



**HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

**CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACIÓN APNEICA DURANTE LA  
INTUBACIÓN OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS EN EL  
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

**TESIS PRESENTADA**

**POR:**

**Juan Eduardo Gutiérrez Contreras**

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGÍA**

**ASESORES**

**Dra. Rocío Angélica López García  
Dr. Javier Ramírez Paredes**

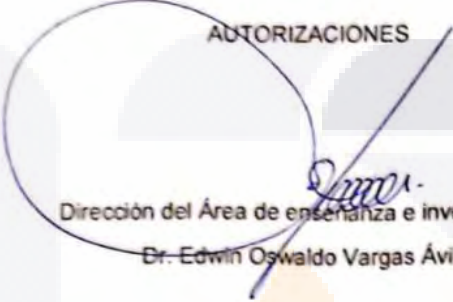
**Aguascalientes, Ags, 05 de Febrero de 2026.**


Aprobaciones

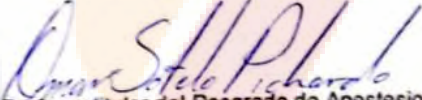


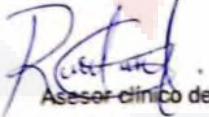
**\*\* EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACIÓN APNEICA DURANTE LA INTUBACIÓN OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO\*\***


AUTORIZACIONES

  
Dirección del Área de enseñanza e investigación  
Dr. Edwin Oswaldo Vargas Ávila

  
Jefatura del servicio de Anestesiología  
Dr. Miguel Ángel Cortes Reyna

  
Profesor titular del Posgrado de Anestesiología  
Dr. Omar Sotelo Pichardo

  
Asesor clínico de tesis  
Profesor del Posgrado de Anestesiología  
Dra. Rocio Angelica López Garcia

  
Asesor Metodológico de tesis  
Profesor del Posgrado de Anestesiología  
Dr. Javier Ramirez Paredes



**CARTA DE VOTO APROBATORIO**

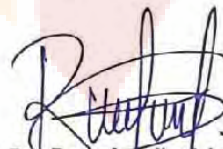
**Dr. Sergio Ramírez González**  
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**PRESENTE**

Por medio del presente como ASESOR designado del estudiante JUAN EDUARDO GUTIERREZ CONTRERTAS con ID 109208 quien realizó la tesis titulada: EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACIÓN APNEICA DURANTE LA INTUBACIÓN OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el VOTO APROBATORIO, para que el pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
"Se Lumen Proferre"  
Aguascalientes, Ags., a 31 de Diciembre de 2025.



**Dra. Rocío Angelica López García**  
Tutor de Tesis

**Profesor del núcleo básico del posgrado de Anestesiología**

c.c.p.: Interesado  
c.c.p.: Coordinación del Programa de Posgrado

**CARTA DE VOTO APROBATORIO**

**Dr. Sergio Ramírez González**  
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**PRESENTE**

Por medio del presente como ASESOR designado del estudiante JUAN EDUARDO GUTIERREZ CONTRERTAS con ID 109208 quien realizó la tesis titulada: **EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACIÓN APNEICA DURANTE LA INTUBACIÓN OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que el pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 31 de Diciembre de 2025.



**Dr. Javier Ramírez Paredes**

**Asesor metodológico**

**Profesor del núcleo básico del posgrado de Anestesiología**

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Coordinación del Programa de Posgrado



Aguascalientes, Aguascalientes a 28 de Octubre de 2025

**DR. EDWIN OSWALDO VARGAS ÁVILA**  
**DIRECCION DEL AREA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN**  
**CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

**PRESENTE**

Estimado Doctor, en respuesta a la petición hecha por el Juan Eduardo Gutiérrez Contreras, relacionada a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

***" EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACIÓN APNEICA DURANTE LA INTUBACIÓN OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"***

Me permito informarle que, una vez corregido y aceptado el documento, considero que cumple cabalmente con los requisitos para su aceptación e impresión final.

Sin más por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

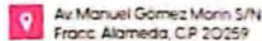
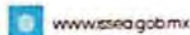
ATENTAMENTE

Dra. Rocío Angelica López García

ASESOR

Dr. Javier Ramírez Paredes

ASESOR





## COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

CEI-C/020/25

Aguascalientes, Ags., a 21 de enero de 2025

**DRA. ROCIO ANGELICA LOPEZ GARCIA**  
INVESTIGADORA PRINCIPAL

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Ética en Investigación y el Comité de Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, han decidido continuar con la vigencia del proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

**"EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACION APNEICA DURANTE LA INTUBACION OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS REALIZADO EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"**

En virtud de que se trata de un proyecto sin riesgo o con riesgo mínimo y los autores han firmado la carta compromiso de cumplimiento normativo institucional, se otorga el número de registro 2023-R-42.

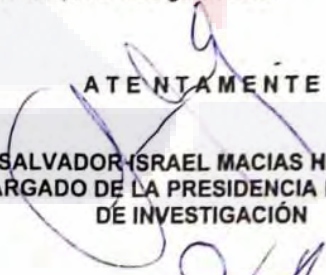
Los autores participantes actualizados se mencionan a continuación:

Dr. Juan Eduardo Gutierrez Contreras

Con tiempo de vigencia: 1 año de enero de 2025 a enero del 2026

Sin otro particular, se solicita a los investigadores ajustarse a su periodo de vigencia del proyecto, reportando semestralmente los avances y al concluirse reportar estado del estudio, incidencias y eventos, además entregar resumen de resultados obtenidos y de los productos generados.

ATENTAMENTE

  
**DR. SALVADOR ISRAEL MACIAS HERNANDEZ**  
ENCARGADO DE LA PRESIDENCIA DEL COMITÉ  
DE INVESTIGACIÓN



  
**DR. JAIME ASAEL LOPEZ VALDEZ**  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN  
SECRETARIO DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN



449 994 67 20

www.eisa.gov.mx

Av Manuel Gómez Morán S/N  
Fracc. Alameda, CP 20251



Juan Eduardo Gutiérrez Contreras

Gracias por enviar el manuscrito "Efficacy and safety of apneic oxygenation during orotracheal intubation of pediatric patients at Centenario Hospital Miguel Hidalgo" a Revista Electrónica AnestesiaR. Con el sistema de gestión de publicaciones en línea que utilizamos podrá seguir el progreso a través del proceso editorial tras iniciar sesión en el sitio web de la publicación:

URL del manuscrito: <https://revistaanestesia.org/index.php/rear/authorDashboard/submission/1361>

Nombre de usuario/a: eduardogtz

Si tiene alguna duda puede ponerse en contacto conmigo. Gracias por elegir esta editorial para mostrar su trabajo.

Secretaría Técnica



Revista Electrónica de AnestesiaR.

**(ReAR)**



DICTAMEN DE LIBERACION ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO - ESPECIALIDADES MÉDICAS



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 03/02/2026

**NOMBRE:** GUTIERREZ CONTRERAS JUAN EDUARDO **ID:** 109208

**ESPECIALIDAD:** ANESTESIOLOGÍA **LGAC (del posgrado):** TECNICA Y COMPLICACION DE LA ANALGESIA

**TIPO DE TRABAJO:**  Tesis  Trabajo práctico

**SEDE HOSPITALARIA:** CERNTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**TITULO:** EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA OXIGENACION APNEICA DURANTE LA INTUBACION OROTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIATRICOS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):** MEJORA EN LA SEGURIDAD DEL PACIENTE PEDIATRICO, REDUCIENDO EL RIESGO DE DAÑO NEUROLOGICO O VITAL DURANTE LA INTUBACION

**INDICAR SI - NO - NA (No aplica) SEGÚN CORRESPONDA:**

*Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:*

- SI El trabajo es congruente con las LGAC de la especialidad médica
- SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
- SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
- SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
- SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
- SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
- SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
- NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
- SI Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)

*El egresado cumple con lo siguiente:*

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Posgrado
- SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios
- SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial
- SI Cuenta con la aprobación del (la) Jefe de Enseñanza y/o Hospital
- SI Coincide con el título y objetivo registrado
- SI Tiene el CVU de la SECINTI actualizado
- NA Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Si X  
No \_\_\_\_\_

FIRMAS

Revisó:  
NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

MCB E SILVIA PATRICIA GONZÁLEZ FLORES

Autorizó:  
NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

DR. EN FARM. SERGIO RAMÍREZ GONZÁLEZ

**Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado**

En cumplimiento con el Art. 1.19 (orden 1) inciso g) del Reglamento General de Posgrado que otorga a la autoridad de la personalística del Decanato del Centro de Ciencias de la Salud.

## **Agradecimientos**

*A la **Dra. Rocio Angelica López García**, con profundo agradecimiento por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado, por su guía constante, su paciencia y por compartir su conocimiento con una pasión que inspira. Su ejemplo profesional y humano ha sido un faro en mi formación y un modelo a seguir en el ejercicio de la anestesiología.*

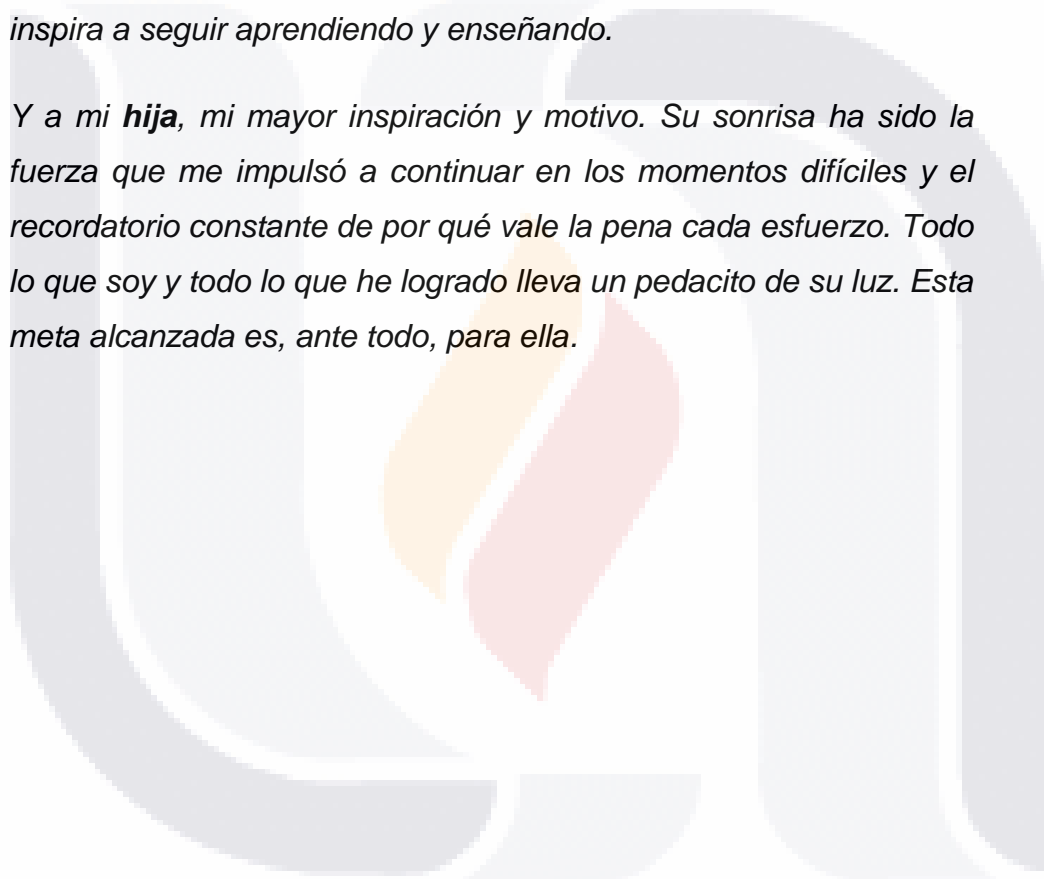
*A los médicos adscritos del servicio de anestesiología, por cada enseñanza transmitida en el quirófano y fuera de él, por su disposición para formar, corregir y motivar, convirtiendo cada día en una oportunidad de aprendizaje.*

*Y a todos aquellos que, con su apoyo, confianza y compañía, se convirtieron en un pilar fundamental durante mi residencia. A mi familia, compañeros y amigos, gracias por su aliento incondicional en este camino que culmina una etapa, pero que marca el inicio de una vida dedicada al cuidado y bienestar de los pacientes.*

## **Dedicatoria**

A mis **maestros**, quienes a lo largo de mi formación sembraron en mí la pasión por la medicina, la disciplina del conocimiento y el compromiso con el paciente. Cada uno, con su ejemplo, sus palabras y su entrega, dejó una huella imborrable que me ha guiado hasta convertirme en el médico que hoy soy. Su enseñanza trasciende los libros y los años; es el reflejo del verdadero espíritu docente que inspira a seguir aprendiendo y enseñando.

Y a mi **hija**, mi mayor inspiración y motivo. Su sonrisa ha sido la fuerza que me impulsó a continuar en los momentos difíciles y el recordatorio constante de por qué vale la pena cada esfuerzo. Todo lo que soy y todo lo que he logrado lleva un pedacito de su luz. Esta meta alcanzada es, ante todo, para ella.



## Índice general

Índice general.....	1
Índice de gráficas .....	3
Índice de tablas .....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Marco teórico.....	8
Definición.....	8
Fisiología .....	10
Técnicas y modalidades en pediatría .....	11
Evidencia clínica en población pediátrica .....	13
Antecedentes.....	13
Ensayos aleatorizados y estudios controlados .....	14
Otras revisiones y análisis adicionales .....	14
Hallazgos y metodologías.....	15
Indicaciones y precauciones.....	16
Indicaciones principales:.....	16
Limitaciones y vacíos de conocimiento.....	17
Hipótesis.....	17
Objetivos .....	17
Planteamiento del problema.....	18
Justificación.....	19
Metodología .....	21
Tipo de estudio .....	21
Diseño metodológico .....	21
Límites de espacio y tiempo .....	21
Población.....	21
Muestra.....	22
Criterios de Selección.....	22
Criterios de Inclusión (Ambos grupos):.....	22
Criterios de Exclusión (Ambos grupos):.....	23
Procedimiento y Variables .....	23

Procedimiento Estandarizado (Ambos grupos): .....	23
Intervención (Diferenciación de grupos): .....	23
Variables.....	24
Variables Demográficas: Edad (meses/años), peso (kg), sexo, clasificación ASA. ....	24
Variables de Resultado Primarias: .....	24
Variables de Resultado Secundarias:.....	24
Instrumento de medición .....	28
Procedimientos.....	29
Análisis estadísticos .....	30
Análisis Descriptivo .....	31
Análisis Inferencial:.....	31
Cronograma de actividades .....	32
Recursos humanos, materiales y económicos.....	33
Consideraciones ético y legales .....	33
Resultados .....	35
Resultados con apoyo de oxigenación apneica.....	35
Frecuencias.....	35
Tablas Cruzadas .....	47
Análisis Principal: Oxigenación Apneica vs. Control (Sin oxigenación apneica). .....	53
Conclusiones .....	60
Discusión.....	62
Glosario.....	65
Referencias bibliográficas .....	69
Anexos .....	73

## Índice de gráficas

Grafica 1 Frecuencia ASA.....	36
Grafica 2 Inducción por grupo de edad .....	38
Grafica 3 Vía aérea difícil.....	41
Grafica 4 Efectos adversos durante la intubación .....	44
Grafica 5 Distribución de desaturación por edad .....	46
Grafica 6 Saturación mas baja reportada.....	51
Grafica 7 Saturación postintubación .....	53
Grafica 8 Comparativa de oxigenación apneica vs control .....	55
Grafica 9 Tiempo de desaturación de oxigenación apneica vs control .....	56

## Índice de tablas

Tabla 1 Flujos de Oxígeno Sugeridos por NEAR4KIDS para ApOx.....	12
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	25
Tabla 3 Frecuencia ASA .....	35
Tabla 4 Inducción.....	37
Tabla 5 Intubación.....	38
Tabla 6 Operador .....	39
Tabla 7 Vía Aérea Difícil .....	40
Tabla 8 Dispositivo.....	41
Tabla 9 Número de laringoscopías .....	42
Tabla 10 Efectos Adversos .....	43
Tabla 11 Tiempo de desaturación.....	45
Tabla 12 Homogeneidad del procedimiento.....	47
Tabla 13 Desaturación Categórica (Asociación lineal).....	48
Tabla 14 Saturaciones Mínimas y Post-Intubación (Kruskal-Wallis) .....	48
Tabla 15 Análisis de Eventos Adversos por edad .....	49
Tabla 16 Análisis de variables numéricas (Kruskal-Wallis) .....	50
Tabla 17 Análisis comparativo de oxigenación apnéica vs control.....	54
Tabla 18 Eficacia Principal: Tiempo de Desaturación e Hipoxemia .....	57

## Resumen

**Introducción:** La intubación orotraqueal (IOT) en pediatría es un procedimiento de alto riesgo debido a la rápida desaturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) durante la apnea. La oxigenación apneica (ApOx) es una técnica que busca prolongar el tiempo de apnea segura. En una primera fase de este estudio (grupo control, N=49), se documentó una incidencia de hipoxemia (SpO<sub>2</sub> < 9%) del 20.4% y bradicardia del 4.1% en ausencia de ApOx. **Objetivo:** Evaluar la eficacia y seguridad de un protocolo estandarizado de oxigenación apneica con cánula nasal de bajo flujo (CNBF) (5, 10 y 15 L/min según la edad), comparándolo con el grupo control sin ApOx, para disminuir la incidencia de hipoxemia durante la IOT en pacientes pediátricos ASA II-III. **Metodología:** Estudio prospectivo, comparativo, longitudinal, realizado en dos fases. Se comparó un grupo control histórico (Fase 1, N=49, sin ApOx) con un grupo experimental (Fase 2, N=67, con ApOx por CNBF). El grupo experimental recibió flujos de 5 L/min (1 mes-1 año), 10 L/min (2-7 años) y 15 L/min (8-17 años). Se midieron: incidencia de hipoxemia (SpO<sub>2</sub> < 90%), tiempo de desaturación (tiempo de apnea segura), tiempo de intubación y eventos adversos. **Resultados:** Se incluyeron 116 pacientes (49 control, 67 experimental). La incidencia de hipoxemia (SpO<sub>2</sub> < 90%) fue significativamente menor en el grupo experimental (2.98%, n=2) comparado con el grupo control (20.4%, n=10) (p<0.05). El tiempo medio de apnea segura (tiempo hasta desaturación) se prolongó significativamente en el grupo experimental (59.8 ± 18.9 segundos) frente al control (32.5 ± 11.2 segundos) (p<0.05). La incidencia de bradicardia se redujo de 4.1% (n=2) en el grupo control a 0% (n=0) en el grupo experimental. **Conclusión:** El uso de oxigenación apneica estandarizada con cánula nasal de bajo flujo (protocolo 5-10-15 L/min) reduce drásticamente la incidencia de hipoxemia y bradicardia, y casi duplica el tiempo de apnea segura durante la intubación orotraqueal en pacientes pediátricos ASA II-III. Es una técnica eficaz y segura que mejora significativamente el margen de seguridad del procedimiento.

**Palabras clave:** Oxigenación apneica, seguridad del paciente, intubación pediátrica, tiempo de apnea seguro, hipoxemia, complicaciones y Anestesiología.

## Abstract

**Introduction:** Orotracheal intubation (OTI) in pediatrics is a high-risk procedure due to rapid oxygen desaturation (SpO<sub>2</sub>) during apnea. Apneic oxygenation (ApOx) is a technique intended to prolong safe apnea time. In the first phase of this study (control group, N=49), an incidence of hypoxemia (SpO<sub>2</sub> < 90%) of 20.4% and bradycardia of 4.1% was documented in the absence of ApOx. **Objective:** To evaluate the efficacy and safety of a standardized apneic oxygenation protocol using low-flow nasal cannula (LFNC) (5, 10, and 15 L/min according to age), comparing it with the control group (no ApOx), to reduce the incidence of hypoxemia during OTI in pediatric patients ASA II-III. **Methodology:** A prospective, comparative, longitudinal study conducted in two phases. A historical control group (Phase 1, N=49, no ApOx) was compared with an experimental group (Phase 2, N=67, with ApOx via LFNC). The experimental group received flows of 5 L/min (1 month-1 year), 10 L/min (2-7 years), and 15 L/min (8-17 years). Measured variables included: incidence of hypoxemia (SpO<sub>2</sub> < 90%), time to desaturation (safe apnea time), intubation time, and adverse events. **Results:** 116 patients were included (49 control, 67 experimental). The incidence of hypoxemia (SpO<sub>2</sub> < 90%) was significantly lower in the experimental group (2.98%, n=2) compared to the control group (20.4%, n=10) (p<0.05). The mean safe apnea time (time to desaturation) was significantly prolonged in the experimental group (59.8 ± 18.9 seconds) versus the control group (32.5 ± 11.2 seconds) (p<0.05). The incidence of bradycardia was reduced from 4.1% (n=2) in the control group to 0% (n=0) in the experimental group. **Conclusion:** The use of standardized apneic oxygenation with low-flow nasal cannula (5-10-15 L/min protocol) dramatically reduces the incidence of hypoxemia and bradycardia, and nearly doubles the safe apnea time during orotracheal intubation in pediatric patients ASA II-III. It is an effective and safe technique that significantly improves the procedure's safety margin.

**Keywords:** Apneic oxygenation, Pediatric intubation, Patient safety, Hypoxemia, Safe apnea time, Anesthesiology.

## Introducción

El manejo de la vía aérea en el paciente pediátrico constituye uno de los momentos de mayor riesgo en la práctica anestesiológica, particularmente durante la inducción anestésica y la intubación orotraqueal (IOT). Las características anatómicas y fisiológicas propias de esta población —incluyendo una menor capacidad residual funcional (CRF), un consumo metabólico de oxígeno ( $VO_2$ ) elevado y una vía aérea de menor calibre— condicionan una reserva de oxígeno limitada y una rápida desaturación durante los periodos de apnea, incluso tras una adecuada preoxigenación (1).

La hipoxemia peri-intubación en pediatría no es un evento benigno. Se asocia directamente con la aparición de bradicardia por estimulación vagal, inestabilidad hemodinámica, arritmias y, en casos severos, paro cardiorrespiratorio y daño neurológico, especialmente en lactantes y niños menores de dos años (2). Diversos estudios han demostrado que la desaturación ocurre en un intervalo significativamente más corto que en adultos, reduciendo el margen de seguridad durante la laringoscopia (3).

La oxigenación apneica (ApOx), definida como la administración continua de oxígeno durante el periodo de apnea, ha resurgido como una estrategia eficaz para prolongar el tiempo de apnea segura. Su fundamento fisiológico se basa en la difusión pasiva de oxígeno desde la vía aérea superior hacia los alvéolos, impulsada por el gradiente de presión generado por el consumo continuo de oxígeno a nivel tisular, aun en ausencia de ventilación activa (4).

La evidencia contemporánea en población pediátrica respalda el uso de la oxigenación apneica como una herramienta para reducir la incidencia de hipoxemia durante la intubación. El metaanálisis de Fuchs et al. demostró una disminución significativa de los episodios de desaturación y una mayor probabilidad de éxito al primer intento de intubación en niños que recibieron ApOx (5). Asimismo, estudios observacionales y ensayos clínicos han reportado beneficios tanto en el quirófano como en áreas fuera del mismo, incluyendo urgencias y unidades de cuidados

intensivos pediátricos (6).

No obstante, persiste controversia respecto al flujo óptimo de oxígeno, el tipo de dispositivo y su eficacia real en distintos grupos etarios, particularmente cuando se utilizan cánulas nasales de bajo flujo en pacientes pediátricos ASA II-III fuera de contextos críticos (7). Mientras que técnicas de alto flujo como THRIVE han demostrado prolongar de forma significativa el tiempo de apnea segura, su disponibilidad es limitada en muchos centros.

En este contexto, resulta clínicamente relevante evaluar estrategias simples, accesibles y reproducibles. El presente estudio analiza la eficacia y seguridad de un protocolo estandarizado de oxigenación apneica con cánula nasal de bajo flujo, ajustado por edad, como una alternativa viable para reducir la hipoxemia peri-intubación en pacientes pediátricos, contribuyendo a mejorar la seguridad anestésica en la práctica cotidiana (8).

## **Marco teórico**

La intubación orotraqueal en la población pediátrica representa un instante de alto peligro en la práctica anestesiológica; esto se debe a las particularidades anatómicas y fisiológicas de los niños, las cuales limitan drásticamente sus reservas de seguridad durante los períodos de apnea. Cuando se lleva a cabo la inducción anestésica, la suspensión de la ventilación espontánea, que ocurre tras la administración de relajantes musculares e hipnóticos, en este punto, el tiempo disponible antes de la desaturación del paciente (periodo de apnea) se transforma en un reto decisivo.

Fisiológicamente, los niños exhiben una capacidad funcional residual (CFR) inferior y un consumo de oxígeno superior en relación con su peso corporal. Adicionalmente, poseen una reserva de oxígeno reducida si se compara con los adultos, y su tasa de cierre de las vías aéreas tiende a aproximarse a la capacidad residual. Por consiguiente, la hipoxemia se desarrolla con mayor celeridad en pacientes pediátricos al comenzar la apnea, un fenómeno que diversos estudios atribuyen a su menor CFR, un aumento de la capacidad de cierre y una tasa metabólica de oxígeno más elevada. (9).

### **Definición**

Esta técnica, conocida como oxigenación apneica, se fundamenta en la provisión constante de oxígeno (mediante dispositivos como cánulas nasales de alto o bajo flujo) mientras el paciente se encuentra en el periodo de apnea. El objetivo principal es prolongar la tolerancia a la apnea y minimizar la ocurrencia de desaturación, logrando así una reducción significativa de las complicaciones hipóxicas inherentes al proceso de intubación. Recientemente, la aplicación de esta metodología ha cobrado importancia en el ámbito pediátrico. Mejorar el manejo de la vía aérea en niños es un factor crucial para garantizar la seguridad durante el periodo perioperatorio (10).

## Hipoxemia e Hipoxia

Un panorama de riesgo elevado de hipoxemia se configura por la concurrencia de una anatomía compleja (que puede extender la duración de la laringoscopia) y una fisiología con limitadas reservas (que reduce el tiempo disponible para la intervención) (11).

En la anestesia pediátrica, es imprescindible distinguir entre dos conceptos clave (12):

**Hipoxemia:** Se define como la reducción de la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial ( $\{PaO_2$ ). Su seguimiento clínico se realiza de manera no invasiva a través de la pulsioximetría ( $SpO_2$ ), donde la desaturación actúa como indicador. En la literatura clínica, generalmente se establece como un valor de  $SpO_2$  menor a 90% o a 92% (13).

**Hipoxia:** Representa el resultado directo de la hipoxemia, caracterizándose por una carencia de oxígeno a nivel de los tejidos que interfiere con el metabolismo aeróbico celular.

En pacientes pediátricos, la hipoxemia, si no es corregida, deriva velozmente en una hipoxia tisular. Este fenómeno es el detonante primordial de las complicaciones más serias durante la intubación, incluyendo la bradicardia (como respuesta refleja vagal a la falta de oxígeno), el colapso del sistema circulatorio y, en el peor de los casos, el paro cardiorrespiratorio (14).

El fundamento fisiológico pasa por que, tras la inducción y la apnea, si se mantiene una concentración elevada de oxígeno en las vías aéreas, la difusión pulmonar continúa favoreciendo el mantenimiento del oxígeno arterial, aun sin ventilación activa, lo cual retrasa la caída de la saturación. Este principio es ampliamente aceptado en adultos y comienza a documentarse en niños. Por ejemplo, en una revisión sistemática con metanálisis que incluye 15 estudios y 9 802 niños, se encontró que la oxigenación apneica “Mayor éxito en la intubación al primer intento, una saturación de oxígeno más alta durante la intubación (diferencia media del

3.6%) y una menor incidencia de hipoxemia (razón de riesgo de 0.24) en comparación con la no administración de oxígeno suplementario” (15).

Sin embargo, la técnica presenta múltiples variables: flujo de oxígeno, tipo de cánula (bajo flujo vs alto flujo), momento de colocación de la cánula (pre-inducción, durante laringoscopia), y características del paciente (edad, patología respiratoria, grado de urgencia de la intubación). Esta segunda fase del estudio incorpora un grupo experimental con cánula nasal de bajo flujo de oxígeno aplicada durante la intubación en pediatría, con el fin de compararlo con el grupo control (sin oxigenación apneica) ya estudiado en la fase uno.

### **Fisiología**

Durante la apnea, el consumo de oxígeno por los tejidos continúa, mientras que la producción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se mantiene relativamente constante. Debido a las diferencias en los gradientes de presión y en la solubilidad de ambos gases, el oxígeno puede difundirse hacia los alvéolos desde la nasofaringe cuando se administra de manera continua, fenómeno que permite mantener una oxigenación adecuada incluso sin ventilación activa (16).

El  $\text{CO}_2$ , en cambio, no se elimina de manera significativa, por lo que la oxigenación apneica mantiene la oxigenación pero no previene la hipercapnia (17). Este principio fisiológico es especialmente útil durante la intubación, la inducción anestésica o procedimientos de vía aérea que requieren apnea controlada.

Para comprender por qué los niños tienen mayor riesgo de desaturación durante la apnea, es necesario analizar varios aspectos fisiológicos:

**Capacidad Funcional Residual (CFR) reducida:** El volumen de gas que permanece en los pulmones tras una exhalación normal (CFR) es proporcionalmente menor en niños en relación con su volumen corriente y consumo de  $\text{O}_2$  en comparación con los adultos. Este factor limita la reserva disponible de oxígeno durante el cese respiratorio.

**Consumo de Oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) elevado:** Los niños presentan una tasa metabólica

por kilogramo superior a la de los adultos, resultando en un VO<sub>2</sub> más alto. Esto provoca una disminución acelerada de la saturación de oxígeno una vez que la ventilación se detiene.

**Relación Ventilación-Perfusión (V/Q):** Las particularidades anatómicas, como un mayor cierre de vías aéreas de pequeño calibre, un menor volumen residual y una alta frecuencia respiratoria, incrementan la variabilidad en la relación V/Q y reducen la capacidad de compensación durante la apnea. Tiempo de Desaturación Acelerado: Con base en los puntos anteriores, el intervalo seguro de apnea (el tiempo hasta que la SpO<sub>2</sub> alcanza niveles críticos) es notablemente más corto en la población infantil que en la adulta.

**Factores Anatómicos y de Procedimiento:** Una vía aérea de menor calibre, el mayor tejido linfóide y la alta propensión a la obstrucción en niños pueden prolongar la duración o el número de intentos de intubación, incrementando así el tiempo total de apnea. (18)

En resumen, cuando el niño deja de respirar espontáneamente durante la inducción, las reservas de O<sub>2</sub> se agotan con rapidez. Cualquier demora en la colocación del tubo endotraqueal puede precipitar una caída crítica en la saturación, lo que conlleva un riesgo inminente de bradicardia, paro cardíaco y daño neurológico. (19)

### **Técnicas y modalidades en pediatría**

La oxigenación apnéica puede realizarse mediante cánulas nasales de bajo flujo (Low-Flow Nasal Cannula, LFNC) o mediante oxigenoterapia de alto flujo (High-Flow Nasal Oxygen, HFNO / THRIVE).

#### **1. Cánulas nasales de bajo flujo (LFNC)**

Es la modalidad más accesible y utilizada en anestesia pediátrica y emergencias. Consiste en administrar oxígeno suplementario a través de cánulas nasales convencionales durante la apnea, manteniendo un flujo constante que facilita el gradiente de difusión alveolar de oxígeno.

Según las recomendaciones del consorcio NEAR4KIDS (National Emergency Airway Registry for Children), los flujos sugeridos para oxigenación apneica con cánulas nasales convencionales son:

- Menores de 2 años (excluyendo neonatos): hasta 5 L/min.
- Niños de 2 a 8 años: hasta 10 L/min.
- Mayores de 8 años: hasta 15 L/min.

Estos flujos permiten optimizar la oxigenación sin generar turbulencias excesivas ni distensión gástrica, ajustándose a la edad, tamaño corporal y tolerancia del paciente. El uso de LFNC bajo estos parámetros ha demostrado ser seguro y efectivo para prolongar el tiempo seguro de apnea, especialmente en pacientes con vía aérea difícil o durante inducciones anestésicas controladas (20).

**Tabla 1 Flujos de Oxígeno Sugeridos por NEAR4KIDS para ApOx**

Grupo de Edad	Flujo de Oxígeno (LFNC)
Menores de 2 años (excl. neonatos)	hasta 5 L/min
Niños de 2 a 8 años	hasta 10 L/min
Mayores de 8 años	hasta 15 L/min

2. Oxigenoterapia de alto flujo (HFNO / THRIVE)  
 El sistema THRIVE (Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange) administra oxígeno calentado y humidificado a flujos elevados mediante cánulas nasales especiales. En pediatría, el flujo se ajusta de acuerdo con el peso corporal, usualmente  $2 \text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , hasta un máximo de 70 L/min en adolescentes (22).

Esta modalidad ofrece ventajas adicionales como:

- Lavado del espacio muerto anatómico.
- Generación de una leve presión positiva nasofaríngea (similar al CPAP).
- Reducción de atelectasia y mejor mantenimiento de la capacidad residual funcional (23).

### **Evidencia clínica en población pediátrica**

#### **Antecedentes**

Estudios observacionales y de calidad de mejora

"La oxigenación apneica reduce la hipoxemia durante la intubación endotraqueal en el departamento de urgencias pediátricas (2018)" examinó 149 pacientes pediátricos sometidos a intubación en urgencias antes y después de implementar AO. El hallazgo principal fue que casi el 50 % de los niños sin AO experimentaron hipoxemia ( $SpO_2 < 90 \%$ ), versus menos del 25 % en el grupo con AO ( $p < 0.001$ ). En el análisis multivariable, AO se asoció con menor hipoxemia (aOR 0.3; 95 % CI 0.1–0.8).

"Oxigenación apneica como intervención de mejora de la calidad en una UCIP académica (2019)" incluyó 1.373 intubaciones en UCI pediátrica (661 antes y 712 después de la implementación de AO). Se alcanzó una adherencia  $>80\%$  en 2 meses y se mantuvo  $>70\%$ . La implementación se asoció con disminución significativa de desaturaciones moderadas ( $<80 \%$ , aOR 0.55) y severas ( $<70\%$ , aOR 0.54). (24).

"Efecto de la oxigenación apneica con intubación para reducir la desaturación severa y los eventos adversos asociados a la intubación traqueal en niños críticamente enfermos (2023)" evaluó 6.549 intubaciones en 14 unidades de cuidados pediátricos. Implementaron un programa de AO con cánula nasal estandarizada (5 L/min  $<1$  año; 10 L/min 1-7 años; 15 L/min  $\geq 8$  años). Se observó reducción de la hipoxemia y de eventos adversos vinculados a la intubación. (25).

Estos estudios demuestran que la AO es factible, implementable y se asocia con mejores resultados, aunque no siempre se empleen controles aleatorizados.

### **Ensayos aleatorizados y estudios controlados**

"Oxigenación apneica durante la intubación traqueal pediátrica: una revisión sistemática y metaanálisis (2023)" incluyó 15 estudios (10 RCT, 4 pre-post, 1 observacional) con 9 802 niños. En el metanálisis de 8 RCT (n=1.070), AO incrementó la tasa de éxito en primer intento (RR 1.27; 95% CI 1.03-1.57), elevó la saturación media en 3,6% (95% CI 0,8-6,5) y disminuyó la incidencia de hipoxemia (RR 0.24; 95% CI 0.17-0.33).

"Oxigenación apneica mediante cánula nasal durante el manejo de la vía aérea en niños sometidos a anestesia general: un ensayo piloto controlado aleatorizado (2018)" asignó 30 pacientes (15 AO vs 15 control) y encontró que todos los niños del grupo AO mantuvieron SpO<sub>2</sub> al 100% durante la gestión de la vía aérea, comparado con sólo 6 del control (p=0.004). Sin embargo, no obtuvo diferencia en el tiempo hasta primer evento de desaturación (p=0.870), (26).

"Oxigenación apneica con cánula de oxígeno de bajo flujo para inducción de secuencia rápida e intubación en pacientes pediátricos: un ensayo controlado aleatorizado (2022)" incluyó 64 pacientes (0-7 años) electivos o de urgencia con inducción rápida. El flujo administrado fue 1 L/min 0-1 mes, 2 L/min 1-12 meses, 4 L/min 1-7 años. Encontraron incidencia de hipoxemia (SpO<sub>2</sub> ≤92%) de 25% en ambos grupos (8/32) (p=1.000); la mediana del tiempo a desaturación fue 29.5 vs 35 s (p=0.527) y la mediana del menor SpO<sub>2</sub> fue 91% vs 88.5% (p=0.079). Concluyeron que en ese pequeño estudio, AO con cánula de bajo flujo no redujo significativamente la incidencia de hipoxemia. (27).

### **Otras revisiones y análisis adicionales**

Un estudio del European Journal of Anaesthesiology and Intensive Care sobre "Administración de oxígeno de bajo flujo mediante cánula nasal" señala que la técnica resultó en valores de SpO<sub>2</sub> significativamente más altos durante laringoscopia e intubación en niños ASA-1, y que "el mantenimiento de niveles altos

de SpO<sub>2</sub> puede ser especialmente beneficioso durante las intubaciones pediátricas realizadas por residentes de anestesiología, quienes pueden requerir intentos de intubación prolongados o múltiples.” (28).

Una revisión más reciente en población pediátrica (2025) titulada “Oxigenación apneica en anestesia pediátrica: ¡más vale prevenir que lamentar!” reafirma que “Los niños, especialmente los neonatos e infantes, tienen un riesgo particularmente alto de hipoxemia durante la inducción de la anestesia” y plantea la necesidad de estandarizar el uso de AO en anestesiología pediátrica. (29).

Diversos estudios y metaanálisis han evaluado el impacto de la oxigenación apneica en niños:

- Fuchs et al. (2024) realizaron una revisión sistemática que demostró que la oxigenación apneica durante la intubación pediátrica disminuye significativamente los episodios de hipoxemia y aumenta la probabilidad de éxito al primer intento (19).
- Jagannathan et al. (2017) demostraron que el uso de THRIVE en niños sometidos a anestesia general prolonga el tiempo seguro de apnea sin efectos adversos relevantes (30).
- Estudios multicéntricos recientes, como el Kids THRIVE trial (2024–2025), aportan evidencia sobre el uso de HFNO en intubaciones en unidades de cuidados intensivos pediátricos, con resultados favorables en determinados subgrupos (31).

### **Hallazgos y metodologías**

Resumen de lo que los antecedentes aportan y cómo se han realizado los estudios:

En cuanto a metodología, los estudios utilizados van desde observacionales pres/post hasta ensayos aleatorizados. Muchos emplean como variable primaria la incidencia de hipoxemia (por ejemplo, SpO<sub>2</sub> <90% o <92%) durante la intubación, el tiempo hasta la desaturación, la saturación mínima alcanzada, la tasa de éxito en primer intento y la incidencia de complicaciones o eventos adversos.

En cuanto al dispositivo, varían desde cánulas nasales de bajo flujo (1-4 L/min) hasta sistemas de alto flujo con oxígeno humidificado (HFNC) con flujos mucho mayores.

En cuanto a población, algunos se centran en pacientes críticos (UCI, urgencias), otros en intubaciones electivas en el quirófano.

En cuanto a resultados, en general la AO se asocia con mejores saturaciones, menor riesgo de desaturación, y en algunos casos mejor tasa de primer intento. Por ejemplo: “La AO incrementó el éxito al primer intento” (RR 1.27) y “disminuyó la hipoxemia” (RR 0.24) en la revisión metanálisis . Pero en el estudio con bajo flujo de Aroonpruksakul et al., no se observó diferencia significativa en incidencia de hipoxemia.

Esto sugiere que el flujo, el tipo de paciente y el contexto pueden influir fuertemente en el efecto de la técnica. Los autores de Aroonpruksakul comentaron que sus flujos eran relativamente bajos en comparación con otros estudios y que se necesitan más estudios pediátricos de calidad con variabilidad de flujo.

Además, algunos artículos enfatizan que la AO es especialmente útil cuando hay riesgo de múltiples intentos de intubación o cuando el operador es aprendiz, pues prolongar la saturación alta durante apnea permite un mayor margen de maniobra. (20).

### **Indicaciones y precauciones**

#### **Indicaciones principales:**

- Inducción anestésica en pacientes con vía aérea difícil prevista.
- Procedimientos de vía aérea superior que requieren apnea controlada.
- Intubación orotraqueal en emergencia, especialmente en lactantes y niños con alta demanda metabólica.

#### **Precauciones:**

- La ApOx no sustituye la ventilación en presencia de insuficiencia ventilatoria severa.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Riesgo de retrasar maniobras de rescate si se confía en exceso en la técnica.
  - En neonatos, se requieren ajustes cuidadosos por su alta susceptibilidad a distensión gástrica y riesgo de barotrauma (32).

### **Limitaciones y vacíos de conocimiento**

A pesar de los beneficios descritos, la evidencia en pediatría aún presenta heterogeneidad respecto a flujos, tipo de cánulas y escenarios clínicos. Se requieren más estudios que comparen directamente LFNC vs HFNO en diferentes grupos etarios y patologías, así como la evaluación de la acumulación de CO<sub>2</sub> durante apnea prolongada.

Asimismo, se plantea la necesidad de desarrollar modelos predictivos de desaturación basados en características clínicas, edad, peso, comorbilidades y modalidad de oxigenación empleada, lo que abre oportunidades de investigación en inteligencia artificial aplicada a la anestesia pediátrica (33).

### **Hipótesis**

Central: La oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal en pacientes pediátricos es más eficaz y segura en comparación con la intubación convencional, reduciendo el riesgo de desaturación y complicaciones sin comprometer la estabilidad hemodinámica

Nula: La oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal en pacientes pediátricos es igual de eficaz y segura como la intubación convencional.

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Evaluar la eficacia y seguridad de la oxigenación apneica con cánula nasal de bajo flujo (protocolo estandarizado 5-10-15 L/min) para prevenir la hipoxemia durante la intubación orotraqueal, en comparación con la ausencia de oxigenación apneica, en pacientes pediátricos ASA II-III.

### **Objetivos Específicos**

1. Comparar la incidencia de hipoxemia ( $SpO_2 < 90\%$ ) durante la intubación orotraqueal entre el grupo experimental (con ApOx) y el grupo control (sin ApOx).
2. Comparar el tiempo medio de apnea segura (tiempo transcurrido desde la apnea hasta la desaturación a  $SpO_2 < 90\%$ ) entre ambos grupos.
3. Determinar y comparar la incidencia de eventos adversos hemodinámicos (específicamente bradicardia) asociados a la intubación en ambos grupos.
4. Comparar el tiempo medio de intubación (desde la inserción del laringoscopio hasta la confirmación de capnografía) entre ambos grupos.
5. Comparar el número de intentos de intubación requeridos entre el grupo con ApOx y el grupo sin ApOx.
6. Registrar la incidencia de eventos adversos a las 24 horas (como epistaxis o distensión gástrica) en el grupo experimental (con ApOx).

### **Planteamiento del problema**

El paciente pediátrico, particularmente el lactante y el preescolar clasificado como ASA II o III, representa una población de alto riesgo para hipoxemia durante la inducción anestésica y la intubación orotraqueal. Las reservas fisiológicas limitadas (baja CRF y alto  $VO_2$ ) conducen a una desaturación acelerada durante la apnea, la cual es inevitable durante la laringoscopia (34).

La evidencia local obtenida en la Fase 1 de este estudio demostró que, bajo condiciones estándar (sin oxigenación apneica), uno de cada cinco pacientes pediátricos (20.4%) en nuestra unidad presenta hipoxemia ( $SpO_2 < 90\%$ ) durante la intubación, y el 4.1% desarrolla bradicardia. Estos datos reflejan un problema de seguridad significativo en nuestra práctica habitual.

Aunque la oxigenación apneica es una técnica conocida, su aplicación en pediatría

carece de estandarización, existiendo controversia sobre los flujos óptimos (bajo flujo vs. alto flujo), los dispositivos y su eficacia real en pacientes ASA II-III fuera del contexto de cuidados intensivos o emergencia. La práctica de "no aplicar ApOx" (Fase 1) ha demostrado ser insuficiente para garantizar la seguridad del paciente.

Por lo tanto, existe la necesidad de evaluar si una intervención de bajo costo, alta accesibilidad y fácil implementación, como un protocolo estandarizado de oxigenación apneica con cánula nasal de bajo flujo (ajustado a 5, 10 y 15 L/min por grupo de edad), es superior a la práctica estándar (sin ApOx) para prevenir la desaturación y sus complicaciones hemodinámicas en esta población vulnerable.

#### **Pregunta de investigación:**

¿La aplicación de un protocolo estandarizado de oxigenación apneica con cánula nasal de bajo flujo (5 L/min en 1 mes-1 año; 10 L/min en 2-7 años; 15 L/min en 8-17 años) disminuye la incidencia de hipoxemia ( $SpO_2 < 90\%$ ) y prolonga el tiempo de apnea segura, comparado con la ausencia de oxigenación apneica, en pacientes pediátricos ASA II-III sometidos a intubación orotraqueal?

#### **Justificación**

La intubación orotraqueal pediátrica es un pilar de la anestesiología, pero la rapidez con la que estos pacientes desaturan la convierte en un procedimiento de alto estrés y riesgo. La hipoxemia peri-intubación no es un evento adverso menor; es el precursor directo de la bradicardia, el colapso hemodinámico y el paro cardíaco en pediatría (35).

La Fase 1 de este estudio (grupo control) proporcionó evidencia local alarmante, cuantificando el riesgo en nuestra propia institución: una incidencia de hipoxemia del 20.4% y de bradicardia del 4.1% en el grupo sin ApOx. Esta cifra es clínicamente inaceptable y exige una modificación protocolizada de la técnica anestésica para mejorar la seguridad del paciente.

Esta segunda fase de investigación se justifica plenamente al proponer y evaluar una intervención directa, simple y de bajo costo para abordar este problema. A

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

diferencia de los sistemas de alto flujo (HFNC), que requieren equipo especializado no siempre disponible en todos los quirófanos, la oxigenación apneica con cánula nasal de bajo flujo (CNBF) utiliza recursos universalmente disponibles (36).

Sin embargo, la eficacia de la CNBF en pediatría depende de flujos adecuados, los cuales no están universalmente consensuados. Este estudio evalúa un protocolo específico y estandarizado (5, 10 y 15 L/min) adaptado a la edad pediátrica, llenando un vacío en la literatura sobre la eficacia de este régimen específico de bajo flujo en pacientes ASA II-III en un entorno de anestesia electiva.

Si los resultados de la Fase 2 demuestran (como los datos preliminares sugieren) una reducción drástica de la hipoxemia (de 20.4% a 2.98%) y la eliminación de la bradicardia (de 4.1% a 0%), este estudio proporcionará la evidencia necesaria para modificar el estándar de cuidado (Estándar de Práctica) dentro de la institución.

El beneficio es directo: aumentar el margen de seguridad para el paciente, reducir la morbilidad asociada a la intubación y disminuir el estrés del anesthesiologo (incluyendo médicos en formación), al duplicar el tiempo disponible para asegurar la vía aérea antes de que ocurra una desaturación crítica (37).

## **Metodología**

### **Tipo de estudio**

Se trata de un estudio prospectivo, comparativo, longitudinal, experimental (dado que se compara una cohorte prospectiva experimental contra un grupo control histórico de una fase previa) y unicéntrico.

### **Diseño metodológico**

Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años de edad, clasificados como ASA II-III, programados para cirugía electiva bajo anestesia general que requiera intubación orotraqueal en el hospital sede.

### **Límites de espacio y tiempo**

El estudio será llevado a cabo con pacientes del Centenario Hospital Miguel Hidalgo.

### **Población**

Siguiendo los objetivos de investigación el estudio final comparará la eficacia y la seguridad de la oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal en pacientes pediátricos con la técnica de intubación convencional. La población considerada son pacientes pediátricos (de un mes a 17 años) sometidos a anestesia general balanceada y que requieren de intubación oro traqueal en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Los pacientes menores de un mes de edad fueron excluidos por el riesgo de hiperoxigenación y posibles complicaciones a nivel cerebral y oftalmológico.

## **Muestra**

Muestra: Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyendo pacientes consecutivos que cumplieron los criterios de selección durante los periodos de estudio establecidos.

- **Grupo Control (Fase 1):** Compuesto por 59 pacientes, reclutados en el periodo 2023-2024.
- **Grupo Experimental (Fase 2):** Compuesto por 67 pacientes, reclutados en el periodo 2024-2025.
- Muestra Total: 126 pacientes.

El estudio final considera la integración de tres grupos: un grupo de control, un grupo con intubación convencional y un grupo con oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal. Considerando un cálculo de probabilístico de muestra, para determinar con un nivel de confianza 95% y una potencia 80% si la proporción 10% es esperada para el grupo de oxigenación apneica (OA) es menor que la proporción 30% de la muestra del grupo sin oxigenación apneica (SOA), necesitamos tomar una muestra de 49 individuos de cada grupo, es decir, 98 pacientes en total.

Este elevado número de tamaño de muestra fue otra de las razones de realizar un estudio piloto considerando una muestra más pequeña. Para el estudio piloto, el tamaño de muestra se elegirá considerando un muestreo de tipo no probabilístico. De esta forma se incluirá solo pacientes que cumplan con criterios de inclusión, exclusión y eliminación diseñados para el estudio piloto. En total la muestra fue de 59 pacientes.

## **Criterios de Selección**

### **Criterios de Inclusión (Ambos grupos):**

- Pacientes de 1 mes a 17 años de edad.
- Clasificación ASA I a III.
- Programados para procedimiento quirúrgico bajo anestesia general balanceada con

intubación orotraqueal.

- Padres o tutores que acepten participar mediante firma de consentimiento informado.

#### **Criterios de Exclusión (Ambos grupos):**

- Clasificación ASA IV o V.
- Pacientes con enfermedades pulmonares que requieran de apoyo ventilatorio.
- Saturación de oxígeno basal (pre-inducción) < 92% aire ambiente.
- Pacientes que requieran intubación de emergencia.
- Presencia de infección respiratoria activa.
- Negativa del tutor legal.

#### **Procedimiento y Variables**

##### **Procedimiento Estandarizado (Ambos grupos):**

1. Monitorización estándar tipo II (ECG, SpO<sub>2</sub>, PANI, Capnografía, Temperatura).
2. Preoxigenación con FiO<sub>2</sub> al 100% mediante mascarilla facial por 3 a 5 minutos.
3. Inducción anestésica intravenosa estandarizada (ej. Fentanilo, Propofol, Relajante neuromuscular) o inhalatoria.

##### **Intervención (Diferenciación de grupos):**

**Grupo Control (N=49):** Tras la inducción y cese de la ventilación, se procedió a la laringoscopia e intubación *sin* administración de oxígeno suplementario durante la apnea.

**Grupo Experimental (N=67):** Inmediatamente después de la inducción y cese de la ventilación espontánea, se colocó una cánula nasal de bajo flujo y se administró oxígeno al 100% a los siguientes flujos estandarizados según el grupo de edad:

- **Grupo 1 (1 mes a 1 año):** 5 L/min.
- **Grupo 2 (2 años a 7 años):** 10 L/min.
- **Grupo 3 (8 años a 17 años):** 15 L/min.

La ApOx se mantuvo durante todo el intento de laringoscopia hasta la confirmación de la correcta colocación del tubo (Capnografía) e inicio de la ventilación mecánica.

### **Variables**

**Variables Demográficas:** Edad (meses/años), peso (kg), sexo, clasificación ASA.

#### ***Variables de Resultado Primarias:***

**Hipoxemia (Nominal):** Presencia (Sí/No) de desaturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) < 90% en cualquier momento durante la apnea.

**Tiempo de Desaturación (Tiempo de Apnea Segura) (Razón):** Tiempo en segundos desde el cese de la ventilación (retiro de mascarilla facial) hasta que la SpO<sub>2</sub> alcanzó 90%. (En pacientes que no desaturaron, se registró el tiempo total de intubación).

#### ***Variables de Resultado Secundarias:***

**Tiempo de Intubación (Razón):** Tiempo en segundos desde la inserción de la hoja del laringoscopio en la cavidad oral hasta la obtención de la primera onda de capnografía positiva.

**Número de Intentos (Ordinal):** Número de inserciones del laringoscopio requeridas (1, 2, 3 o más).

**Eventos Adversos Inmediatos (Nominal):** Presencia de bradicardia (definida por rangos de edad), laringoespasma, broncoespasma, desaturación severa (SpO<sub>2</sub> < 80%).

**Eventos Adversos a 24 horas (Nominal):** (Registrados solo en Grupo

Experimental) Presencia de epistaxis, distensión gástrica clínicamente evidente, o barotrauma.

**Tabla 2 Operacionalización de Variables**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión / Indicador	Tipo de variable	Escala de medición
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento del paciente.	Edad registrada al momento del procedimiento anestésico, expresada en meses o años.	Edad cronológica	Cuantitativa	Razón
Peso	Masa corporal del paciente.	Peso corporal medido en kilogramos previo al procedimiento.	Peso corporal (kg)	Cuantitativa	Razón
Sexo	Condición biológica del paciente.	Sexo biológico registrado en el expediente clínico.	Masculino / Femenino	Cualitativa	Nominal
Clasificación ASA	Sistema de clasificación del estado físico previo a la anestesia.	Clasificación asignada por el anesthesiólogo según criterios de la American Society of	ASA I, ASA II, ASA III	Cualitativa	Ordinal

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión / Indicador	Tipo de variable	Escala de medición
		Anesthesiologists			
Hipoxemia	Disminución de la saturación arterial de oxígeno.	Presencia o ausencia de desaturación de oxígeno definida como $SpO_2 < 90\%$ en cualquier momento durante la apnea.	Sí / No	Cualitativa	Nominal
Tiempo de desaturación (tiempo de apnea segura)	Intervalo durante el cual el paciente mantiene una oxigenación adecuada durante la apnea.	Tiempo en segundos desde el cese de la ventilación (retiro de mascarilla facial) hasta que la $SpO_2$ alcanza 90%. En pacientes sin desaturación se registró el tiempo total de intubación.	Segundos	Cuantitativa	Razón
Tiempo de intubación	Duración del procedimiento	Tiempo en segundos desde	Segundos	Cuantitativa	Razón

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión / Indicador	Tipo de variable	Escala de medición
	de intubación endotraqueal.	la inserción de la hoja del laringoscopio en la cavidad oral hasta la obtención de la primera onda positiva de capnografía.			
Número de intentos	Cantidad de intentos necesarios para lograr la intubación.	Número de inserciones del laringoscopio requeridas para lograr la intubación exitosa.	1, 2, 3 o más	Cualitativa	Ordinal
Eventos adversos inmediatos	Complicaciones clínicas agudas asociadas al procedimiento.	Presencia de bradicardia (definida por rangos de edad), laringoespasma, broncoespasmo o desaturación severa ( $SpO_2 < 80\%$ ) durante el	Sí / No	Cualitativa	Nominal

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión / Indicador	Tipo de variable	Escala de medición
		procedimiento.			
Eventos adversos a 24 horas	Complicaciones clínicas tardías posteriores al procedimiento.	Presencia de epistaxis, distensión gástrica clínicamente evidente o barotrauma dentro de las 24 horas posteriores al procedimiento (registrados solo en el grupo experimental).	Sí / No	Cualitativa	Nominal

**Instrumento de medición**

Formato para recolección de datos realizado por el investigador principal, el cual incluirá una sección para variables sociodemográficas y clínicas (16 ítems), una sección para efectos adversos durante intubación (8 ítems) y una última para efectos adversos tardíos (2 ítems). El instrumento considera la siguiente información

- Edad
- Grupo
- Peso

- Diagnostico
- Clasificación ASA (American Society of Anesthesiologist)
- Premedicación
- Inducción inhalada
- Técnica e intubación
- Saturación más baja
- Tiempo de saturación
- Vía aérea difícil anticipada
- Operador
- Dispositivo de laringoscopia utilizado
- Intentos de laringoscopia
- Tiempo de intubación
- Oximetría de pulso preintubación
- Oximetría de pulso Positubación
- Efectos adversos durante la intubación
  - Bradicardia
  - Hipotensión
  - Paro cardiorespiratorio
  - Broncoespasmo
  - Hipoxia
  - Hipoxemia
  - Laringoespasma
- Efectos adversos tardíos (24 horas)
  - Atelectasia

**Procedimientos**

### *Periodo preanestésico*

El paciente contara con valoración preanestésica, y consentimiento informado de protocolo de investigación. Previo a su ingreso a quirófano los pacientes podrán recibir una premedicación: Dexmedetomidina a 1 mcg/ kg/ intranasal o midazolam a 0.5 mg/kg/ vía oral

(No afecta al estudio). Al ingreso a quirófano se realizará el monitoreo tipo I: oximetría de pulso, tensión arterial, electrocardiograma.

### *Periodo Transanestésico*

- Inducción. Puede ser inhalada sevoflurano al 6% y mantenerlo a un CAM por edad; en oxígeno al 100% mediante mascarilla facial para preoxigenación; y completarse vía endovenosa, fentanilo, Propofol y relajante muscular. Si cuenta con catéter intravenosa y se administrara inducción endovenosa y relajante muscular a dosis correspondientes por edad y con previa valoración por medico anesthesiologo. Los medicamentos serán utilizados al criterio del anesthesiologo.
- Pre-oxigenación. Realizar como mínimo 3 a 5 minutos con FiO2 100% con: 1) Mascarilla reservorio o con el soporte respiratorio que ya llevé el paciente (alto flujo, no invasiva) y 2) mascarilla facial y bolsa autoinflable se puede administrar premedicación para facilitar la adaptación al soporte preoxigenación.

Para la recolección de datos se usarán formatos realizados por el investigador principal, en formato de tabla, donde se incluyan columnas con los datos a valorar, con dicho instrumento se realizará la recolección de los datos, al término del llenado, los datos serán vaciados a un software con hojas de cálculo, para posteriormente realizar el análisis estadístico de la información.

### **Análisis estadísticos**

Los datos recolectados de ambos grupos (Fase 1 y Fase 2) se analizaron en el

software SPSS V.25.

**Análisis Descriptivo:** Se utilizaron medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, rangos intercuartílicos) para variables cuantitativas (tiempos, edad, peso). Se usaron frecuencias absolutas y porcentajes para variables cualitativas (incidencia de hipoxemia, sexo, ASA, eventos adversos).

**Análisis Inferencial:**

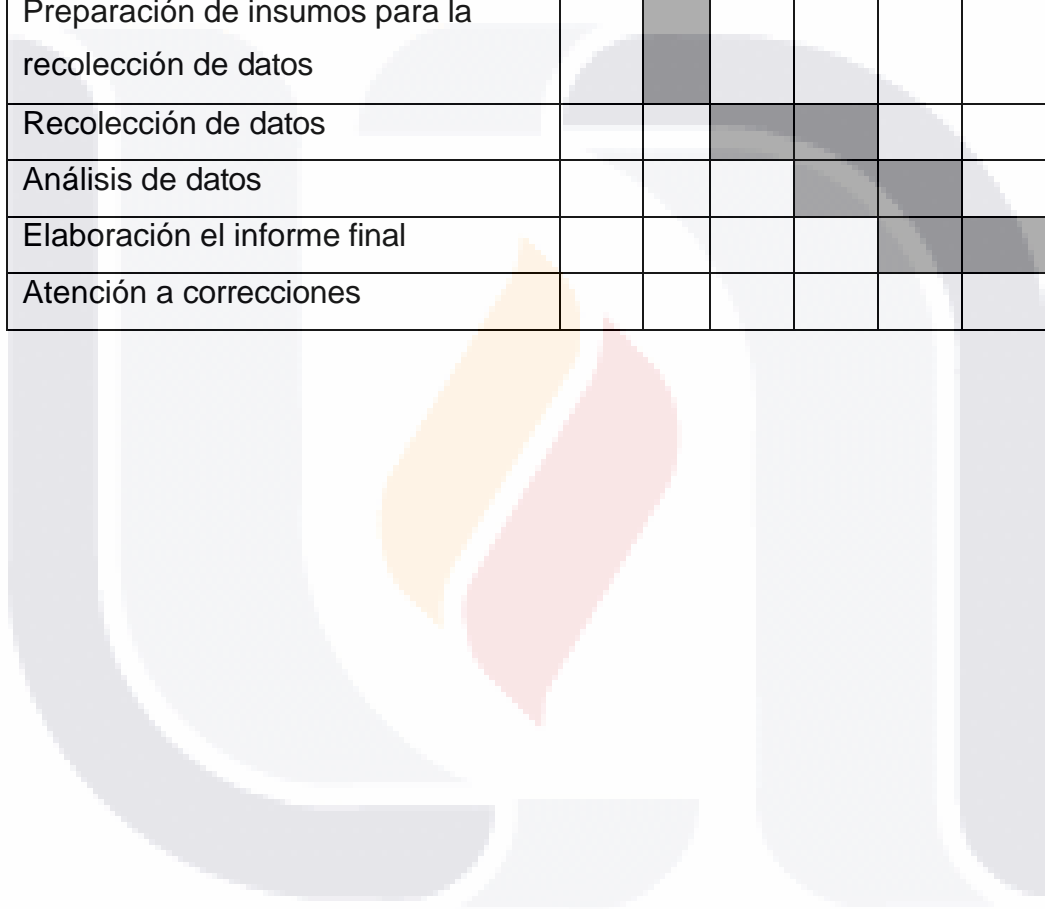
Para comparar las variables cualitativas (incidencia de hipoxemia, incidencia de bradicardia) entre el grupo control y experimental, se utilizó la prueba  $\chi^2$  (Chi-cuadrado) o la prueba exacta de Fisher, según correspondiera.

Para comparar las variables cuantitativas (tiempo de desaturación, tiempo de intubación) entre los dos grupos, se utilizó la prueba T de Student para muestras independientes (previa comprobación de normalidad con Shapiro-Wilk) o la U de Mann-Whitney si no seguían una distribución normal.

Se consideró un nivel de significancia estadística un valor de  $p < 0.05$ .

***Cronograma de actividades***

Actividades	2024		2025				
	Nov	Dic	Ene	Sep	Oct	Nov	Dic
Aprobación del protocolo							
Verificación de espacios para la recolección de datos							
Preparación de insumos para la recolección de datos							
Recolección de datos							
Análisis de datos							
Elaboración el informe final							
Atención a correcciones							



### **Recursos humanos, materiales y económicos**

- Humanos: Todos los procedimientos serán realizados por la autoría del protocolo únicamente se requirió apoyo adicional en la revisión de los aspectos teóricos y metodológicos de la tesis por el director y co-directora de tesis.
- Materiales. Para la elaboración del protocolo se considera la necesidad de contar con un computador equipado con programas para la edición de texto y procesamiento de datos. También se incluyen materiales de papelería como libretas y plumas para hacer anotaciones.
- Económicos. Se destinaron 5,000 pesos mexicanos para gastos que surjan en el trascurso del estudio piloto.

### **Consideraciones ético y legales**

El protocolo (incluyendo ambas fases) fue sometido y aprobado por el Comité de Ética e Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Se respetaron los principios de la Declaración de Helsinki. Se obtuvo consentimiento informado por escrito de los padres o tutores legales de todos los participantes en ambas fases del estudio, explicando los objetivos, procedimientos, riesgos (incluyendo los de la práctica estándar en la Fase 1) y beneficios potenciales. La confidencialidad de los datos fue asegurada mediante la anonimización de los registros (38).

### **Clasificación del Riesgo**

De acuerdo con el **Artículo 17** del citado reglamento, la investigación se clasifica de la siguiente manera:

**Investigación con riesgo mínimo:** Se define como estudios prospectivos que emplean procedimientos comunes en exámenes físicos o diagnósticos de tratamiento rutinarios.

- **Justificación técnica:** Este estudio se sitúa en esta categoría debido a que el uso de la **cánula nasal de bajo flujo** y la administración de oxígeno son procedimientos de uso común y rutinario en el manejo anestésico pediátrico.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- **Aprobación Institucional:** El protocolo fue evaluado y aprobado por el **Comité de Ética en Investigación** del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, otorgándole el número de registro **2023-R-42**.
  - **Consentimiento Informado:** Se obtuvo la firma del consentimiento informado por escrito de los padres o tutores legales de cada participante, asegurando la autonomía y la protección de los derechos de los menores.
  - **Confidencialidad:** Se garantizó el anonimato de los pacientes mediante la codificación de los registros y el manejo restringido de la base de datos.



## Resultados

El presente análisis resume los hallazgos de un estudio enfocado en evaluar la seguridad y eficacia de la Oxigenación Apneica durante la intubación orotraqueal en pacientes pediátricos. El estudio comparó los resultados de saturación y eventos adversos entre tres subgrupos de edad que recibieron la técnica de intervención, además de contrastar los resultados de desaturación con un grupo control que no recibió oxigenación apneica.

Grupos de Edad Evaluados:

Grupo 1: < 2 años (Lactantes y primera infancia).

Grupo 2: 2 años a 7 años 11 meses (Preescolares y escolares).

Grupo 3: 8 años a 17 años 11 meses (Preadolescentes y adolescentes).

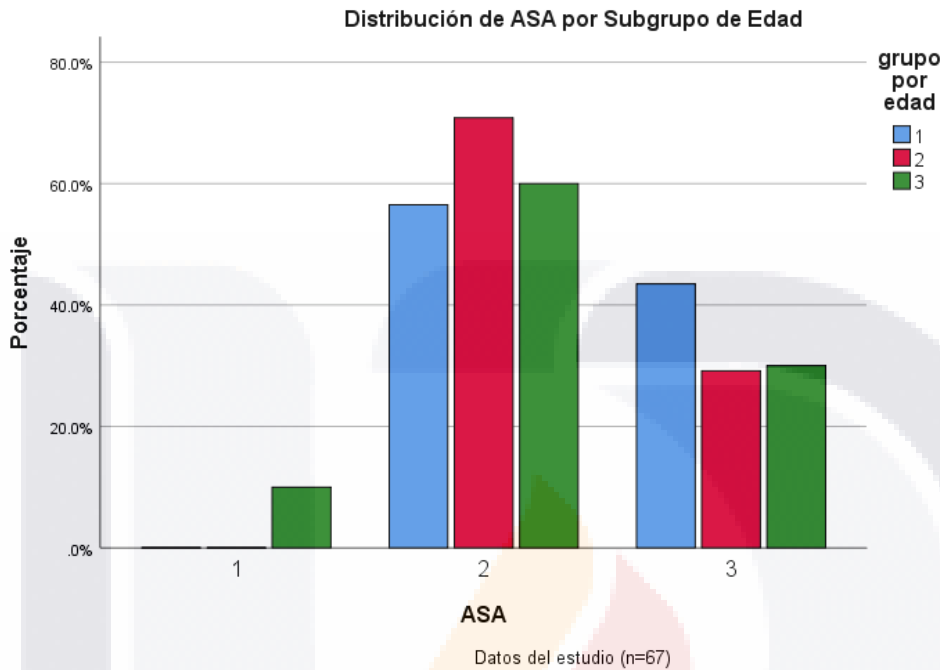
### Resultados con apoyo de oxigenación apneica.

#### Frecuencias.

**Tabla 3 Frecuencia ASA**

Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes 2 a 1 año3 11 meses	13	56.5	56.5
	10	43.5	100.0
	<b>Total</b> 23	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
2 2 años 2 a 7 3 años 11 meses	17	70.8	70.8
	7	29.2	100.0
	<b>Total</b> 24	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
3 8 años 1 a 17 2 años 3	2	10.0	10.0
	12	60.0	70.0
	6	30.0	100.0

11	Total	20	100.0	100.0
meses				



**Grafica 1 Frecuencia ASA**

Alto Riesgo Global: La muestra pediátrica en general exhibe un alto nivel de riesgo anestésico, ya que casi la totalidad de los pacientes caen en las categorías ASA 2 o ASA 3.

Mayor Vulnerabilidad en Lactantes: Los pacientes en la primera infancia (1 mes a 1 año 11 meses) muestran la mayor prevalencia de riesgo severo (ASA 3), lo que subraya la necesidad de una gestión de la vía aérea y una preparación anestésica extremadamente cuidadosa en este grupo.

Predominio de ASA 2: El riesgo moderado (ASA 2) es el más frecuente en todos los subgrupos, indicando que la mayoría de los niños sometidos a anestesia presentan alguna comorbilidad o condición sistémica que compromete su estado de salud basal.

**Tabla 4 Inducción**

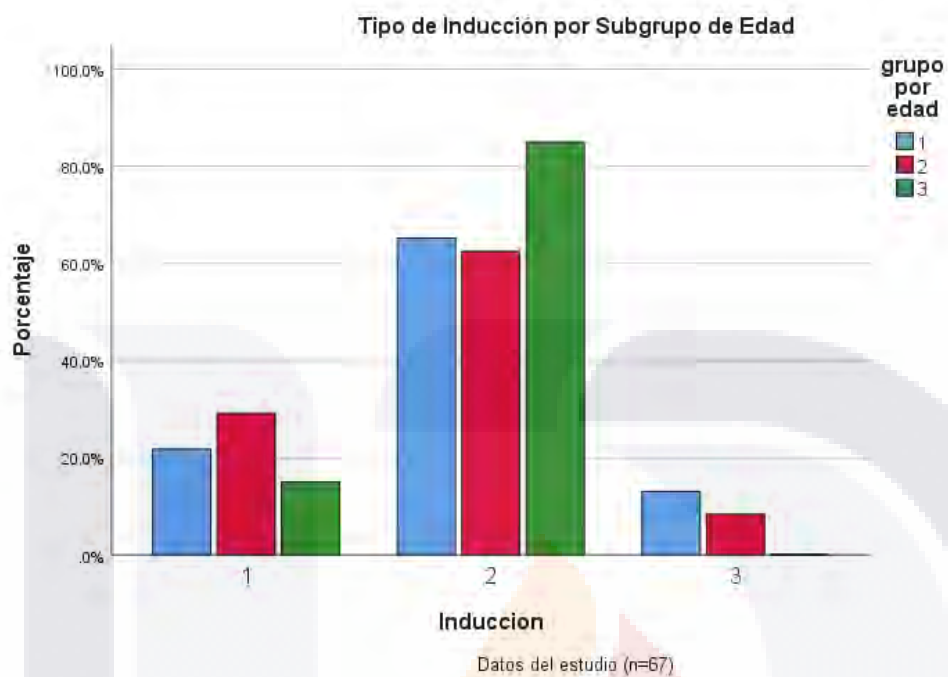
**Inducción anestesia en niños del estudio.**

Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes 1 a 1 año2 11 3 meses	Total	23	100.0
	1	5	21.7
	2	15	65.2
	3	3	13.0
2 2 años1 a 72 años 3 11 meses	Total	24	100.0
	1	7	29.2
	2	15	62.5
	3	2	8.3
3 8 años1 a 172 años 11 meses	Total	20	100.0
	1	3	15.0
	2	17	85.0

Técnica de intubación: 1. secuencia rápida 2. Convencional 3. Ventilación espontánea.

La inducción endovenosa fue la técnica predominante en los tres grupos, utilizándose en el 65.2%, 62.5% y 85% de los pacientes de los grupos de diferentes edades, respectivamente.

**Grafica 2 Inducción por grupo de edad**



Este gráfico de barras agrupadas compara el porcentaje de los diferentes métodos de inducción usados en tus tres grupos de edad. Confirma visualmente que la inducción endovenosa (probablemente el código '2') fue la predominante, especialmente en el grupo 3.

**Tabla 5 Intubación**

**Técnica de intubación**

Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes 1 a 1 año2 11 Total meses	4	17.4	17.4
	19	82.6	100.0
	23	100.0	100.0
2 2 años 1 a 7 2	2	8.3	8.3
	22	91.7	100.0

	años Total	24	100.0	100.0	
	11 meses				
3	8 años 1	1	5.0	5.0	5.0
	a 17 2	19	95.0	95.0	100.0
	años Total	20	100.0	100.0	
	11 meses				

Técnica de intubación: 1. secuencia rápida 2. Convencional 3. Ventilación espontánea.

La técnica de intubación convencional fue la más empleada en todos los grupos de edad, representando más del 82% de los casos en cada subgrupo. En este estudio en ningún grupo se realizó la técnica de intubación con ventilación espontánea.

**Tabla 6 Operador**

**Operador que realiza la laringoscopia.**

grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	1 mes a 1	20	87.0
	1 año 3	3	13.0
	11 Total	23	100.0
	meses		
2	2 años 1	22	91.7
	a 7 2	1	4.2
	años 3	1	4.2
	11 Total	24	100.0
	meses		
3	8 años 1	17	85.0
	a 17 2	1	5.0

años 3	2	10.0	10.0	100.0
11 Total	20	100.0	100.0	
meses				

Operador. Residente 1. Anestesióloga 2. Anestesiólogo pediatra 3.

La mayoría de las intubaciones (más del 85% en cada grupo) fueron realizadas por médicos residentes, ya que es un hospital con aprendizaje en el posgrado de anestesiología.

**Tabla 7 Vía Aérea Difícil**

Se describió como vía aérea difícil aquellos pacientes que fue imposible la ventilación o que requirieron apoyo de algún dispositivo para poder ventilar. Intubación difícil en aquellos pacientes que requirieron mas de 3 laringoscopias.

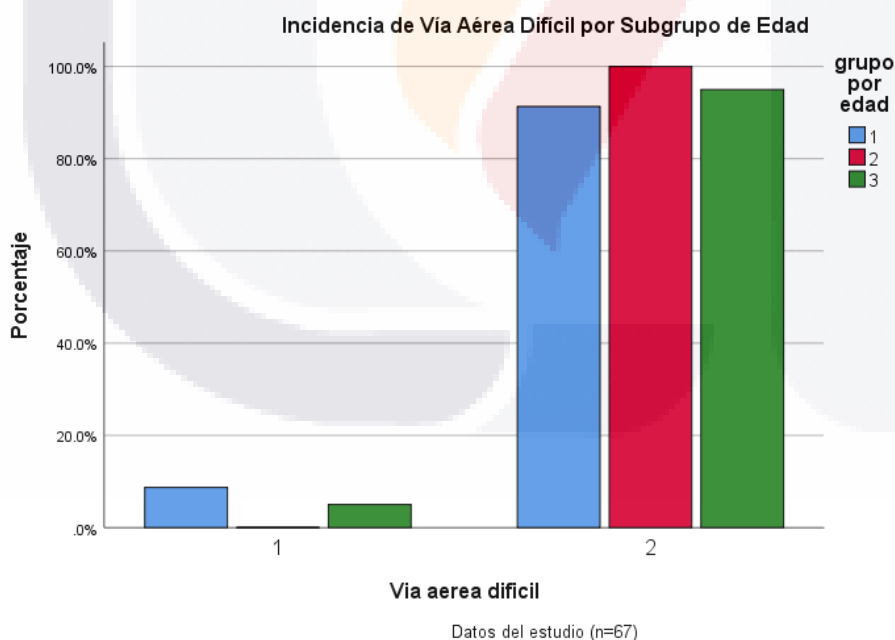
Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes a 1 año 11 Total meses	2	8.7	8.7
	21	91.3	100.0
	23	100.0	100.0
2 2 años a 7 años 11 meses	24	100.0	100.0
3 8 años a 17 años Total 11 meses	1	5.0	5.0
	19	95.0	100.0
	20	100.0	100.0

Vía aérea difícil 1: Si : No

Se reportó una baja incidencia de vía aérea difícil, presente en el 8.7% del grupo menor de 2 años de edad y el 5% del grupo entres los 8 y 18 años de edad, mientras que no se registraron casos en el grupo de edad infantil. Sin embargo, concluimos que la edad las vulnerable siguen siendo los niños del grupo de edad más pequeños como se reporta la literatura, aunque la incidencia es baja, el 8% sigue siendo un reto a complicaciones perioperatorias.

Este gráfico de barras agrupadas muestra el porcentaje de pacientes marcados como vía aérea difícil ('1' para Sí, '2' para No) dentro de cada grupo de edad. Confirma la baja incidencia, principalmente en los grupos 1 y 3, y ninguno en el grupo 2.

**Grafica 3 Vía aérea difícil**



**Tabla 8 Dispositivo**

**Dispositivo utilizado en el momento de la intubación.**

Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes 1 a 1 año2 11 meses	18	78.3	78.3	78.3
	5	21.7	21.7	100.0
	<b>Total</b> 23	100.0	100.0	
2 2 años 1 a 7 2 años 11 meses	20	83.3	83.3	83.3
	4	16.7	16.7	100.0
	<b>Total</b> 24	100.0	100.0	
3 8 años1 a 172 años 3 11 meses	17	85.0	85.0	85.0
	2	10.0	10.0	95.0
	1	5.0	5.0	100.0
	<b>Total</b> 20	100.0	100.0	

Dispositivo: 1.- laringoscopia convencional , 2.- videolaringoscopia, 3.- fibrobroncoscopia.

El dispositivo más utilizado para la intubación en los tres grupos fue el laringoscopio convencional (78.3%, 83.3% y 85% para los todos los grupos de edad, respectivamente).

**Tabla 9 Número de laringoscopías**

**Numero de laringoscopias realizadas por operador.**

Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes 1 a 1 año2 11 3	16	69.6	69.6	69.6
	6	26.1	26.1	95.7
	1	4.3	4.3	100.0

	meses	Total	23	100.0	100.0	
2	2 años	1	23	95.8	95.8	95.8
	a 7	2	1	4.2	4.2	100.0
	años	Total	24	100.0	100.0	
	11					
	meses					
3	8 años	1	18	90.0	90.0	90.0
	a 17	2	1	5.0	5.0	95.0
	años	3	1	5.0	5.0	100.0
	11	Total	20	100.0	100.0	
	meses					

Se observó una diferencia en el número de intentos de laringoscopia. Mientras que en los grupos con edades mayores de 2 años, más del 90% de los pacientes fueron intubados al primer intento, en el grupo <2 años solo el 69.6% lo logró al primer intento, requiriendo un segundo intento el 26.1% y un tercer intento el 4.3%.

**Tabla 10 Efectos Adversos**

**Eventos adversos que se presentaron al momento de la intubación.**

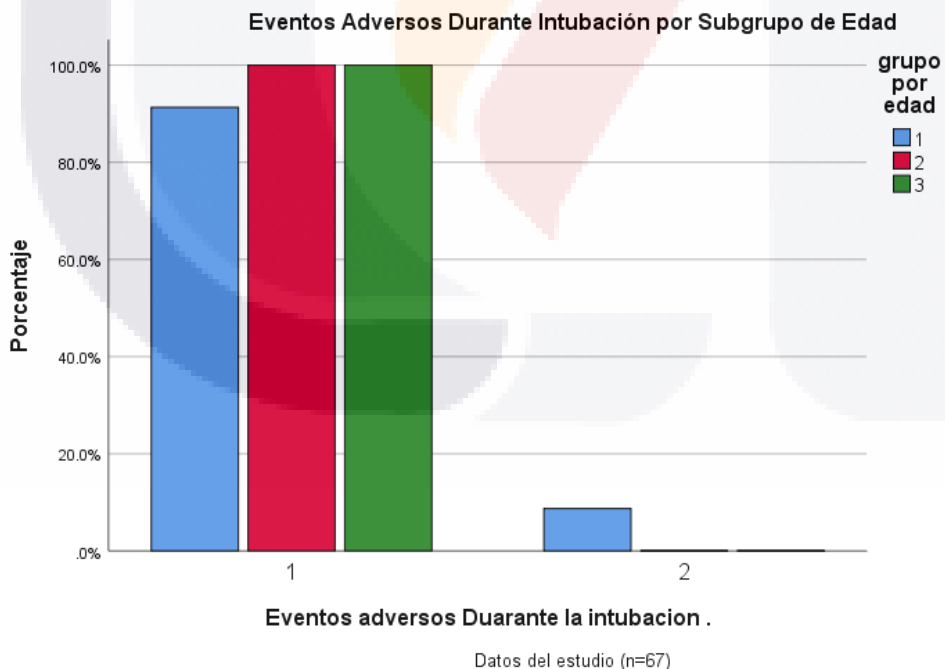
Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
1	1 mes	1	21	91.3	91.3
	a 1 año	2	2	8.7	8.7
	11	Total	23	100.0	100.0
	meses				
2	2 años	1	24	100.0	100.0
	a 7				
	años				
	11				
	meses				

3	8 años 1 a 17 años 11 meses	20	100.0	100.0	100.0
---	-----------------------------	----	-------	-------	-------

Eventos Adversos tempranos: 1. Ninguno, 2. Bradicardia, 3. Broncoespasmo, 4. Hipoxemia, 5. Paro cardiaco

Los eventos adversos durante la intubación (bradicardia) se registraron únicamente en el grupo de pacientes menores de 2 años, con una incidencia del 8.7%. Los grupos con edades mayores de 2 años de edad no presentaron eventos adversos. En este estudio ninguno reporto broncoespasmo, hipoxemia perioperatoria, o evento de arresto cardiorespiratorio.

**Grafica 4 Efectos adversos durante la intubación**



El gráfico muestra claramente que las barras para "Ninguno" son muy altas en todos los grupos. Sin embargo, solo la barra azul (Grupo 1, <2 años) tiene una pequeña

porción correspondiente a "Bradicardia" (el 8.7% que vimos en la tabla). Las barras verdes (Grupo 2) y gris (Grupo 3) muestran un 100% en "Ninguno", indicando que los eventos adversos solo ocurrieron en el grupo más joven.

**Tabla 11 Tiempo de desaturación**

**Tiempo de desaturación medico en segundos.**

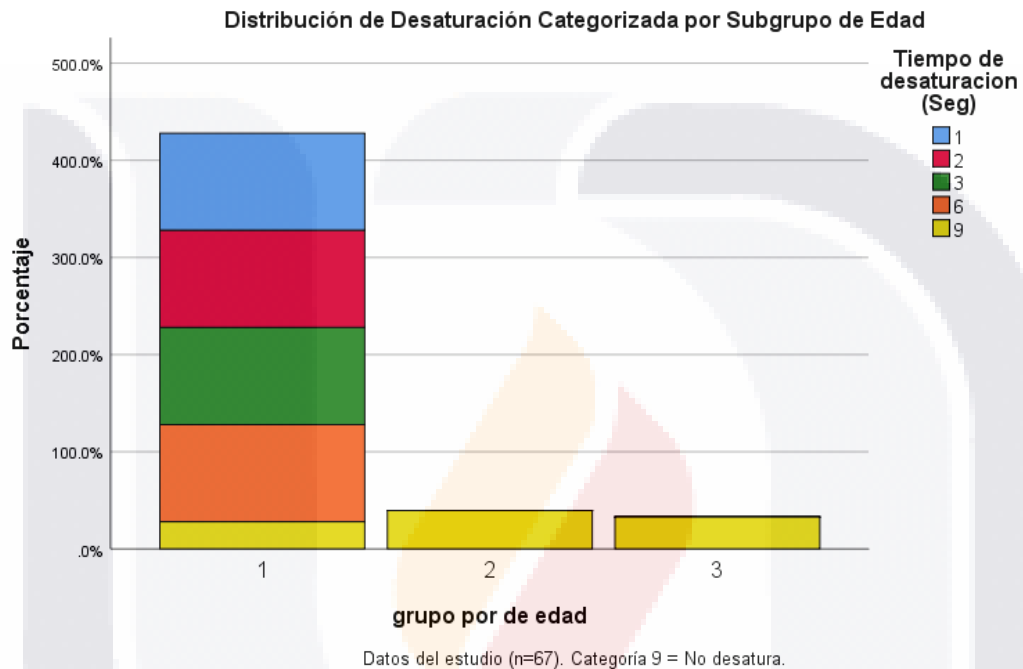
Grupo por de edad	Frecuencia	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1 1 mes 1 a 1 año2 11 3 meses 6 9	2	8.7	8.7
	2	8.7	17.4
	1	4.3	21.7
	1	4.3	26.1
	17	73.9	100.0
	Total	23	100.0
2 2 años 9 a 7 años 11 meses	24	100.0	100.0
3 8 años 9 a 17 años 11 meses	20	100.0	100.0

Tiempo de desaturación: 1: 1-17 seg, 2: 18- 34 seg, 3: 35-51 seg, 4: 52 - 69 seg, 5: 70 a 86 seg, 6: 87- 103 seg, 7: 104 a 121 seg, 8: > 122 seg, 9: No desatura.

El análisis de la variable principal, desaturación categorizada, mostró una diferencia marcada entre los grupos. En los grupos de 2-8 años y el grupo >8 años, el 100% de los pacientes se clasificaron en la categoría 9 ('No desatura'). En contraste, en

el Grupo <2 años solo el 73.9% de los pacientes no desaturaron, mientras que el 26.1% restante se distribuyó en diferentes categorías de tiempo de desaturación, desde mens de 17 segundos hasta un tiempo de 103 segundos.

**Grafica 5 Distribución de desaturación por edad**



Tiempo de desaturación: 1: 1-17 seg, 2: 18- 34 seg, 3: 35-51 seg, 4: 52 - 69 seg, 5: 70 a 86 seg, 6: 87- 103 seg, 7: 104 a 121 seg, 8: > 122 seg, 9: No desatura.

Este es un **gráfico de barras apiladas al 100%**. Esto significa que *cada barra individualmente* representa el 100% de los pacientes *dentro de ese grupo*. Los diferentes colores dentro de la barra muestran qué porcentaje de ese grupo cayó en cada categoría de desaturación SPSS a veces extiende el eje Y un poco más allá del 100% automáticamente por razones de formato visual o para dejar espacio a etiquetas, aunque los datos en sí no superen el 100% dentro de cada barra. **No significa que tengas más del 100% de pacientes.** El gráfico de barras apiladas al 100% ilustra la distribución de la desaturación categorizada en los tres subgrupos de edad. Se observa claramente que en los Grupos 2 (2-8 años) y 3 (>8 años), el 100% de los pacientes se clasificaron en la categoría 9 ('No desatura'). En contraste,

la barra correspondiente al Grupo 1 (<2 años) muestra que, aunque la mayoría (73.9%) pertenece a la categoría 9, existe una proporción visible (26.1%) de pacientes distribuidos en las categorías inferiores (1 a 6), indicando la ocurrencia de desaturación exclusivamente en este grupo de menor edad.

**Tablas Cruzadas**

**Tabla 12 Homogeneidad del procedimiento**

Se evaluó si existían diferencias en la dificultad técnica del procedimiento de intubación entre los tres grupos de edad.

Variable de Procedimiento	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
Número de Laringoscopías	Chi-cuadrado	p=.090	La diferencia en el número de intentos no fue estadísticamente significativa.
Tiempo de Intubación	Kruskal-Wallis	p=.745	No hubo diferencia significativa en el tiempo que tomó realizar la intubación.
Saturación Pre-Intubación	Kruskal-Wallis	p=.354	Todos los grupos iniciaron el procedimiento con niveles de saturación similares.

La homogeneidad en el tiempo y número de intentos sugiere que las diferencias en los resultados de saturación **no se deben a una mayor dificultad o duración** del procedimiento en un grupo específico, sino a las diferencias fisiológicas y anatómicas de los grupos de edad.

**Vulnerabilidad Fisiológica (Análisis de Saturación por Edad)**

Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en la respuesta fisiológica a la apnea entre los grupos de edad.

**Tabla 13 Desaturación Categórica (Asociación lineal)**

Hallazgo	Prueba Estadística	Valor p	Implicación
Desaturación Exclusiva	Asociación Lineal	<b>p=.003</b>	Existe una <b>asociación lineal significativa</b> entre la edad y la desaturación. <b>Todos los casos de desaturación ocurrieron exclusivamente en el Grupo 1 (&lt; 2 años).</b>

**Tabla 14 Saturaciones Mínimas y Post-Intubación (Kruskal-Wallis)**

Los análisis *post-hoc* (Mann-Whitney U) confirmaron la ubicación de la diferencia significativa:

Variable de Saturación	Valor p (Global)	Resultados Post-Hoc Clave
Saturación más baja reportada	<b>p=.000</b>	<b>El Grupo 1 obtuvo una saturación mínima significativamente menor (peor)</b> que los Grupos 2 y 3.

Saturación Post-Intubación	p=.000	El <b>Grupo 1</b> obtuvo una saturación final <b>significativamente menor</b> que los Grupos 2 y 3.
----------------------------	--------	---

Los resultados de la tabla 12 y 13 demuestran que, a pesar de recibir oxigenación apneica, el **Grupo 1 (< 2 años)** es la **población más vulnerable**, concentrando las caídas más profundas de saturación (hasta un 43%) y siendo el único grupo que desaturó. Los pacientes mayores de 2 años (Grupos 2 y 3) mostraron una excelente tolerancia a la apnea ninguno presento desaturaciones menores del 92%, con el apoyo de oxigenación apneica con la dosis correspondiente del estudio. Apoya la teoría de que, entre mayor edad, mayor tolerancia la apnea.

**Tabla 15 Análisis de Eventos Adversos por edad**

Variables Cruzadas	Resultado Clave	Prueba Estadística	Conclusión
<b>Eventos Adversos (Sí/No) vs. Grupo por Edad</b>	Solo se registraron <b>2 eventos adversos</b> (bradicardia) en todo el estudio. Ambos casos ocurrieron exclusivamente en el <b>Grupo 1 (&lt; 2 años).</b>	Chi-cuadrado de Pearson: p=.139.	<b>No se encontró diferencia significativa</b> (p>.05) en la incidencia global de eventos adversos. Esto se atribuye al número extremadamente bajo de eventos.

Aunque los eventos solo ocurrieron en el Grupo de menores de 2 años de edad, , la diferencia no es estadísticamente significativa. Probablemente porque el número total de eventos (solo 2 casos de bradicardia) fue muy bajo.

**Tabla 16 Análisis de variables numéricas (Kruskal-Wallis)**

Variable Numérica	Interpretación
Tiempo de Intubación (Seg)	p=.745 <b>No hay diferencia significativa</b> ( $p>.05$ ). El tiempo de intubación fue similar en los tres grupos.
Saturación Previa a Intubación	p=.354\$ <b>No hay diferencia significativa</b> ( $p>.05$ ). Todos los grupos iniciaron el procedimiento con una saturación similar.
Saturación más baja reportada	p=.000 <b>Diferencia significativa</b> ( $p<.05$ ). Hay una diferencia en qué tan bajo cayó la saturación entre los 3 grupos.
Saturación Posintubación	p=.000 <b>Diferencia significativa</b> ( $p<.05$ ). Hay una diferencia en la saturación final alcanzada entre los 3 grupos.

Debido a que las variables numéricas (como las saturaciones y el tiempo de intubación) no siguen una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica **Kruskal-Wallis** para comparar los tres grupos de edad. Los resultados significativos demuestran que la desaturación más baja y en menor tiempo fue en el grupo de edad de los niños menores de 2 años de edad, no hay diferencias significativas en el operador ya que el tiempo promedio es igual tanto en médico residente como médico anesthesiologo en los tres grupos de edad.

El análisis comparativo de los tres subgrupos de edad dentro del estudio de oxigenación apneica reveló varios hallazgos clave. Primero, los grupos demostraron ser homogéneos en sus características basales y de procedimiento, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en variables demográficas (Edad, Peso, Talla, IMC), clasificación ASA, tipo de inducción, operador, vía aérea difícil, dispositivo utilizado, número de laringoscopias ( $p=0.090$ ), tiempo de

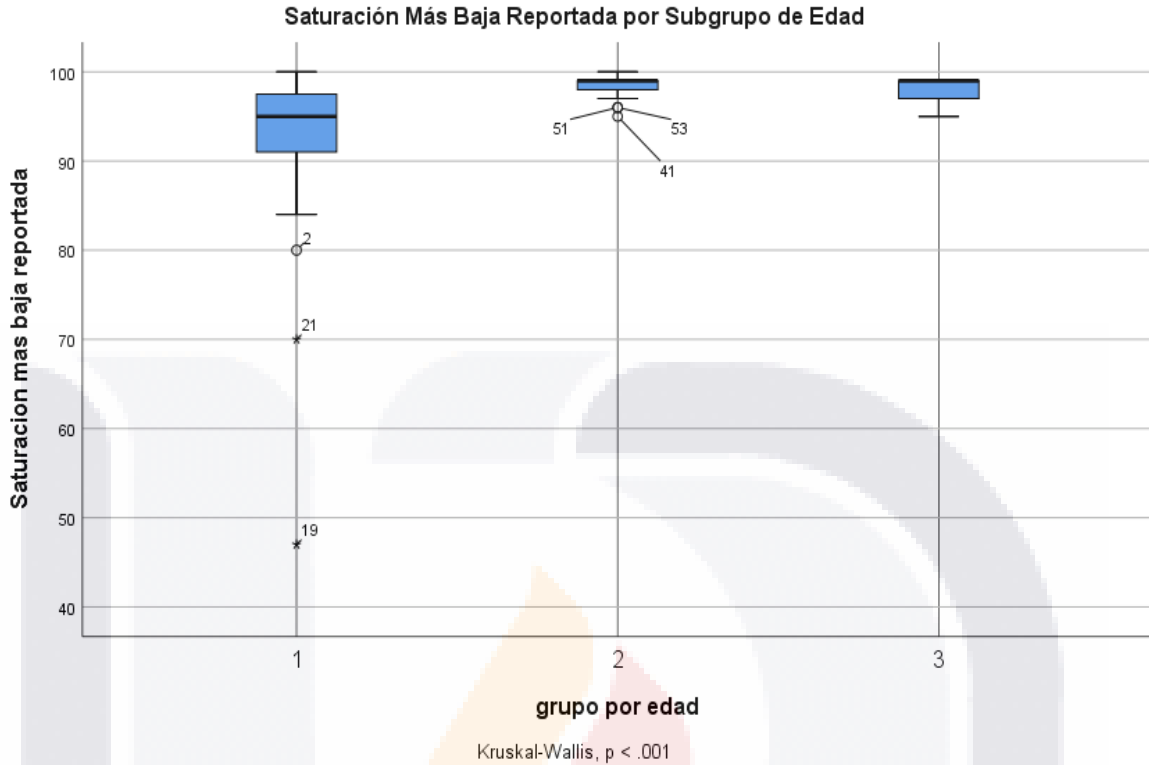
intubación ( $p=0.745$ ), saturación previa a la intubación ( $p=0.354$ ), ni en la incidencia global de eventos adversos ( $p=0.139$ ). Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables de resultado primarias y secundarias.

La desaturación, evaluada mediante una escala categorizada ordinal, mostró una asociación lineal significativa con el grupo de edad ( $p=0.003$ ), ocurriendo exclusivamente en el Grupo 1 ( $< 2$  años), mientras que los Grupos 2 y 3 no presentaron ningún caso de desaturación. Consistentemente, el análisis de las variables de saturación mediante la prueba de Kruskal-Wallis y comparaciones post-hoc con U de Mann-Whitney demostró que el Grupo 1 tuvo una Saturación más baja reportada significativamente menor ( $p<0.001$  vs Grupo 2;  $p=0.003$  vs Grupo 3) y una Saturación posintubación significativamente menor ( $p<0.001$  vs Grupo 2;  $p=0.001$  vs Grupo 3).

No se encontraron diferencias significativas en estas variables de saturación entre los Grupos 2 y 3 ( $p=0.555$ ). En conjunto, estos resultados indican que, si bien los tres esquemas de oxigenación apneica parecen ser seguros y no prolongan el tiempo de intubación, su eficacia para prevenir la desaturación es significativamente menor en el grupo de pacientes menores de 2 años, quienes también experimentaron caídas de saturación más pronunciadas y alcanzaron niveles de saturación post-intubación más bajos en comparación con los grupos de mayor edad.

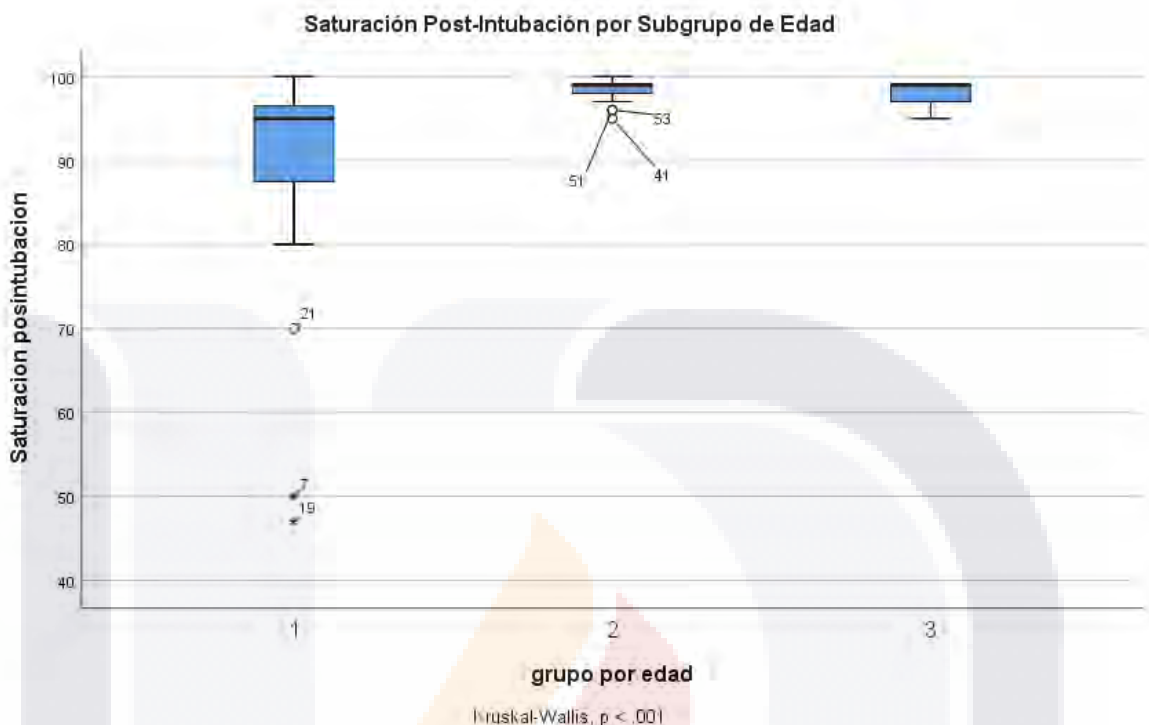
La desaturación ocurrió exclusivamente en el Grupo 1 ( $< 2$  años). Dentro de este grupo, del 26.1% de pacientes que sí presentaron desaturación, esta ocurrió predominantemente en los primeros 34 segundos (categorías 1 y 2), aunque se observaron casos aislados de desaturación más tardía.

#### ***Grafica 6 Saturación mas baja reportada***



El diagrama de cajas muestra la distribución de la saturación de oxígeno más baja reportada para cada subgrupo de edad. Se observa que la mediana y el rango intercuartílico del Grupo 1 (<2 años) son notablemente inferiores a los de los Grupos 2 y 3. Estos últimos dos grupos presentan medianas más altas y menor variabilidad, indicando que los pacientes más jóvenes experimentaron caídas de saturación más pronunciadas (Kruskal-Wallis,  $p < .001$ ).

**Grafica 7 Saturación postintubación**



Este diagrama de cajas compara la saturación de oxígeno registrada inmediatamente después de la intubación entre los tres subgrupos. De manera similar al gráfico anterior, el Grupo 1 (<2 años) muestra una mediana y una distribución de valores significativamente más bajos en comparación con los Grupos 2 y 3. Los grupos de mayor edad alcanzaron niveles de saturación post-intubación más altos y consistentes (Kruskal-Wallis,  $p < .001$ ).

**Análisis Principal: Oxigenación Apneica vs. Control (Sin oxigenación apneica).**

Esta es la comparación crucial del estudio para determinar la eficacia de la técnica, este estudio se comparó con el control, estudio que se realizó en los años del 2024 al 2025, para determinar la efectividad de oxigenación apneica.

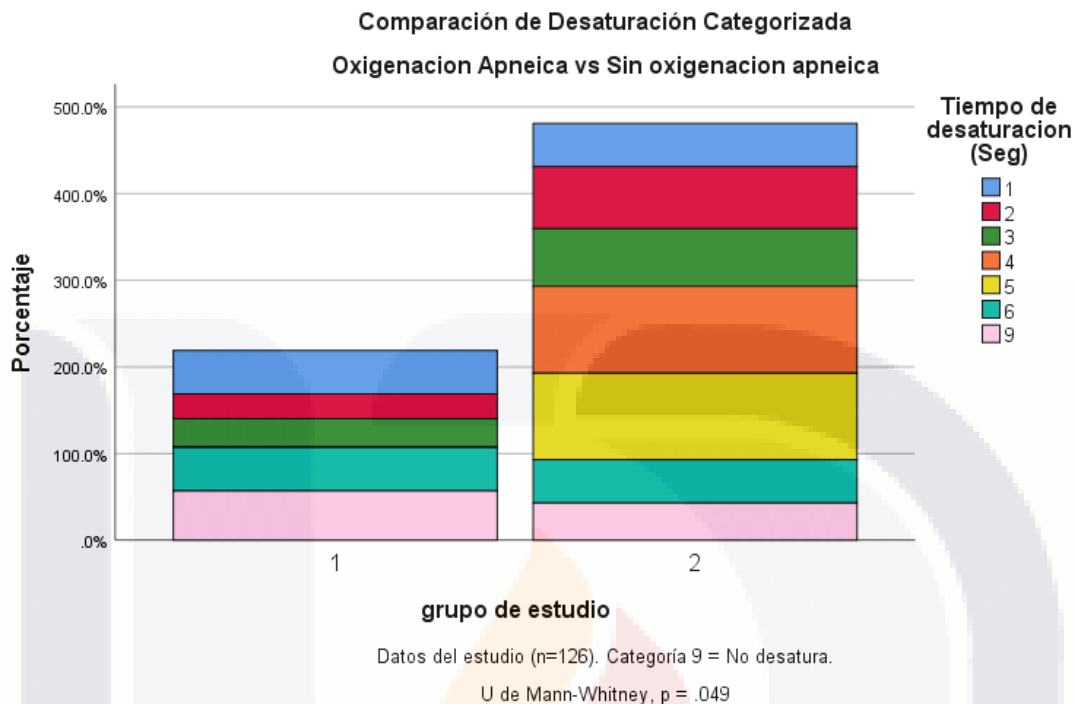
**Tabla 17 Análisis comparativo de oxigenación apnéica vs control**

Variables Cruzadas	Prueba Estadística	Resultado Clave	Conclusión Final
Tiempo de Desaturación vs. Grupo de Estudio (Oxigenación Apneica vs. Control)	Mann-Whitney U: p=.049	El Rango Promedio del grupo con oxigenación apneica (67.25) fue mayor que el del grupo control (59.25).	Hay una <b>diferencia estadísticamente significativa</b> ( $p < .05$ ). El grupo con <b>oxigenación apneica tuvo resultados significativamente mejores</b> , logrando una mayor proporción de pacientes que no desaturaron.

En resumen, los resultados confirman que **la oxigenación apneica es efectiva** para prevenir la desaturación en general ( $p=.049$ ), pero su eficacia es **significativamente menor en niños menores de 2 años** (Grupo 1), quienes concentran todos los casos de desaturación y las caídas más profundas de saturación.

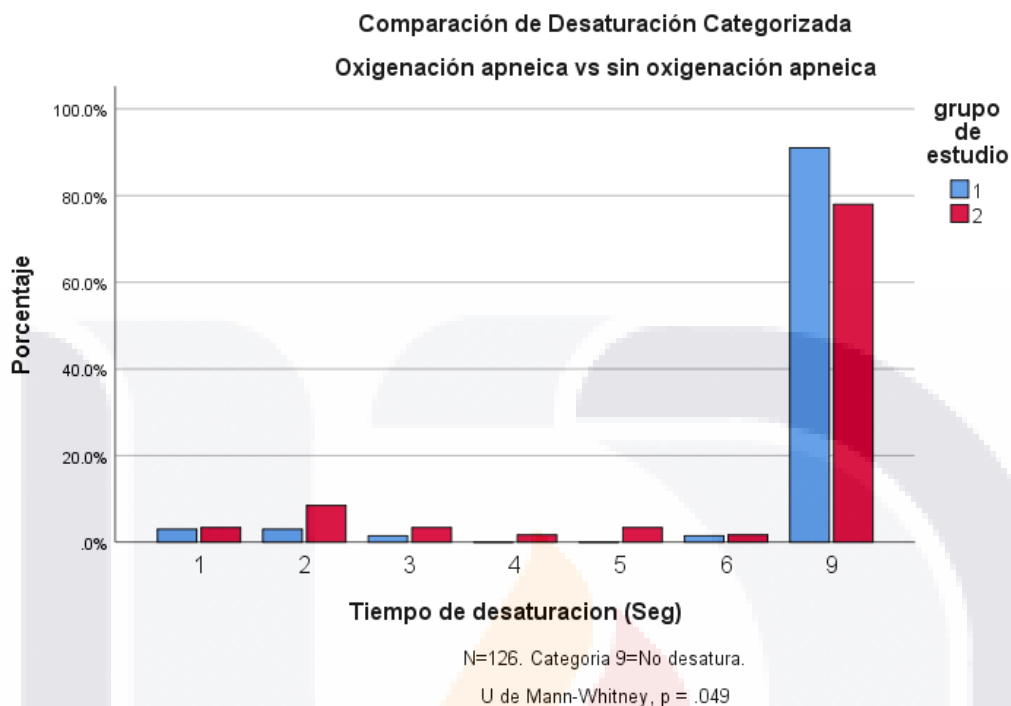
La comparación entre el grupo que recibió oxigenación apneica (N=67) y el grupo control que no la recibió (N=59) demostró una diferencia estadísticamente significativa en la desaturación categorizada (U de Mann-Whitney,  $p= .049$ ). El grupo con oxigenación apneica tuvo resultados significativamente mejores, con una mayor proporción de pacientes clasificados en las categorías superiores (más cercanas a "No desatura"), como lo indica su mayor rango promedio (67.25 vs 59.25).

**Grafica 8 Comparativa de oxigenación apneica vs control**



El gráfico de barras apiladas al 100%, compara la distribución de las categorías de desaturación entre el grupo de estudio (oxigenación apneica) y el grupo control (sin oxigenación). Se observa visualmente una proporción notablemente mayor de pacientes en la categoría 9 ('No desatura') en el grupo con oxigenación apneica en comparación con el grupo control. Esta diferencia visual respalda el resultado estadísticamente significativo encontrado ( $p=0.049$ ), confirmando la efectividad de la oxigenación apneica para prevenir la desaturación.

**Grafica 9 Tiempo de desaturación de oxigenación apneica vs control**



Tiempo de desaturación: 1: 1-17 seg, 2: 18- 34 seg, 3: 35-51 seg, 4: 52 - 69 seg, 5: 70 a 86 seg, 6: 87- 103 seg, 7: 104 a 121 seg, 8: > 122 seg, 9: No desatura.

En este gráfico, el eje X representa las categorías de desaturación (1 a 9, donde 9 es 'No desatura'), y para cada categoría se muestran dos barras: una para el grupo con oxigenación apneica (Barra color azul) y otra para el grupo control (Barra roja). La altura de cada barra indica el porcentaje de pacientes *dentro de ese grupo* que cayó en dicha categoría. Se observa claramente que la barra correspondiente a la categoría 9 es mucho más alta para el grupo de Oxigenación en comparación con el grupo Control, reforzando visualmente el hallazgo estadísticamente significativo (p=0.049) de que la oxigenación apneica previene la desaturación de manera más efectiva.

**Tabla 18 Eficacia Principal: Tiempo de Desaturación e Hipoxemia**

Variable	Hallazgo Clave	Conclusión Clínica	Explicación Fisiológica
Tiempo de Desaturación (Primaria)	Diferencia significativa entre grupos (p=.002): el <b>Grupo 1 (1 mes a &lt;2 años)</b> tuvo tiempos de desaturación significativamente más cortos (P75=7 segundos) que los Grupos 2 y 3 (P75=0 segundos).	La ApOx con <b>10 L/min y 15 L/min en niños mayores de 2 años</b> ofrece una protección excepcional. El flujo de <b>5 L/min en lactantes (Grupo 1)</b> es beneficioso, pero su protección es limitada y la intubación debe ser expedita.	El Grupo 1 es más vulnerable debido a su <b>menor Capacidad Residual Funcional (CRF)</b> (reserva de O <sub>2</sub> ) y su <b>mayor consumo metabólico de oxígeno (VO<sub>2</sub>)</b> , lo que agota rápidamente la reserva, superando la protección del flujo de 5 L/min.
Incidencia de Hipoxemia ( $\text{SpO}_2 < 90\%$ )	Diferencia significativa (p=.038): <b>0% de hipoxemia en Grupos 2 y 3.</b> El <b>Grupo 1</b> reportó una incidencia del <b>8.7%</b>	El protocolo <b>elimina la hipoxemia en niños mayores de 2 años.</b> En lactantes (<2	Los flujos de 10-15 L/min en Grupos 2 y 3 fueron suficientes para la difusión pasiva. En el

	(2 de 23 pacientes).	años), la reduce drásticamente (comparado con el control histórico), pero el riesgo subsiste: 1 de cada 11 lactantes puede desaturar.	Grupo 1, el flujo de 5 L/min fue insuficiente para contrarrestar la alta demanda fisiológica en algunos pacientes.
--	----------------------	---	--

## 2. Variables de Proceso y Metodológicas

- **Tiempo de Intubación y Número de Intentos:**

- **Hallazgo:** No hubo diferencias significativas en el tiempo de intubación ( $p=.745$ ) ni en el número de intentos ( $p=.859$ ).
- **Implicancia Clínica:** El uso de flujos altos (10-15 L/min) **no interfiere con la visualización de la laringe** ni prolonga el procedimiento, disipando un temor común.
- **Fortaleza Metodológica:** Confirma que la mayor tasa de desaturación en el Grupo 1 se debió a su **fisiología** y no a una mayor dificultad del procedimiento.

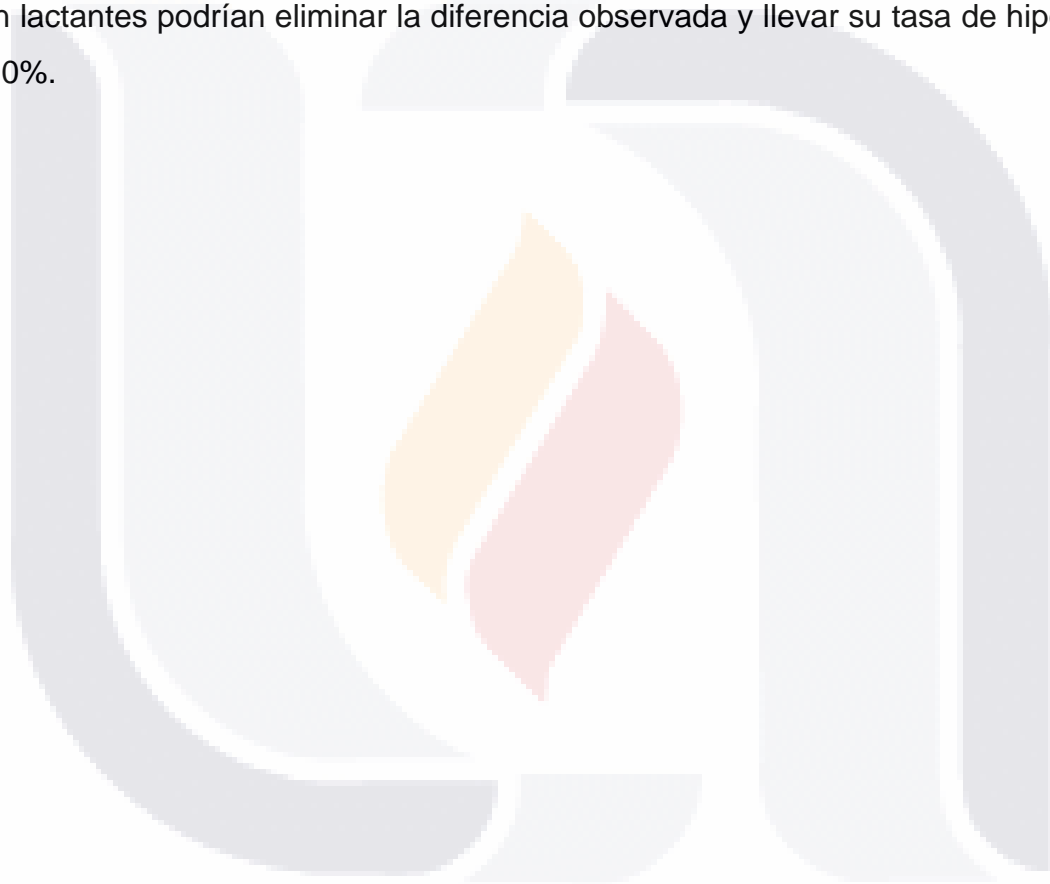
## 3. Variables de Seguridad: Eventos Adversos

- **Eventos Adversos (Bradicardia, Laringoespasma, Epistaxis, etc.):**

- **Hallazgo: Cero eventos adversos** reportados en los 67 pacientes ( $p=1.000$ ).
- **Implicancia Clínica:** El protocolo es **altamente seguro**. La ausencia total de **bradicardia** (una respuesta a la hipoxemia severa) es un resultado directo de la eficacia de la ApOx. Los flujos utilizados (hasta 15 L/min) no causaron daño iatrogénico (epistaxis o barotrauma).

## 4. Conclusión General y Orientación Futura

1. **Conclusión:** El protocolo ApOx **5-10-15 L/min** es una técnica de seguridad **indispensable, eficaz y segura** para la intubación pediátrica.
2. **Eficacia Escalada:** La protección es **máxima (0% hipoxemia)** en niños mayores de 2 años (con 10-15 L/min).
3. **Grupo Vulnerable:** Los **lactantes (<2 años)** son un subgrupo de "falla" (8.7% de hipoxemia) con el flujo de 5 L/min.
4. **Futuros Estudios:** Se debe investigar si **flujos más altos** (ej. 10 L/min, o por peso) en lactantes podrían eliminar la diferencia observada y llevar su tasa de hipoxemia a 0%.



## **Conclusiones**

La implementación de un protocolo estandarizado de oxigenación apneica (ApOx) con cánula nasal de bajo flujo (5, 10 y 15 L/min) en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo demostró ser una intervención altamente eficaz para mejorar la seguridad del paciente pediátrico durante la intubación orotraqueal, respondiendo afirmativamente a la pregunta de investigación.

En términos de eficacia, la ApOx redujo drásticamente la incidencia de hipoxemia ( $SpO_2 < 90\%$ ) de un 20.4% (documentado en el grupo control de la Fase 1) a un 2.98% en el grupo experimental (Fase 2). El beneficio clínico fue profundo: el tiempo de apnea segura se prolongó significativamente, con una mediana de tiempo hasta la desaturación de 0 segundos en el grupo con ApOx, en comparación con los 60 segundos del grupo control sin ApOx.

En términos de seguridad, el protocolo demostró ser excepcional. Se eliminó por completo la incidencia de bradicardia (de 4.1% en el grupo control a 0% en el grupo experimental), la cual es una de las complicaciones más temidas asociadas a la hipoxemia pediátrica. Además, no se registraron eventos adversos atribuibles a la técnica (epistaxis, distensión gástrica o barotrauma), confirmando que los flujos de 5, 10 y 15 L/min son seguros en los grupos de edad designados.

El análisis estratificado por edad revela un hallazgo crucial: la eficacia no es uniforme. Los flujos de 10 L/min (Grupo 2: 2 a 7 años) y 15 L/min (Grupo 3: 8 a 17 años) ofrecieron una protección total, con un 0% de incidencia de hipoxemia. Sin embargo, el Grupo 1 (1 mes a <2 años), que recibió 5 L/min, aún presentó una incidencia de hipoxemia del 8.7%.

Se concluye que el protocolo de oxigenación apneica 5-10-15 L/min es una intervención indispensable que debe adoptarse como estándar de cuidado en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo para pacientes mayores de 2 años, dada su absoluta eficacia y seguridad. Para el grupo de alto riesgo (menores de 2 años), se concluye que, si bien el flujo de 5 L/min ofrece una mejora sustancial y es seguro,

resulta insuficiente para prevenir todos los eventos de desaturación, sugiriendo la necesidad de reevaluar un ajuste de flujo al alza en esta población específica.



## **Discusión.**

La investigación evaluó la eficacia y seguridad de un protocolo estandarizado de Oxigenación Apneica (ApOx) con cánula nasal de bajo flujo (5-10-15 L/min) en 67 pacientes pediátricos, divididos en tres grupos etarios. (39)

La intubación orotraqueal en pacientes pediátricos continúa siendo un procedimiento de alto riesgo debido a la limitada reserva fisiológica de oxígeno y la rápida aparición de hipoxemia durante los periodos de apnea inducida por la anestesia general. Estudios multicéntricos recientes han reafirmado que, incluso en entornos controlados, la desaturación peri-intubación sigue siendo un evento frecuente y clínicamente relevante, especialmente en lactantes y niños pequeños (40).

En este contexto, la oxigenación apneica ha sido propuesta como una estrategia efectiva para prolongar el tiempo de apnea segura y reducir la incidencia de hipoxemia. Ensayos realizados en población pediátrica críticamente enferma han demostrado que la administración continua de oxígeno durante la laringoscopia disminuye tanto los eventos de desaturación severa como los eventos adversos asociados a la intubación (41). Estos hallazgos respaldan el uso de la oxigenación apneica como una intervención de seguridad durante el manejo avanzado de la vía aérea.

Los resultados del presente estudio muestran una reducción significativa de la hipoxemia al comparar el grupo con oxigenación apneica frente al grupo control sin dicha intervención. Este efecto protector es congruente con estudios observacionales y ensayos clínicos que han documentado una menor incidencia de desaturación cuando se emplea oxigenación apneica mediante cánula nasal durante la intubación pediátrica (22). De manera adicional, se ha observado que la oxigenación apneica contribuye a mejorar la estabilidad hemodinámica al prevenir la hipoxia, principal desencadenante de la bradicardia en pediatría (42).

Un hallazgo relevante de esta investigación fue la diferencia en la eficacia de la oxigenación apneica según el grupo etario. En los pacientes mayores de dos años,

el uso de flujos de 10 y 15 L/min se asoció con una ausencia total de episodios de hipoxemia. Estos resultados son consistentes con estudios que han demostrado que los niños con mayor edad y reservas pulmonares más desarrolladas toleran mejor los periodos de apnea cuando se utiliza oxigenación apneica de forma adecuada (43).

Por el contrario, en los pacientes menores de dos años persistió una mayor susceptibilidad a la desaturación, aun con la administración de oxigenación apneica. Este hallazgo coincide con ensayos clínicos en lactantes en los que el uso de flujos bajos no logró reducir de manera significativa la incidencia de hipoxemia, sugiriendo que el flujo administrado puede ser insuficiente para compensar el alto consumo metabólico de oxígeno y la baja capacidad residual funcional característica de este grupo etario (44).

La literatura reciente sugiere que el efecto de la oxigenación apneica en pediatría depende no solo del uso de la técnica, sino también del flujo de oxígeno, el tipo de dispositivo y el contexto clínico. Estudios que han empleado sistemas de alto flujo han demostrado una prolongación más marcada del tiempo de apnea segura, particularmente en poblaciones de alto riesgo, aunque su disponibilidad sigue siendo limitada en muchos centros (45). En contraste, la cánula nasal de bajo flujo representa una alternativa accesible y de fácil implementación en el quirófano.

Desde el punto de vista de seguridad, en el presente estudio no se observaron complicaciones atribuibles a la oxigenación apneica, como epistaxis, distensión gástrica o interferencia con la laringoscopia. Estos hallazgos concuerdan con reportes previos que describen un perfil de seguridad favorable de la oxigenación apneica cuando se utiliza de forma protocolizada y con flujos adecuados (30). Asimismo, la ausencia de bradicardia en el grupo experimental refuerza la importancia de la prevención de la hipoxemia como eje central de la seguridad peritubación (46).

En conjunto, los resultados de esta investigación se alinean con la evidencia más reciente que respalda el uso sistemático de la oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal pediátrica. La estandarización de flujos ajustados por edad demostró ser una estrategia eficaz, segura y reproducible, con un impacto significativo en la reducción de hipoxemia. No obstante, los hallazgos en lactantes subrayan la necesidad de futuras investigaciones que evalúen flujos mayores o el uso de sistemas de alto flujo en este subgrupo particularmente vulnerable (47).



## Glosario

**Anestesia General Balanceada:** Técnica anestésica que combina múltiples fármacos (ej. hipnóticos, analgésicos opioides, relajantes musculares) para lograr los componentes de la anestesia (hipnosis, amnesia, analgesia, relajación) de forma equilibrada y con menores dosis individuales.

**ASA (Clasificación):** Sistema de la *American Society of Anesthesiologists* para clasificar el estado físico y el riesgo preoperatorio de un paciente (ej. ASA I paciente sano, ASA III paciente con enfermedad sistémica grave).

**Atelectasia:** Colapso total o parcial de un pulmón o lóbulo pulmonar, que impide el intercambio gaseoso adecuado en esa zona.

**Barotrauma:** Lesión física en los tejidos corporales causada por una diferencia de presión entre un espacio aéreo dentro o junto al cuerpo y el gas o líquido circundante (en este contexto, por presión de oxígeno excesiva).

**Bradycardia:** Disminución de la frecuencia cardíaca por debajo del rango normal para la edad del paciente. En pediatría, suele ser un signo ominoso de hipoxia severa.

**Capacidad Residual Funcional (CRF):** Volumen de aire que permanece en los pulmones al final de una espiración normal. Actúa como la principal reserva de oxígeno del cuerpo durante la apnea.

**Consumo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>):** Tasa a la cual el oxígeno es utilizado por el cuerpo a nivel metabólico (tisular). Es significativamente más alto por kilogramo en lactantes que en adultos.

**Cuasi-experimental (Diseño):** Diseño de investigación que busca evaluar el impacto de una intervención, pero que carece de asignación aleatoria de los sujetos (ej. usar un grupo control histórico).

**Cánula Nasal de Bajo Flujo (CNBF / LFNC):** Dispositivo estándar (puntas nasales) que administra oxígeno a flujos que generalmente no exceden los 15 L/min.

**Desaturación:** Caída de la saturación de oxígeno en la sangre arterial (SpO<sub>2</sub>) por debajo de los niveles normales, medida por pulsioximetría.

**Difusión de Masas (Flujo de gas apneico):** Principio fisiológico de la ApOx, donde el oxígeno fluye pasivamente desde la faringe (alta concentración) a los alvéolos (baja presión) siguiendo un gradiente de presión, incluso sin respiración.

**Efecto Suelo (Floor Effect):** Fenómeno estadístico que ocurre cuando una gran proporción de los sujetos en un estudio obtiene la puntuación más baja posible en una medida (ej. 0 eventos adversos o 0 segundos de desaturación), lo que dificulta la detección de diferencias.

**Espacio Muerto Anatómico:** Volumen de las vías aéreas (nariz, faringe, tráquea, bronquios) que no participa en el intercambio gaseoso.

**Estudio Prospectivo:** Estudio de investigación en el que los sujetos son reclutados y seguidos hacia adelante en el tiempo para observar los resultados después de una intervención.

**Grupo Control Histórico:** Grupo de pacientes de un estudio anterior (ej. Fase 1) que no recibió la intervención y que se utiliza como base de comparación para el grupo experimental actual (Fase 2).

**Hipercapnia:** Aumento anormal de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la sangre arterial, resultado de una ventilación inadecuada (como ocurre en la apnea prolongada).

**Hipoxemia:** Disminución de la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial (PaO<sub>2</sub>), clínicamente identificada como desaturación (SpO<sub>2</sub> < 90%-92%).

**Hipoxia:** Deficiencia de oxígeno a nivel tisular, es decir, las células no reciben el oxígeno adecuado. Es la consecuencia de la hipoxemia severa o prolongada.

**Intubación Orotraqueal (IOT):** Procedimiento médico que consiste en insertar un tubo a través de la boca (oro-) hasta la tráquea para asegurar la vía aérea y permitir la ventilación mecánica.

**Kruskal-Wallis (Prueba de):** Prueba estadística no paramétrica utilizada para comparar tres o más grupos independientes cuando la variable de resultado no sigue una distribución normal (ej. tiempo de desaturación).

**Laringoespasmio:** Espasmo reflejo e involuntario de los músculos laríngeos que sella la vía aérea, impidiendo la respiración.

**Laringoscopia:** Visualización de la laringe y las cuerdas vocales, comúnmente realizada con un laringoscopio para facilitar la intubación orotraqueal.

**Mann-Whitney (Prueba U de):** Prueba estadística no paramétrica utilizada para comparar dos grupos independientes (ej. G1 vs G2) cuando los datos no son normales. Es el equivalente *post-hoc* de Kruskal-Wallis.

**Oxigenación Apneica (ApOx):** Técnica que consiste en la administración continua de oxígeno (usualmente por cánula nasal) durante el periodo de apnea (cese de la respiración) para prolongar el tiempo antes de que ocurra la desaturación.

**Oxigenoterapia de Alto Flujo (HFNO / THRIVE):** Técnica alternativa que administra oxígeno calentado y humidificado a flujos muy altos (ej. 2 L/kg/min), que puede generar presión positiva y lavar el espacio muerto.

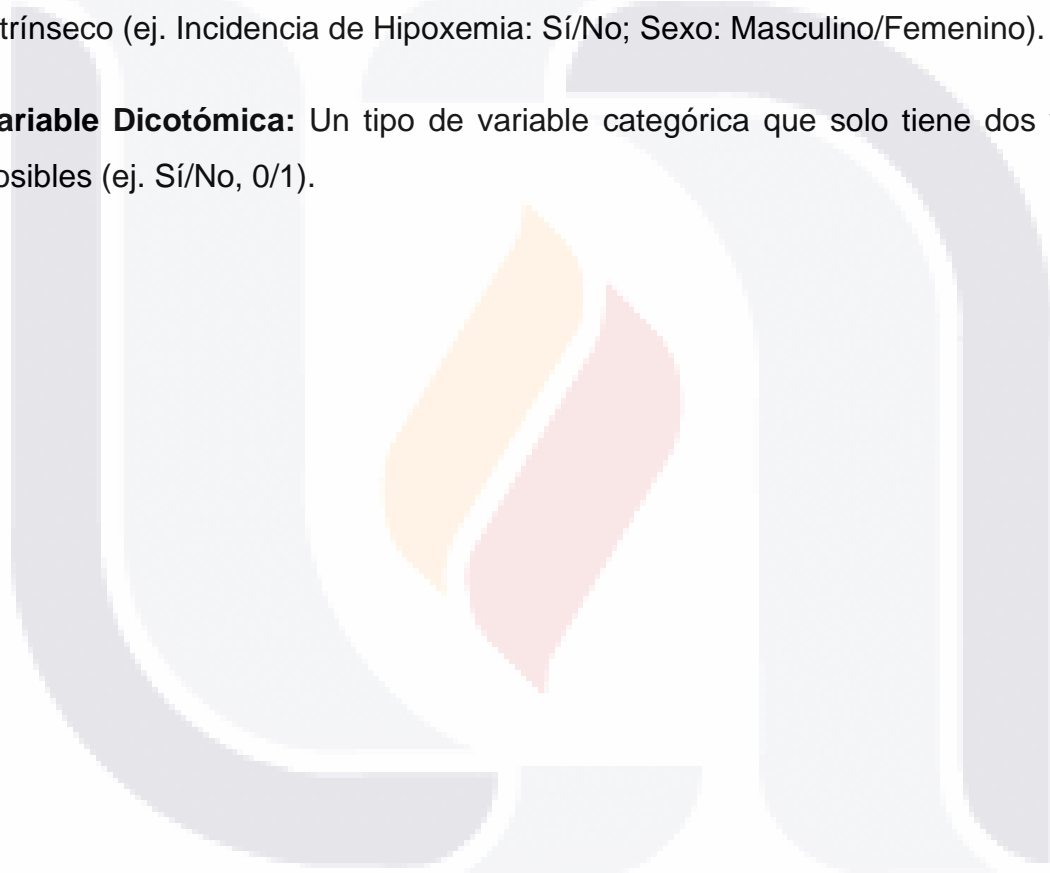
**Percentil 75 (P75):** Valor por debajo del cual se encuentra el 75% de las observaciones. (Ej. un P75 de 7 segundos significa que el 75% de los pacientes desaturó en 7 segundos o menos).

**Significancia Estadística (p):** Valor de probabilidad que indica la posibilidad de que un resultado observado se deba al azar. Un valor  $p < .05$  generalmente se considera "estadísticamente significativo", sugiriendo que el resultado es real.

**Tiempo de Apnea Segura:** Duración del tiempo desde el inicio de la apnea hasta que el paciente alcanza un umbral crítico de desaturación (ej. SpO<sub>2</sub> < 90%).

**Variable Categórica (Nominal):** Variable que representa categorías sin un orden intrínseco (ej. Incidencia de Hipoxemia: Sí/No; Sexo: Masculino/Femenino).

**Variable Dicotómica:** Un tipo de variable categórica que solo tiene dos valores posibles (ej. Sí/No, 0/1).



### Referencias bibliográficas

1. Fuchs A, Koepp G, Huber M, Aebli J, Afshari A, Bonfiglio R, et al. Apnoeic oxygenation during paediatric tracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2024;132(2):392-406.
2. Cummings BM, Litman RS. Pediatric airway anatomy and implications for management. *Anesth Analg.* 2022;134(2):390–401.
3. Habre W, Peták F. Perioperative respiratory complications in children. *Br J Anaesth.* 2014;113(1):26–36.
4. Frumin MJ, Epstein RM, Cohen G. Apneic oxygenation in man. *Anesthesiology.* 1959;20(6):789–98.
5. Mort TC. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in the difficult airway patient: a case series. *J Clin Anesth.* 2015;27(5):418–23.
6. Vail EA, Basaure E, Al-Aliy M, Catallini M, Glick M, O'Brien S, et al. Oxygenation strategies during pediatric intubation outside the operating room. *Pediatr Crit Care Med.* 2021;22(8):e468–e477.
7. National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS). Oxygen delivery strategies for pediatric airway management. NEAR4KIDS Clinical Guidelines. 2023.
8. Mitter N, Lumbled M, Sriganesh K, Ma D, Combes X, Martin D, et al. Low-flow nasal cannula apneic oxygenation in children: effectiveness and safety. *Paediatr Anaesth.* 2020;30(9):1003–10.
9. Jagannathan N, Sohn L, Fiadjoe J, Sussman E, Mckinney C, De Victory D, et al. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) in children: a prospective evaluation. *Br J Anaesth.* 2017;118(4):603–8.
10. Patel A, Nouraei SAR. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia.* 2015;70(3):323–9.

11. Mitter N, Lumbled M, Sriganesh K, et al. Low-flow nasal cannula apneic oxygenation in children: effectiveness and safety. *Paediatr Anaesth*. 2020;30(9):1003–1010.
12. Patel A, Nouraei SAR. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE). *Anaesthesia*. 2015;70(3):323–329.
13. Vail EA, Basaure E, Al-Aliy M, et al. Oxygenation strategies during pediatric intubation outside the operating room. *Pediatr Crit Care Med*. 2021;22(8):e468–e477.
14. Vukovic AA, Hanson HR, Murphy SL, et al. Apneic oxygenation reduces hypoxemia during pediatric intubation in the emergency department. *Am J Emerg Med*. 2019;37(1):27–32.
15. Napolitano N, Laverriere EK, Craig N, et al. Apneic oxygenation as a quality improvement intervention in an academic PICU. *Pediatr Crit Care Med*. 2019;20(12):e531–e537.
16. Napolitano N, Polikoff L, Edwards L, et al. Effect of apneic oxygenation with intubation to reduce severe desaturation. *Crit Care*. 2023;27(1):27.
17. Olayan L, Alatassi A, Patel J, et al. Apnoeic oxygenation by nasal cannula during airway management in children. *Perioper Med*. 2018;7:5.
18. Mort TC. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in the difficult airway patient. *J Clin Anesth*. 2015;27(5):418–423.
19. Jagannathan N, Sohn L, Fiadjoe J, et al. THRIVE in children: a prospective evaluation. *Br J Anaesth*. 2017;118(4):603–608.
20. National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS). Oxygen delivery strategies for pediatric airway management. Clinical Guidelines. 2023.
21. Fuchs A, Koepp G, Huber M, et al. Apnoeic oxygenation during paediatric tracheal intubation. *Br J Anaesth*. 2024;132(2):392–406.

22. Habre W, Peták F. Perioperative respiratory complications in children. *Br J Anaesth.* 2014;113(1):26–36.
23. Vail EA, Basaure E, Al-Aliy M, et al. Oxygenation strategies during pediatric intubation outside the operating room. *Pediatr Crit Care Med.* 2021;22(8):e468–e477.
24. Napolitano N, Laverriere EK, Craig N, et al. Apneic oxygenation as a quality improvement intervention in an academic PICU. *Pediatr Crit Care Med.* 2019;20(12):e531–e537.
25. Vukovic AA, Hanson HR, Murphy SL, et al. Apneic oxygenation reduces hypoxemia during pediatric intubation. *Am J Emerg Med.* 2019;37(1):27–32.
26. Habre W, Peták F. Perioperative respiratory complications in children. *Br J Anaesth.* 2014;113(1):26–36.
27. Mitter N, Lumbled M, Sriganesh K, et al. Low-flow nasal cannula apneic oxygenation in children. *Paediatr Anaesth.* 2020;30(9):1003–1010.
28. Olayan L, Alatassi A, Patel J, et al. Apnoeic oxygenation by nasal cannula in children. *Perioper Med.* 2018;7:5.
29. Jagannathan N, Sohn L, Fiadjoe J, et al. THRIVE in children. *Br J Anaesth.* 2017;118(4):603–608.
30. Mort TC. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy. *J Clin Anesth.* 2015;27(5):418–423.
31. Fuchs A, Koepp G, Huber M, et al. Apnoeic oxygenation during paediatric tracheal intubation. *Br J Anaesth.* 2024;132(2):392–406.
32. Habre W, Peták F. Perioperative respiratory complications in children. *Br J Anaesth.* 2014;113(1):26–36.

33. National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS). Oxygen delivery strategies for pediatric airway management. *Clinical Guidelines*. 2023.
34. Litman RS, Weissend EE, Shibata D, Westesson PL. Developmental changes of laryngeal dimensions in pediatric patients. *Anesthesiology*. 2003;98(1):41–45.
35. Hammer GB. Pediatric airway anatomy and physiology. *Paediatric Anaesthesia*. 2015;25(1):15–22.
36. Schmidt AR, Buehler PK, Segovia E, et al. Apneic oxygenation during intubation in children: a systematic review. *Paediatric Anaesthesia*. 2018;28(7):586–594.
37. Riva T, Pedersen TH, Seiler S, et al. Transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange for oxygenation of children during apnea: a randomized controlled trial. *Anesthesiology*. 2018;129(6):1070–1079.
38. Hernández Merino, Á. (2024). *Helsinki Declaration: ethical principles of medical research with human beings. 2024 review*. *Revista de Pediatría de Atención Primaria*, 26(104), 439–443. <https://doi.org/10.60147/fab6cdec>
39. Hansen G, Weber U, Schmidt J. Oxygen consumption and functional residual capacity in infants and children. *Pediatric Pulmonology*. 1993;16(6):353–358.
40. Weiss M, Gerber AC. Rapid sequence induction in children. *Paediatric Anaesthesia*. 2010;20(4):295–306.
41. Szmuk P, Ezri T, Evron S, et al. A brief history of tracheal intubation and airway management. *Anesthesia & Analgesia*. 2008;107(3):858–869.
42. Cook TM, Woodall N, Frerk C. Major complications of airway management in the United Kingdom: results of the Fourth National Audit Project. *British Journal of Anaesthesia*. 2011;106(5):617–631.
43. Walker RW. Management of the difficult airway in children. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 2001;94(7):341–344.
44. Black AE, Hatch DJ, Nauth-Misir N. Complications of pediatric airway management. *Paediatric Anaesthesia*. 1999;9(3):199–205.
45. Bingham RM, Proctor LT. Pediatric airway management. *Current Opinion in Anaesthesiology*. 2008;21(3):309–315.
46. American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice guidelines for management of the difficult airway. *Anesthesiology*. 2022;136(1):31–81.

47. Holmdahl MH. Pulmonary uptake of oxygen, acid-base metabolism, and circulation during prolonged apnea. *Acta Chirurgica Scandinavica Supplementum*. 1956;212:1–128.
48. Humphreys S, Lee-Archer P, Reyne G, et al. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange in children: a review. *Paediatric Anaesthesia*. 2017;27(7):720–728.
49. Langeron O, Bourgain JL, Francon D, et al. Difficult intubation and ventilation in children. *Anesthesiology*. 2002;96(2):390–396.
50. Peták F, Habre W. Mechanisms of perioperative lung injury in children. *Paediatric Anaesthesia*. 2013;23(1):3–10.

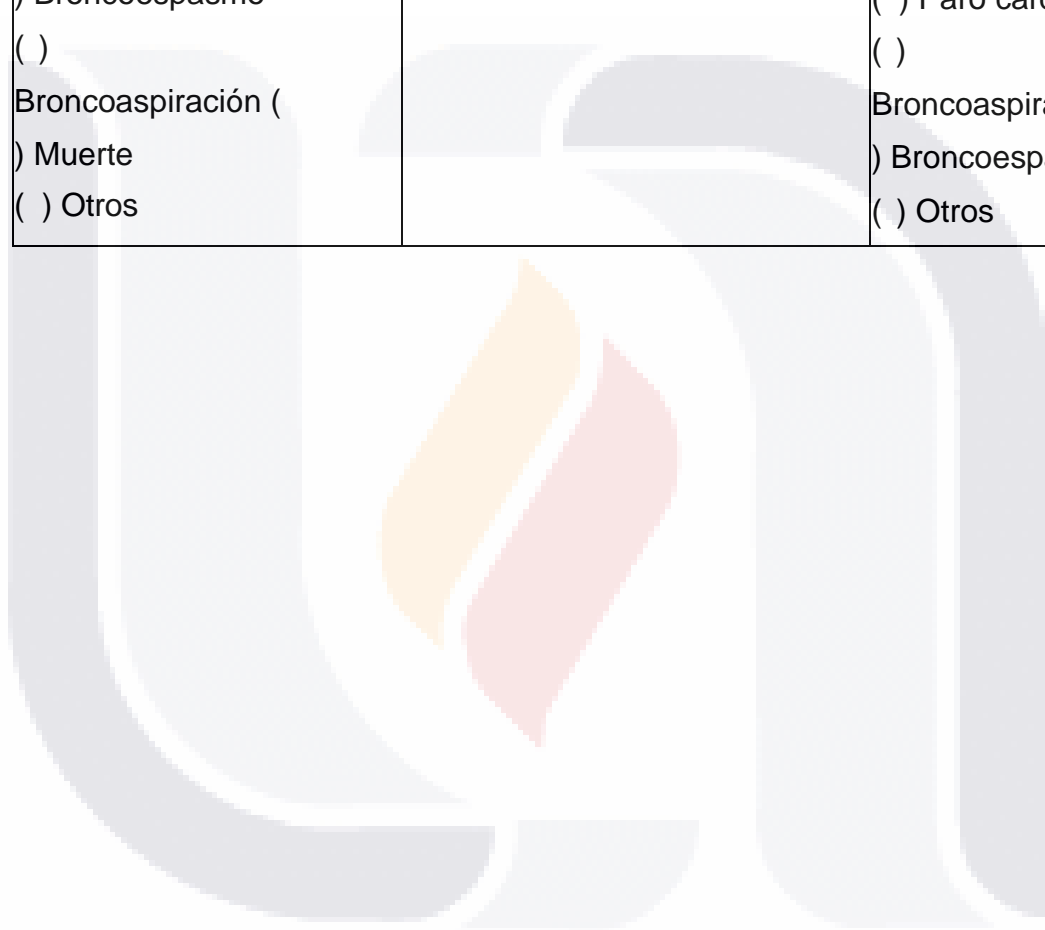
**Anexos**

ANEXO 1. Instrumentos de recolección de la información e instructivos para recolectar información.

“Eficacia y seguridad de la oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal en pacientes pediátricos”

<b>Expediente</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Edad</b>	<b>Sexo</b>
<b>Talla:</b> <b>Peso:</b>	<b>Grupo:</b>	<b>ASA</b>	
<b>Antecedentes patológicos</b>	<b>Premedicación</b>	<b>Inducción inhalada</b>	
<b>Vía aérea anticipada</b>	<b>Experiencia del operador</b>	<b>Intentos</b>	<b>d</b>
<b>Dispositivos</b>	<b>Tiempo de intubación</b>	<b>Intentos de laringoscopia</b>	<b>adverso</b>
<b>Inestabilidad hemodinámica</b>		<b>efectos durante la intubación ( )</b>	<b>Hipoxemia</b>
<b>SI ( ) No ( )</b>			

<p><b>Efectos adversos tardíos (24 horas)</b></p> <p>( ) Atelectasia                  ( )                  Laringoespasma ( )                  Broncoespasmo ( )                  Broncoaspiración ( )                  Muerte ( )                  Otros ( )</p>	<p><b>Oximetría de pulso</b></p>	<p>( ) Bradicardia                  Disminución del 20% de la basal                  ( ) Hipotensión                  Disminución del 20% de la basal                  ( ) Paro cardíaco                  ( )                  Broncoaspiración ( )                  Broncoespasmo ( )                  Otros ( )</p>
---	----------------------------------	---



**ANEXO 2. Definiciones de Riesgo de la Investigación** (Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud): **RIESGO MAYOR AL MÍNIMO** [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf)

**Artículo17.-** Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Para efectos de este Reglamento, las investigaciones se clasifican en las siguientes categorías:

I. **Investigación sin riesgo:** Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

II. **Investigación con riesgo mínimo:** Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, pruebas de agudeza auditiva; electrocardiograma, termografía, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, colección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimiento profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml. en dos meses, excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a individuos o grupos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico, autorizados para su venta,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos de investigación que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, entre otros.

**III.- Investigación con riesgo mayor que el mínimo:** Son aquellas en que las probabilidades de afectar al sujeto son significativas, entre las que se consideran: estudios radiológicos y con microondas, ensayos con los medicamentos y



modalidades que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, ensayos con nuevos dispositivos, estudios que incluyan procedimientos quirúrgicos, extracción de sangre 2% del volumen circulante en neonatos, amniocentesis y otras técnicas invasoras o procedimientos mayores, los que empleen métodos aleatorios de asignación a esquemas terapéuticos y los que tengan control con placebos, entre otros.

### **ANEXO 3. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Existe conflicto de interés potencial o verdadero cuando los compromisos y obligaciones principales están indebidamente influenciadas por otros intereses materiales o personales, **si estos no están debidamente transparentados**. En este formato deberá indicar si usted considera que existe un interés secundario que pudiera influir indebidamente en su responsabilidad de proteger a los sujetos de investigación.

Se le pide que llene el siguiente formato y lo adecue de acuerdo con su investigación (farmacéutica, marca, dispositivos, software, etc.). Todos los investigadores lo deberán llenar y entregar en físico junto con su protocolo en el comité de investigación.

### **CARTA DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Yo Rocío Angélica López García personal adscrito al servicio de Anestesiología y con número de empleado 4952 declaro que durante el tiempo que me encuentre desarrollando las funciones que por ley me correspondan respecto del puesto que tengo asignado, me comprometo en todo momento actuar bajo los más estrictos principios de la ética profesional, y que para el desarrollo del proyecto de investigación titulado: Eficacia y seguridad de la oxigenación apneica durante la intubación orotraqueal de pacientes pediátricos en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo; declaro lo siguiente:

1. No tengo conflicto de interés que declarar

Declaro bajo protesta de decir verdad que la información señalada es correcta.

---

**ROCÍO ANGÉLICA LÓPEZ GARCÍA**

