, la edad presentó la misma mediana en ambos grupos, 62 años, con dispersión también cercana; desde el punto de vista clínico, esto es relevante porque reduce la probabilidad de que las diferencias posteriores en sedación o en requerimiento farmacológico se expliquen por un desequilibrio inicial de las características de los pacientes y no por la intervención en estudio.

Un hallazgo central fue que todos los pacientes de ambos grupos iniciaron con BIS entre 91-100 y todos alcanzaron sedación dentro del rango de 70-90, este comportamiento sugiere que el protocolo anestésico fue eficaz para llevar a la totalidad de la muestra a un nivel de sedación clínicamente útil para el procedimiento, independientemente de la administración de sulfato de magnesio; este resultado es consistente con los antecedentes en cuanto a que el BIS basal previo a la sedación suele encontrarse por arriba de 90, como lo reportaron Telci et al., Adıgüzel et al. y Altıparmak et al. (Telci et al., 2002; Adıgüzel et al., 2023; Altıparmak et al., 2018), así como Yoldas et al., quienes documentaron un BIS preprocedimiento de 98.2±2.05 en el grupo con magnesio y de 87.5±11.6 en el grupo control (Yoldas et al., 2019).

En relación con el consumo de Propofol, el resultado más relevante de esta serie fue la ausencia de diferencia significativa estadística, aunque fue muy cercana: la mediana fue de 130 mg en ambos, con RIC de 40 en el grupo con sulfato y de 30 en el grupo sin sulfato, con p=0.078, desde el punto de vista clínico, este hallazgo indica que, bajo las condiciones específicas del estudio, la administración de sulfato de magnesio no se tradujo en una reducción apreciable del requerimiento total de Propofol, pero pudiese llegar a hacerlo; este resultado contrasta con lo reportado por Telci et al. y Gupta et al., quienes observaron disminución significativa del consumo de Propofol cuando el sulfato de magnesio se utilizó como coadyuvante anestésico (Telci et al., 2002; Gupta et al., 2006), también contrasta con los hallazgos de Adıgüzel et al. en broncoscopía, donde el

consumo total de Propofol fue menor con magnesio, 254.61±82.80 mg frente a 321.25±90.04 mg, además de una menor dosis por minuto, 13.43±3.43 mg frente a 16.9±4.82 mg (Adıgüzel et al., 2023), así como del estudio de Yoldas et al. en colonoscopia, en el que el grupo con magnesio recibió 75.9±24 mg frente a 98.1±56 mg en el control (Yoldas et al., 2019).

La discrepancia entre el presente estudio y esos antecedentes probablemente obedece a varias razones clínicas y metodológicas, en primer lugar, gran parte de la literatura que demuestra reducción de requerimientos anestésicos con magnesio proviene de contextos de anestesia general o de procedimientos con metas de BIS más profundas, habitualmente entre 40 y 60, como en los estudios de Telci, Gupta, Altan y Altıparmak (Telci et al., 2002; Gupta et al., 2006; Altan et al., 2005; Altıparmak et al., 2018), mientras que en esta tesis la sedación observada se concentró en el rango de 70 a 90, que corresponde a un plano menos profundo y más cercano a la sedación procedimental que a la anestesia general; en segundo lugar, la muestra incluyó tanto endoscopia alta como colonoscopia, procedimientos con distinta duración, estímulo nociceptivo y necesidad de inmovilidad, por lo que el efecto adyuvante del sulfato pudo diluirse al analizarse en conjunto; en tercer lugar, la variable de Propofol se expresó como mediana total administrada y no como consumo por minuto ni como dosis ajustada a peso o duración del procedimiento, lo que limita la comparabilidad directa con estudios que sí evaluaron esos parámetros, por ello, más que concluir que el sulfato de magnesio carece de efecto farmacológico, los resultados de esta tesis sugieren que en este escenario clínico específico dicho efecto no fue suficientemente grande como para modificar de manera estadísticamente demostrable la dosis total de Propofol.

Otro punto de interés es que, aunque todos los pacientes alcanzaron el rango de sedación definido, los datos disponibles no mostraron una ventaja del sulfato de magnesio para profundizar la sedación de manera evidente, esto también contrasta con varios antecedentes donde el magnesio sí pareció acelerar el descenso del BIS o mantener valores más bajos durante el procedimiento, por ejemplo, Telci et al. encontraron que el tiempo para alcanzar BIS 60 fue menor con sulfato de magnesio, 55.4±10.6 segundos frente a 81.2±13.6 segundos (Telci et al., 2002); Altan et al.

documentaron un comportamiento similar, 60.25±7.12 frente a 81.75±9.4 segundos (Altan et al., 2005); Amer et al. reportaron que el grupo con magnesio alcanzó BIS 60 a los 20 minutos, mientras el control lo hizo a los 30 minutos (Amer et al., 2015); y Yoldas et al., en colonoscopia, observaron que el BIS de 70 se logró en 155±70 segundos con magnesio frente a 245±118 segundos sin este fármaco (Yoldas et al., 2019).

Asimismo, la literatura más cercana al contexto de procedimientos endoscópicos o de sedación con preservación de ventilación espontánea tampoco coincide por completo con los hallazgos de esta tesis. Adıgüzel et al. ajustaron la sedación para mantener BIS entre 60 y 80 en broncoscopía y encontraron menor consumo de Propofol con magnesio (Adıgüzel et al., 2023), mientras Yoldas et al. trabajaron específicamente en colonoscopia con una meta de BIS de 70 y también observaron menor requerimiento de Propofol y menor tiempo para alcanzar el objetivo (Yoldas et al., 2019); frente a ello, la presente investigación sugiere que el beneficio del sulfato de magnesio no necesariamente es uniforme en todos los escenarios de sedación endoscópica, es posible que variables como el esquema de administración, el tipo exacto de procedimiento, la duración, la velocidad de titulación del Propofol y la forma de medir la profundidad de la sedación modulen de manera importante su efecto. También debe considerarse que en este grupo, la meta de sedación fue alcanzada en el 100% de los casos de ambos grupos; cuando el desempeño del protocolo base ya es tan alto, demostrar un beneficio adicional de una coadyuvante resulta más difícil.

En cuanto a la seguridad, la mayor parte de los pacientes en ambos grupos no presentó eventos adversos, 92.1% con sulfato frente a 95.2% sin sulfato, y aunque la hipotensión fue numéricamente más frecuente en el grupo con sulfato, 6.3% frente a 1.6%, esta diferencia no fue estadísticamente significativa, clínicamente, esto sugiere que la administración de sulfato de magnesio dentro del esquema empleado mantuvo un perfil de seguridad aceptable y no incrementó de manera demostrable las complicaciones inmediatas del procedimiento, este hallazgo es congruente con la noción de que el sulfato de magnesio posee un margen terapéutico amplio y baja incidencia de efectos adversos relevantes cuando se utiliza a dosis apropiadas (Jiménez Tortosa, 2013), aunque también es coherente con los antecedentes fisiológicos que describen hipotensión transitoria por

vasodilatación, sobre todo con dosis altas o administración rápida (Anandpandi et al., 2023), y con los reportes que identifican a la hipotensión arterial como uno de los eventos adversos más frecuentemente asociados al uso de este fármaco (Cavalcanti et al., 2019).

IX. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación permiten concluir que, en los pacientes sometidos a procedimientos endoscópicos con sedación basada en propofol en el Hospital General de Querétaro, la administración intravenosa de sulfato de magnesio no produjo una diferencia estadísticamente significativa en la profundidad de la sedación medida por índice biespectral dentro del rango evaluado, ni tampoco logró disminuir de manera significativa el consumo total de propofol en comparación con el grupo control, ambos grupos presentaron una distribución basal semejante en sexo, tipo de procedimiento, clasificación ASA y edad, lo que respalda la comparabilidad de la muestra y permite atribuir con mayor confianza estos resultados al efecto observado de la intervención y no a diferencias iniciales entre los pacientes.

De igual forma, todos los participantes iniciaron con valores de BIS entre 91-100 y alcanzaron sedación en el rango de 70-90, lo que indica que el esquema anestésico utilizado fue eficaz para obtener un nivel adecuado de sedación en ambos grupos, sin embargo, esta homogeneidad también limitó la posibilidad de demostrar una ventaja adicional del sulfato de magnesio sobre la profundidad de la sedación, al menos con la forma en que fue medida y categorizada en este estudio.

En cuanto al consumo de propofol, aunque el grupo con sulfato de magnesio mostró una tendencia clínica discreta que podría sugerir un efecto modulador, esta no alcanzó significancia estadística, por lo que no puede afirmarse que el fármaco haya reducido de manera concluyente el requerimiento anestésico en esta muestra.

En relación con la seguridad, la administración de sulfato de magnesio mostró un perfil clínicamente aceptable, la mayoría de los pacientes de ambos grupos no presentó eventos adversos y, aunque la hipotensión fue numéricamente más frecuente en el grupo con sulfato, la diferencia no fue estadísticamente significativa, esto sugiere que, bajo las condiciones de uso de este protocolo, el sulfato de magnesio fue una intervención segura, sin incremento demostrado de complicaciones inmediatas relevantes durante la sedación endoscópica.

X. Propuestas

Como propuesta para futuras investigaciones, se sugiere realizar un estudio prospectivo, aleatorizado y con una muestra mayor, de preferencia multicéntrico, que evalúe por separado a los pacientes sometidos a endoscopia alta y colonoscopia. Sería conveniente analizar los valores continuos de BIS en distintos momentos del procedimiento, el tiempo para alcanzar la sedación objetivo, el consumo de propofol ajustado por peso y duración, así como los eventos adversos hemodinámicos y respiratorios.

Esto permitiría determinar con mayor precisión si el sulfato de magnesio aporta un beneficio clínico real como coadyuvante de la sedación endoscópica.

XI. Referencias bibliográficas

Academy of Medicine, Singapore. (n.d.). *Guidelines on safe sedation practice for non-anaesthesiologists in medical & dental clinics, stand-alone ambulatory surgical centres and stand-alone endoscopy suites in Singapore.* https://www.ams.edu.sg/view-pdf.aspx?file=media%5c6241_fi_759.pdf&ofile=09July21+Updated+Guidance+on+Safe+Sedation+Practice.pdf

Adıgüzel, Ş. C., Akyurt, D., Gullu Arslan, N., & Süren, M. (2023). The effects of magnesium sulphate on Integrated Pulmonary Index scores and propofol consumption during endobronchial ultrasonography: A retrospective study. *Cureus, 15*(9), e44880. https://doi.org/10.7759/cureus.44880

Altan, A., Turgut, N., Yildiz, F., Türkmen, A., & Ustün, H. (2005). Effects of magnesium sulphate and clonidine on propofol consumption, haemodynamics and postoperative recovery. *British Journal of Anaesthesia, 94*(4), 438–441. https://doi.org/10.1093/bja/aei070

Altıparmak, B., Çelebi, N., Canbay, Ö., Toker, M. K., Kılıçarslan, B., & Aypar, Ü. (2018). Effect of magnesium sulfate on anesthesia depth, awareness incidence, and postoperative pain scores in obstetric patients: A double-blind randomized controlled trial. *Saudi Medical Journal, 39*(6), 579–585. https://doi.org/10.15537/smj.2018.6.22376

Amer, M. M., Abdelaal Ahmed Mahmoud, A., Abdelrahman Mohammed, M. K., Elsharawy, A. M., Ahmed, D. A.-E., & Farag, E. M. (2015). Effect of magnesium sulphate on bi-spectral index (BIS) values during general anesthesia in children. *BMC Anesthesiology, 15*(1), 126. https://doi.org/10.1186/s12871-015-0108-7

Anandpandi, P., Rajagopalan, V., Urkavalan, K., & Aravindan, R. (2023). Evaluation of the efficacy of magnesium sulfate in reducing blood loss in functional endoscopic sinus surgery: A randomized double-blinded controlled trial. *Cureus, 15*(5), e38636. https://doi.org/10.7759/cureus.38636

Ang, T. L., Seet, E., Goh, Y. C., Ng, W. K., Koh, C. J., Lui, H. F., et al. (2022). Academy of Medicine, Singapore clinical guideline on the use of sedation by non-anaesthesiologists during gastrointestinal endoscopy in the hospital setting. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore, 51*(1), 24–39. https://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.2021306

Cavalcanti, I. L., de Lima, F. L. T., da Silva, M. J. S., da Cruz Filho, R. A., Braga, E. L. C., & Verçosa, N. (2019). Use profile of magnesium sulfate in anesthesia in Brazil. *Frontiers in Pharmacology, 10*, 429. https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00429

Celenlioglu, A. E., Sir, E., Ors-Yildirim, N., Yildirim, A. K., Ince, M. E., & Doganci, S. (2023). Effect of perioperative intravenous magnesium sulfate on postoperative pain after iliac venous stenting. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders, 11*(3), 517–524. https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2022.09.008

Chen, J., Qian, K., Liu, C.-H., Li, X.-L., Chen, Y., Wang, J.-Q., et al. (2023). Effects of intravenous administration of magnesium sulfate in propofol-based sedation for ERCP in elderly patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *BMC Geriatrics, 23*(1), 413. https://doi.org/10.1186/s12877-023-04107-6

Dahake, J. S., Verma, N., & Bawiskar, D. (2024). Magnesium sulfate and its versatility in anesthesia: A comprehensive review. *Cureus, 16*(3), e56348. https://doi.org/10.7759/cureus.56348

Dossa, F., Megetto, O., Yakubu, M., Zhang, D. D. Q., & Baxter, N. N. (2021). Sedation practices for routine gastrointestinal endoscopy: A systematic review of recommendations. *BMC Gastroenterology, 21*(1), Article 22. https://doi.org/10.1186/s12876-020-01561-z

García Mora, M. A., Torres González, C. A., Hernández Hernández, F. J., & Rusz Ahuad, C. I. (2020). El uso de sulfato de magnesio como adyuvante en el bloqueo regional neuroaxial: Metaanálisis. *Acta Médica Grupo Ángeles, 18*(2), 156–171. https://doi.org/10.35366/93890

Goldman, L., & Cooney, K. A. (2024). *Goldman-Cecil. Tratado de medicina interna* (27.ª ed.). Elsevier. https://www.google.com.mx/books/edition/Goldman_Cecil_Tratado_de_medicina_intern/VQ0mEQAAQBAJ?hl=en&gbpv=1

Gu, Y., Hao, J., Wang, J., Liang, P., Peng, X., Qin, X., et al. (2024). Effectiveness assessment of bispectral index monitoring compared with conventional monitoring in general anesthesia: A systematic review and meta-analysis. *Anesthesiology Research and Practice, 2024*, Article 5555481. https://doi.org/10.1155/2024/5555481

Gupta, K., Vohra, V., & Sood, J. (2006). The role of magnesium as an adjuvant during general anaesthesia. *Anaesthesia, 61*(11), 1058–1063. https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2006.04801.x

Herroeder, S., Schönherr, M. E., De Hert, S. G., & Hollmann, M. W. (2011). Magnesium: Essentials for anesthesiologists. *Anesthesiology, 114*(4), 971–993. https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318210483d

Jiménez Tortosa, M. R. (2013). ¿Magnesio para todo? Implicaciones anestésicas. *Revista Electrónica AnestesiaR, 5*(8), 5. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8694993

Mathur, S., Patel, J., Goldstein, S., Hendrix, J. M., & Jain, A. (2025). Bispectral index. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539809/

Páez Calvopiña, D. C., Cueva Figueroa, A. M., Navarrete Guevara, P. E., & Zurita Fuentes, S. D. (2023). Índice biespectral en anestesiología: Aplicaciones clínicas y utilidad en el monitoreo de la profundidad anestésica. *RECIMUNDO, 7*(1), 746–754. https://doi.org/10.26820/recimundo/7

Park, H. J., Kim, B.-W., Lee, J. K., Park, Y., Park, J. M., Bae, J. Y., et al. (2022). 2021 Korean Society of Gastrointestinal Endoscopy clinical practice guidelines for

endoscopic sedation. *Korean Journal of Gastroenterology, 79*(4), 141–155. https://doi.org/10.4166/kjg.2021.157

Park, S. W. (2022). Clinical and economic value of bispectral index monitoring for adequate endoscopic sedation. *Clinical Endoscopy, 55*(4), 518–519. https://doi.org/10.5946/ce.2022.110

Pedrosa, E., Silva, M., Lobo, A., Barbosa, J., & Mourao, J. (2021). Is the ASA classification universal? *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation, 49*(4), 298–303. https://doi.org/10.5152/TJAR.2021.103

Practice guidelines for moderate procedural sedation and analgesia 2018: A report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Moderate Procedural Sedation and Analgesia, the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, American College of Radiology, American Dental Association, American Society of Dentist Anesthesiologists, and Society of Interventional Radiology. (2018). *Anesthesiology, 128*(3), 437–479. https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002043

Semeda, A., Yousef, I., & Roushdy, A. S. (2020). Is lidocaine better than magnesium sulfate as an adjuvant with propofol in colonoscopy? *Minia Journal of Medical Research, 31*(4), 95–100. https://doi.org/10.21608/mjmr.2022.217133

Sidhu, R., Turnbull, D., Haboubi, H., Leeds, J. S., Healey, C., Hebbar, S., et al. (2024). British Society of Gastroenterology guidelines on sedation in gastrointestinal endoscopy. *Gut, 73*(2), 219–245. https://doi.org/10.1136/gutjnl-2023-330396

Tardio Flores, R. A., Sejas Clavijo, J., Castellon Sejas, V., Bustamante C., & Orozco Cadima, A. (2010). Utilidad del índice biespectral en la monitorización de la conciencia durante la anestesia general. *Revista Científica Ciencia Médica, 13*(2), 69–72. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426041221004

Telci, L., Esen, F., Akcora, D., Erden, T., Canbolat, A. T., & Akpir, K. (2002). Evaluation of effects of magnesium sulphate in reducing intraoperative anaesthetic

requirements. *British Journal of Anaesthesia, 89*(4), 594–598. https://doi.org/10.1093/bja/aef238

Urits, I., Jung, J. W., Amgalan, A., Fortier, L., Anya, A., Wesp, B., et al. (2021). Utilization of magnesium for the treatment of chronic pain. *Anesthesiology and Pain Medicine, 11*(1), e112348. https://doi.org/10.5812/aapm.112348

Yoldas, H., Yildiz, I., Karagoz, I., Sit, M., Ogun, M. N., Demirhan, A., et al. (2019). Effects of bispectral index-controlled use of magnesium on propofol consumption and sedation level in patients undergoing colonoscopy. *Medeni Medical Journal, 34*(4), 380–386. https://doi.org/10.5222/MMJ.2019.99705

Zhou, S., Zhu, Z., Dai, W., Qi, S., Tian, W., Zhang, Y., et al. (2021). National survey on sedation for gastrointestinal endoscopy in 2758 Chinese hospitals. *British Journal of Anaesthesia, 127*(1), 56–64. https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.01.028

XII. Anexos

ANEXO I. HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

SECRETARÍA DE SALUD DEL ESTADO DE QUERÉTARO
HOSPITAL GENERAL DE QUERETARO.

Protocolo de Investigación: "Efecto del sulfato de magnesio sobre la profundidad de la sedación medida por el índice biespectral en pacientes sometidos a procedimientos endoscópicos en el Hospital General de Querétaro"

Herramienta de recolección de información.

Fecha: _____. **Folio: _____.**
Edad: _____años. **Sexo: Masculino (__). Femenino (__).**

Tipo de procedimiento endoscópico:
Endoscopía digestiva alta ( ) **Colonoscopia ( )**

Clasificación ASA:
ASA I ( ) **ASA II ( )** **ASA III ( )**

Uso de sulfato de magnesio: Si ( ) No ( )
Dosis de sulfato de magnesio: _____ mg/kg **Consumo de propofol: _____ mg**
Profundidad de sedación: _____

Tipo de evento adverso:
Depresión respiratoria ( ) **Hipotensión ( )** **Bradicardia ( )**
Náusea/vómito ( ) **Otro ( )** **Ninguno ( )**

ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO

SECRETARÍA DE SALUD DEL ESTADO DE QUERÉTARO
HOSPITAL GENERAL DE QUERETARO

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Querétaro, Querétaro a __de_____del 2025

No. de registro: _____

Título del protocolo:

"Efecto del sulfato de magnesio sobre la profundidad de la sedación medida por el índice biespectral en pacientes sometidos a procedimientos endoscópicos en el Hospital General de Querétaro"

Justificación y objetivo de la investigación:

El objetivo de este estudio es evaluar si el uso de sulfato de magnesio influye en la profundidad de la sedación durante procedimientos endoscópicos, con la finalidad de mejorar la seguridad y calidad de la sedación.

Procedimientos y duración de la investigación

En caso de participar en el estudio, será parte de un estudio donde será parte de uno de los dos grupos de estudio, uno a quien se le administrará sulfato de magnesio como fármaco adicional de la sedación y otro con manejo estándar. El estudio se realizará de enero a marzo 2026.

Riesgos y molestias:

Esta investigación está clasificada como "riesgo mínimo": El sulfato de magnesio es un medicamento de uso frecuente y seguro, los posibles efectos adversos son poco comunes entre los que se encuentran rubor facial, calor, sudoración, ritmo cardiaco irregular, nausea, vomito y serán vigilados en todo momento por el personal médico.

Beneficios que recibirá al participar en la investigación:

Su participación contribuirá a mejorar la atención médica en futuros pacientes a quienes se les realice un procedimiento endoscópico.

Información sobre resultados:

La información sepa utilizada para fines de investigación y publicación.

Alternativas de tratamiento:

Se brindará toda la atención médica necesaria en caso de algún efecto adverso persistente.

Participación o retiro:

La participación es voluntaria y podrá retirarse del estudio cuando usted lo decida, sin existir repercusiones de ningún tipo.

Privacidad y confidencialidad:

Los datos proporcionados son altamente confidenciales y privados y solamente tendrán acceso a ellos los responsables del estudio. No se publicarán ni se darán a conocer sin su autorización previa a otras personas

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con la investigación podrá dirigirse a:

Investigadora o Investigador Responsable: Dr. Noé Ramírez Reséndiz (Médico Anestesiólogo adscrito a Hospital General de Querétaro) Dra. Adilene Monserrat Tajimaroa Andrade (Médico residente de tercer año del Hospital General de Querétaro).

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Hospital General de Querétaro, ubicado en José Antonio García Jimeno 1000. Col, Ex Hacienda La Capilla, 76180 Santiago de Querétaro, Querétaro

Declaración de consentimiento:

	Acepto participar y que se tomen los datos para este estudio
	Acepto participar y que se tomen los datos para este estudio y/o estudios futuros

Se conservarán los datos hasta por 5 años tras lo cual se destruirán.

_____
Nombre y firma del participante

_____ _____
Nombre y firma del testigo 1 Nombre y firma del testigo 2

Rangos de Valores del BIS y su Interpretación:

- **100:** Individuo despierto, alerta y con consciencia normal.
- **70 – 90:** Sedación moderada o consciente.
- **40 – 60:** Rango recomendado para anestesia general, indicando un nivel de hipnosis adecuado para cirugía.
- **< 40:** Sedación profunda.
- **0:** Ausencia total de actividad eléctrica cerebral.