



HOSPITAL REGIONAL  
ALTA ESPECIALIDAD  
DR. IGNACIO MORONES PRIETO  
SAN LUIS POTOSÍ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DR. IGNACIO MORONES PRIETO

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de Ginecología y Obstetricia.

**“Asociación entre el índice cerebroplacentario y la ocurrencia de resultados perinatales adversos en embarazos únicos de bajo riesgo a término temprano (37.0 a 39.6 semanas de gestación)”**

**Dr. Daniel Iván Aguilar Martínez.**

DIRECTOR CLÍNICO

Dr. José Pablo Ling García.

Medico Ginecologo y obstetra. Subespecialista en medicina materno-fetal.

DIRECTOR METODOLÓGICO

Dra. Úrsula Fabiola Medina Moreno Doctora en Ciencias con Orientación en Farmacología

Febrero 2026



HOSPITAL REGIONAL  
ALTA ESPECIALIDAD  
DR. IGNACIO MORONES PRIETO  
SAN LUIS POTOSÍ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DR. IGNACIO MORONES PRIETO

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de Ginecología y Obstetricia.

**“Asociación entre el índice cerebroplacentario y la ocurrencia de resultados perinatales adversos en embarazos únicos de bajo riesgo a término temprano (37.0 a 39.6 semanas de gestación)”**

**Dr. Daniel Iván Aguilar Martínez**  
**No. de CVU del CONACYT: 1267778**  
**Identificador de ORCID: 0009-0001-2351-9978**

**DIRECTOR CLÍNICO**  
**Dr. José Pablo Ling García**  
**Médico Ginecologo y Obstetra.**  
**Subespecialista en medicina maternofoetal.**  
**No. de CVU del CONACYT: 826839**

**DIRECTOR METODOLÓGICO**  
**Dra. Úrsula Fabiola Medina Moreno**  
**Doctora en Ciencias con Orientación en Farmacología.**  
**No. de CVU del CONACYT: 308929**  
**Identificador de ORCID: 0000-0003-4906-223X**



Asociación entre el índice cerebroplacentario y la ocurrencia de resultados perinatales adversos en embarazos únicos de bajo riesgo a término temprano (37.0 a 39.6 semanas de gestación) © 2026 por Daniel Iván Aguilar Martínez se distribuye bajo Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## RESUMEN

El índice cerebroplacentario (ICP), obtenido de la relación Doppler entre la arteria cerebral media y la arteria umbilical, se ha propuesto como marcador funcional de redistribución hemodinámica fetal e insuficiencia placentaria subclínica, incluso en fetos con crecimiento adecuado para la edad gestacional. **Objetivo:** Determinar la asociación entre el ICP y la ocurrencia de resultados perinatales adversos en embarazos únicos de bajo riesgo a término temprano (37.0–39.6 semanas), así como explorar un posible punto de corte con utilidad clínica. **Sujetos y métodos:** Estudio observacional analítico en 98 pacientes con embarazo único de bajo riesgo a término temprano. Se registraron variables maternas (edad, índice de masa corporal y comorbilidades) y parámetros Doppler fetales (índice de pulsatilidad de arteria umbilical, arteria cerebral media e ICP), incluyendo sus percentiles. Se evaluó la asociación entre el ICP y un desenlace compuesto de resultados perinatales adversos mediante análisis bivariado y regresión logística ajustada. Además, se realizó análisis exploratorio con curva ROC para identificar un posible punto de corte. **Resultados:** El percentil del ICP no mostró diferencias significativas en el análisis bivariado. Sin embargo, el percentil de la arteria cerebral media fue significativamente menor en el grupo con resultados adversos ( $p = 0.004$ ). El percentil de peso fetal estimado fue inferior en el grupo adverso, con diferencia cercana a significancia estadística ( $p = 0.052$ ), y el peso al nacimiento fue significativamente menor. En el modelo ajustado, el ICP como variable continua se asoció significativamente con resultados perinatales adversos (OR 0.27; IC95% 0.07–0.93;  $p = 0.044$ ). Un punto de corte de 1.425 mostró alta especificidad (93.4%) y se asoció con incremento significativo del riesgo (OR 12.5; IC95% 3.49–52.6;  $p < 0.001$ ). **Conclusiones:** En embarazos únicos de bajo riesgo a término temprano, el ICP se asocia con resultados perinatales adversos cuando se analiza como variable continua y mediante un punto de corte exploratorio. El riesgo podría extenderse a fetos con percentiles intermedios bajos de crecimiento, especialmente en presencia de alteraciones hemodinámicas sutiles y comorbilidades maternas.

**Palabras clave:**

Índice cerebroplacentario, Doppler fetal, Arteria cerebral media, Arteria umbilical, Embarazo a término temprano, Resultados perinatales adversos, Crecimiento fetal, Insuficiencia placentaria subclínica, Enfermedad hipertensiva del embarazo, Estratificación de riesgo perinatal

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE DEFINICIONES.....</b>	<b>8</b>
<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>10</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>11</b>
<b>Antecedentes: .....</b>	<b>12</b>
<b>Pregunta de investigación:.....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<b>SUJETOS Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>Análisis estadístico. ....</b>	<b>28</b>
<b>Plan de trabajo: .....</b>	<b>29</b>
<b>Recursos humanos y materiales: .....</b>	<b>30</b>
<b>Aspectos éticos:.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>LIMITACIONES Y NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACION:.....</b>	<b>64</b>
<b>Conclusiones: .....</b>	<b>66</b>
<b>Referencias bibliográficas. ....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Análisis de normalidad de las variables incluidas en el estudio.....	34
Tabla 2. Características sociodemográficas de la población total y comparación según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	38
Tabla 3. Índice de masa corporal (IMC) de la población total y comparación según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	39
Tabla 4. Presencia y tipo de comorbilidades maternas según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	41
Tabla 5. Características obstétricas y gestacionales de la población según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	43
Tabla 6. Tipo de resolución del embarazo y motivo de cesárea según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	45
Tabla 7. Parámetros de peso fetal estimado y peso al nacimiento según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	46
Tabla 8. Parámetros Doppler de arteria umbilical, arteria cerebral media e índice cerebroplacentario según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	49
Tabla 9. Distribución de los eventos perinatales adversos específicos según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	51
Tabla 10. Parámetros hematológicos maternos según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).....	52
Tabla 11. Modelo de regresión logística para la predicción de resultados perinatales adversos utilizando el índice cerebroplacentario como variable continua.....	53
Tabla 12. Desempeño diagnóstico del índice cerebroplacentario para la predicción de resultados perinatales adversos según diferentes puntos de corte.....	55
Tabla 13. Modelo de regresión logística ajustado utilizando el índice cerebroplacentario dicotomizado (<1.425) para la predicción de resultados perinatales adversos.....	55

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama de flujo de inclusión y exclusión de pacientes y clasificación según presencia de resultados perinatales adversos. ....	35
Figura 2. Distribución de la edad materna según presencia de resultados perinatales adversos. ....	36
Figura 3. Distribución de nivel de escolaridad según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	36
Figura 4. Distribución del estado civil según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	37
Figura 5. Distribución del índice de masa corporal (IMC) según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	39
Figura 6. Distribución del tipo de comorbilidades maternas según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	40
Figura 7. Distribución de la edad gestacional (semanas) según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	41
Figura 8. Distribución de la vía de resolución por cesárea según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	42
Figura 9. Proporción de antecedente de aborto en pacientes con y sin resultados perinatales adversos. ....	42
Figura 10. Distribución del motivo de cesárea según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	44
Figura 11. Distribución del peso fetal estimado según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	45
Figura 12. Distribución del percentil del peso fetal estimado según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	45
Figura 13. Comparación de la distribución del peso neonatal al nacimiento entre pacientes con y sin resultados perinatales adversos. ....	46
Figura 14. Distribución del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	48
Figura 15. Distribución del percentil del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	48
Figura 16. Distribución del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). ....	48

Figura 17. Distribución del percentil del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). .....	48
Figura 18. Distribución del índice cerebroplacentario (ICP) según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). .....	48
Figura 19. Distribución del percentil del índice cerebroplacentario según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV). .....	48
Figura 20. Curva ROC del índice cerebroplacentario para la predicción de resultados perinatales adversos (AUC = 0.597). .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- **ACM:** Arteria cerebral media
- **AU:** Arteria umbilical
- **AUC:** Área bajo la curva (Area Under the Curve)
- **CI:** Intervalo de confianza
- **EG:** Edad gestacional
- **FRGP:** Failure to reach growth potential
- **HTA:** Hipertensión arterial
- **IC:** Intervalo de confianza
- **ICP:** Índice cerebroplacentario
- **IMC:** Índice de masa corporal
- **IP:** Índice de pulsatilidad
- **OR:** Odds ratio
- **P:** Valor de probabilidad estadística
- **pH:** Potencial de hidrógeno
- **p10:** Percentil 10
- **p20:** Percentil 20
- **ROC:** Curva característica operativa del receptor (Receiver Operating Characteristic)
- **RPNAV:** Resultado perinatal adverso
- **UCIN:** Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales
- **VPN:** Valor predictivo negativo

## LISTA DE DEFINICIONES

- **Índice cerebroplacentario (ICP):** Relación entre el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media y el índice de pulsatilidad de la arteria umbilical. Se utiliza como marcador Doppler de redistribución hemodinámica fetal y posible insuficiencia placentaria subclínica.
- **Doppler fetal:** Técnica ultrasonográfica que permite evaluar la hemodinamia fetal mediante el análisis de la velocidad y resistencia del flujo sanguíneo en diferentes vasos fetales y placentarios.
- **Arteria cerebral media (ACM):** Vaso intracraneal fetal evaluado mediante Doppler para valorar la resistencia vascular cerebral y detectar fenómenos de redistribución hemodinámica.
- **Arteria umbilical (AU):** Vaso fetal que refleja la resistencia vascular placentaria y se utiliza como indicador indirecto de perfusión útero-placentaria.
- **Embarazo a término temprano:** Gestación comprendida entre las 37.0 y 39.6 semanas de edad gestacional.
- **Resultados perinatales adversos:** Conjunto de desenlaces clínicos desfavorables ocurridos en el periodo perinatal, que pueden incluir asfixia neonatal, ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales, cesárea por estado fetal no tranquilizador, entre otros.
- **Crecimiento fetal:** Proceso de aumento progresivo en tamaño y peso del feto durante la gestación, evaluado mediante estimaciones ecográficas y percentiles para edad gestacional.
- **Insuficiencia placentaria subclínica:** Alteración leve o temprana de la función placentaria que no necesariamente se manifiesta con restricción franca del crecimiento fetal, pero puede asociarse con cambios hemodinámicos detectables por Doppler.
- **Enfermedad hipertensiva del embarazo:** Trastornos caracterizados por elevación de la presión arterial durante la gestación, incluyendo hipertensión gestacional y preeclampsia, asociados con alteraciones en la perfusión uteroplacentaria.

- **Estratificación de riesgo perinatal:** Proceso de clasificación de embarazos según la probabilidad de presentar complicaciones fetales o neonatales, con el objetivo de orientar la vigilancia y toma de decisiones clínicas.

## DEDICATORIAS

A Maryjosse, el amor de mi vida y mi mayor bendición, gracias por sostener mis sueños como tuyos y no soltarme nunca, ni en los días más difíciles.

A Claudia, mi mamá, por tu amor incondicional, por tu esfuerzo silencioso y por enseñarme con el ejemplo a nunca rendirme. Gracias por creer en mí en cada etapa de mi vida y por ser siempre mi mayor fortaleza.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Maryjosse, mi esposa, un agradecimiento profundamente especial, por caminar conmigo durante mas de once años, por sostenerme en momentos de duda y cansancio, y por no soltar mi mano cuando el camino se volvió exigente. Este logro se debe a tu amor, tu paciencia, tu fe inquebrantable en mi, este logro en gran parte es tuyo.

A mi mamá, por ser mi raíz y mi impulso, por abrazar mis caídas y celebrar mis victorias; tu amor es el cimiento de cada uno de mis logros. A mi papá gracias por tu apoyo a pesar de la distancia, se que estuve en tus oraciones.

A Alexis, mi hermano, por tu apoyo incondicional, por recordarme de donde vengo, y por estar cuando te necesite, tenerte como hermano es un orgullo.

A mis compañeros de residencia, por las guardias interminables, el aprendizaje compartido y la amistad que nació en medio del cansancio. Crecimos juntos, profesional y personalmente.

A mis médicos adscritos del servicio de Ginecología y Obstetricia, expreso mi más profundo agradecimiento por su guía, enseñanza y ejemplo a lo largo de mi formación como especialista.

Gracias por compartir no solo sus conocimientos y experiencia clínica, sino también su criterio, disciplina y compromiso con la medicina. Cada enseñanza, cada corrección y cada oportunidad brindada han sido fundamentales en mi desarrollo profesional y personal.

A quienes, de una u otra forma, contribuyeron a mi formación y a este logro.

## **Antecedentes:**

La evaluación del bienestar fetal en el embarazo a término sigue siendo un reto clínico crucial, particularmente en mujeres con gestaciones que han evolucionado sin complicaciones aparentes. Tradicionalmente, los embarazos de término con fetos apropiados para la edad gestacional (AGA) han sido considerados de bajo riesgo; sin embargo, se estima que entre el 2 y el 3% de estos embarazos presentan resultados perinatales adversos, tales como asfixia neonatal, ingreso a unidades de cuidados intensivos neonatales (UCIN), requerimiento de cesárea urgente por estado fetal no tranquilizador o APGAR menor a 5 puntos a los 5 minutos (1).

La hipoxia crónica subclínica, secundaria a una insuficiencia placentaria de inicio tardío, puede pasar desapercibida en fetos con crecimiento aparentemente normal. Estos casos suelen no ser identificados mediante métodos estándar como la biometría fetal o el monitoreo cardiotocográfico intraparto. En este contexto, ha cobrado relevancia la evaluación hemodinámica fetal a través de ultrasonido Doppler, una técnica no invasiva que permite estudiar la circulación fetal y detectar signos tempranos de redistribución sanguínea, antes de que se manifiesten alteraciones en otros parámetros (2).

El Doppler fetal permite analizar el flujo en vasos clave como la arteria umbilical (AU), la arteria cerebral media (ACM) y el ductus venoso, proporcionando información indirecta sobre la función placentaria y la compensación fetal frente a un ambiente hipóxico. Cuando existe hipoxia fetal, se activa una respuesta adaptativa conocida como "brain-sparing", caracterizada por una disminución de la resistencia cerebral y un aumento de la resistencia en la circulación umbilical. Esta redistribución hemodinámica se traduce en alteraciones específicas en los índices Doppler: disminución del índice de pulsatilidad (IP) de la arteria cerebral media e incremento del IP de la arteria umbilical (3).

Para integrar ambos parámetros, en 1987 Arbeille et al. propusieron el índice cerebroplacentario (ICP) o cerebroplacentar ratio (CPR), definido como el cociente entre el IP de la ACM y el IP de la AU. En condiciones normales, el ICP debe ser mayor

a 1.0, dado que la resistencia vascular cerebral supera la placentaria. La disminución de este índice se considera un marcador de redistribución de flujo y, por tanto, un indicador indirecto de hipoxia crónica. Su medición es segura, reproducible y se puede realizar a partir del segundo trimestre, aunque su mayor valor predictivo se ha observado en las últimas semanas de gestación (4).

Diversos estudios han demostrado que el índice cerebroplacentario (ICP) posee mayor sensibilidad para predecir eventos adversos perinatales que los índices de cada vaso por separado. En un metaanálisis reciente de Packet et al., que incluyó más de 11,000 embarazos a término, un ICP anormal se asoció con mayor riesgo de sufrimiento fetal intraparto (OR 3.19), parto operatorio por estado fetal no tranquilizador (OR 2.48), puntuaciones de Apgar <7 al quinto minuto (OR 3.64) e ingreso a UCIN (OR 2.71) (5). Asimismo, el mismo análisis mostró que un ICP patológico se relacionó con menor peso al nacimiento, aún en fetos considerados AGA, evidenciando la capacidad del índice para identificar disfunción placentaria que no se expresa únicamente por restricción del crecimiento.

El estudio retrospectivo de Mecke et al. (2023) refuerza esta noción. En su cohorte de 710 fetos AGA, aquellos con ICP <1.08 presentaron una tasa significativamente mayor de cesárea por estado fetal no tranquilizador (29.3% vs. 9.0%,  $p < 0.001$ ), ingreso a UCIN (26.8% vs. 11.2%,  $p = 0.011$ ) y morbilidad neonatal severa (4.9% vs. 0.3%,  $p = 0.018$ ), a pesar de tener biometrías fetales dentro de rangos normales (6). Estos hallazgos sustentan la hipótesis de que una proporción significativa de fetos con crecimiento adecuado podría presentar hipoxia crónica no diagnosticada, detectable únicamente mediante Doppler fetal.

El ensayo clínico aleatorizado RATIO37, publicado en The Lancet en 2024, evaluó si la incorporación del ICP a la evaluación ecográfica estándar podía modificar los resultados perinatales en mujeres con embarazo de bajo riesgo entre las 36 y 37.6 semanas. Aunque no se evidenció una reducción significativa en la mortalidad perinatal, sí se observó una disminución de la morbilidad neonatal severa (OR 0.58, IC95% 0.40–0.83) en el grupo en el que se utilizó el ICP como criterio de decisión para el parto (7). Este estudio representa la evidencia más robusta disponible hasta la fecha

sobre la utilidad del ICP como herramienta complementaria en la atención obstétrica de rutina en embarazos de término.

En años recientes, la investigación en torno al índice cerebroplacentario ha trascendido el ámbito observacional para explorar su impacto en escenarios clínicos específicos del embarazo a término. Ensayos multicéntricos recientes han evaluado estrategias de manejo guiadas por ICP en mujeres con disminución de movimientos fetales, demostrando que su incorporación puede mejorar la estratificación del riesgo incluso en fetos no pequeños para la edad gestacional (16,17). Asimismo, estudios contemporáneos han señalado que la precisión predictiva del ICP puede variar según la edad gestacional al momento de la medición, con mayor rendimiento en las últimas semanas del embarazo, particularmente cuando se evalúa previo a la inducción del trabajo de parto (18,20). Estas investigaciones refuerzan la noción de que el ICP no solo actúa como marcador diagnóstico, sino como posible herramienta de toma de decisiones clínicas individualizadas en el embarazo a término.

No obstante, aún existe variabilidad en los puntos de corte utilizados para definir un ICP patológico. Algunos estudios proponen umbrales absolutos como  $<1.08$  o  $<1.0$ , mientras que otros sugieren utilizar percentiles ajustados a la edad gestacional. Esta heterogeneidad metodológica refleja la necesidad de realizar investigaciones locales que definan valores de referencia propios, considerando las características poblacionales específicas (6,7).

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento del índice de pulsatilidad de la ACM, la AU y del ICP en gestantes entre las 37 y 39.6 semanas de gestación, y analizar su asociación con resultados perinatales adversos tales como asfixia neonatal, ingreso a UCIN, cesárea por estado fetal no tranquilizador y puntuación Apgar menor a 5 puntos a los 5 minutos. Particularmente, se busca determinar a partir de qué percentil del ICP se incrementa el riesgo de dichos eventos en nuestra población, contribuyendo a fortalecer las estrategias de cribado y toma de decisiones en el tercer trimestre del embarazo.

En las últimas décadas, el uso del ultrasonido Doppler ha evolucionado de ser una herramienta reservada para embarazos de alto riesgo, a una técnica con potencial

valor predictivo incluso en poblaciones obstétricas consideradas como de bajo riesgo. Esta ampliación del espectro clínico ha motivado múltiples esfuerzos por validar su utilidad como método de cribado en embarazos a término, con especial interés en parámetros como el índice cerebroplacentario (ICP), el índice de pulsatilidad de la arteria umbilical (IP AU) y de la arteria cerebral media (IP ACM) (8).

Una revisión sistemática realizada por Alfirevic et al., publicada por la Cochrane Collaboration, evaluó el impacto del Doppler fetal y umbilical en embarazos normales y no seleccionados. A pesar de que los resultados globales no mostraron diferencias estadísticamente significativas en mortalidad perinatal, algunos subgrupos evidenciaron un beneficio clínico importante, especialmente en cuanto a reducción de muertes fetales atribuibles a restricción del crecimiento intrauterino no reconocida. La revisión subraya que muchos de los estudios disponibles carecen de poder estadístico suficiente para detectar diferencias en desenlaces poco frecuentes, como muerte perinatal o morbilidad neonatal severa. Sin embargo, plantea la hipótesis de que incluso una única evaluación Doppler, si es realizada estratégicamente, podría contribuir a disminuir eventos prevenibles, aunque este efecto debe confirmarse con estudios mejor diseñados (9).

El papel de la placenta como regulador hemodinámico del feto durante el trabajo de parto ha cobrado especial interés recientemente. En este contexto, Novillo-del Álamo et al. llevaron a cabo una revisión sistemática que incluyó 14,823 pacientes y 16 estudios observacionales, enfocándose en la relación entre el ICP y la indicación de cesárea de urgencia por compromiso fetal intraparto (IFC). Su análisis mostró que un ICP bajo se asocia significativamente con mayor riesgo de cesárea por IFC, si bien el valor predictivo varió ampliamente entre los estudios debido a la heterogeneidad metodológica. Esta variabilidad se atribuye a diferencias en el momento de la medición del ICP respecto al parto, así como al perfil clínico de las pacientes incluidas (por ejemplo, con inducción versus trabajo de parto espontáneo) (10).

A pesar de ello, los autores concluyen que la evaluación del ICP antes del inicio del trabajo de parto podría ser útil para estratificar el riesgo obstétrico, incluso en fetos con peso adecuado para la edad gestacional (AGA). Esta evidencia refuerza el papel del

ICP como herramienta de tamizaje funcional, especialmente en la etapa final del embarazo (10).

Por su parte, Stumpfe et al. analizaron retrospectivamente a más de 3,300 embarazos únicos en el Hospital Universitario de Erlangen (Alemania), con el fin de comparar el valor predictivo del ICP frente al índice umbilicocerebral (UCR), una variante matemática inversa del ICP. Si bien ambos índices se correlacionaron con resultados adversos, como Apgar <7 al minuto 5, ingreso a UCIN y cesárea de urgencia, no se demostró una ventaja clara de uno sobre otro. No obstante, el estudio enfatiza que, en fetos con crecimiento adecuado, el ICP sigue siendo una herramienta útil para detectar disfunción placentaria moderada que no se manifiesta necesariamente con restricción del crecimiento (11).

Además, los autores sugieren que el uso de valores ajustados por edad gestacional mediante múltiplos de la mediana (MoM) podría mejorar la discriminación del ICP como herramienta diagnóstica. El análisis de cohortes prolongadas —aquellas con edad gestacional  $\geq 41$  semanas— reveló que el deterioro hemodinámico puede intensificarse en ausencia de crecimiento fetal aparente, lo cual refuerza la necesidad de incorporar el Doppler funcional como parte de la valoración prenatal integral en la etapa final del embarazo (11).

La fisiopatología subyacente a estos hallazgos se basa en la capacidad limitada del feto para compensar la hipoxia durante el trabajo de parto. Según se ha documentado, la perfusión uteroplacentaria puede disminuir hasta en un 50% durante las contracciones uterinas, activando reflejos quimiorreceptores fetales que inducen redistribución del flujo sanguíneo hacia órganos nobles como el cerebro, el corazón y las glándulas suprarrenales. Esta adaptación hemodinámica es detectable por Doppler incluso antes de que exista alteración en la frecuencia cardíaca fetal, razón por la cual el ICP podría anticipar signos de compromiso que otros métodos clínicos no logran evidenciar (12).

El monitoreo del bienestar fetal ha experimentado un avance significativo gracias a la incorporación de técnicas de diagnóstico no invasivas como la ecografía Doppler. Esta herramienta ha permitido una evaluación detallada de la hemodinámica fetal y

placentaria, siendo fundamental para la detección temprana de condiciones de riesgo como la restricción del crecimiento intrauterino (RCIU) y la hipoxia fetal, las cuales impactan directamente en el pronóstico perinatal (13).

En este contexto, el Doppler de la arteria umbilical (AU) y de la arteria cerebral media (ACM) se han establecido como pilares en la vigilancia fetal, particularmente en embarazos de alto riesgo. La AU refleja la resistencia vascular placentaria, mientras que la ACM proporciona información sobre la redistribución del flujo sanguíneo hacia órganos vitales del feto, fenómeno conocido como "brain-sparing effect". La combinación de ambos parámetros ha dado lugar al índice cerebroplacentario (ICP), que se calcula como la relación entre el índice de pulsatilidad (IP) de la ACM y el de la AU (4,13).

Diversos estudios han demostrado que un ICP disminuido puede ser indicativo de una redistribución cerebral secundaria a hipoxia crónica, lo que se ha correlacionado con resultados perinatales adversos, incluyendo acidosis neonatal, admisión a unidad de cuidados intensivos neonatales y cesáreas de urgencia por compromiso fetal. Específicamente, un ICP por debajo del percentil 10 ha sido asociado con un incremento significativo en la tasa de cesáreas por compromiso fetal intraparto (10,14), aunque su valor predictivo puede variar según el momento de su medición y las características clínicas de la población estudiada.

Una revisión sistemática reciente realizada por Novillo-del Álamo et al. concluyó que un ICP bajo se relaciona con mayor riesgo de cesárea por IFC, aunque el valor predictivo de este indicador es limitado debido a la heterogeneidad entre los estudios, tanto en el diseño metodológico como en el momento de la evaluación del Doppler respecto al inicio del trabajo de parto. Sin embargo, algunos autores proponen que su utilidad clínica podría incrementarse si se utiliza como herramienta de estratificación de riesgo en el control prenatal tardío, permitiendo planificar intervenciones oportunas que prevengan desenlaces adversos (10).

Por otra parte, estudios como el de Morales-Roselló et al. han comparado el ICP con otros marcadores Doppler, como el índice de pulsatilidad del ductus venoso (DV PI), en poblaciones de alto riesgo antes y después de las 34 semanas de gestación. Los

hallazgos evidencian que, si bien el DV PI es útil para monitorizar la progresión hemodinámica fetal, el ICP muestra mayor capacidad predictiva para desenlaces perinatales adversos, independientemente de la edad gestacional. La precisión predictiva del ICP, además, se mantiene cuando se ajusta por edad gestacional al parto, lo que refuerza su utilidad como biomarcador clínico (14).

La estandarización de la técnica de medición del ICP es otro aspecto crucial. La calidad de las imágenes Doppler influye directamente en la precisión de los índices obtenidos. En este sentido, Rial-Crestelo et al. propusieron un sistema objetivo de evaluación de calidad basado en seis criterios: sitio anatómico adecuado, magnificación, ángulo de insonación, claridad de la imagen, velocidad del barrido y ajuste de la escala de velocidad. La implementación de este sistema permitió comprobar una alta confiabilidad inter e intraevaluador en estudios multicéntricos, incluso en poblaciones obstétricas de bajo riesgo, como se evidenció en el ensayo clínico RATIO37 (7,15).

A pesar de los avances en la valoración del ICP y otros índices Doppler, persiste la necesidad de optimizar su uso en la práctica clínica diaria. Por ejemplo, el momento ideal para su medición, la población gestante que más se beneficia de su evaluación rutinaria y su integración con otros factores clínicos, como el peso fetal estimado (EFW) y las condiciones cervicales, son aún objeto de debate. La heterogeneidad en los protocolos de estudio y la falta de consenso sobre puntos de corte estandarizados limitan su implementación universal (9,14).

No obstante, la creciente evidencia respalda su inclusión como herramienta complementaria para la toma de decisiones obstétricas, especialmente en contextos donde los métodos tradicionales de monitoreo fetal pueden resultar insuficientes. En este sentido, el ICP representa un marcador sensible de hipoxia fetal subclínica, capaz de anticipar eventos adversos incluso en fetos con peso adecuado para la edad gestacional (AGA), los cuales tradicionalmente han sido considerados de bajo riesgo (5,6,14).

Paralelamente, han surgido propuestas de índices Doppler combinados, como la relación cerebroplacentaria-uterina (CPUR) y el índice amniótico-umbilical-cerebral (AUCR), con el objetivo de optimizar la discriminación del riesgo perinatal en

embarazos aparentemente normales (28,30). No obstante, comparaciones recientes han demostrado que, si bien estos modelos pueden aportar valor adicional en contextos específicos, el ICP continúa siendo un marcador robusto, reproducible y clínicamente aplicable (26,27). Además, estudios en poblaciones no seleccionadas a término han evidenciado que su capacidad predictiva es moderada pero consistente, particularmente cuando se analiza en conjunto con variables clínicas como el peso fetal estimado o el contexto de inducción (19,21,22,29). Estos hallazgos subrayan la importancia de continuar investigando puntos de corte poblacionalmente relevantes que permitan maximizar su utilidad clínica.

Finalmente, estos hallazgos respaldan la integración del ICP en algoritmos de vigilancia prenatal y toma de decisiones obstétricas en el embarazo a término. Aunque persisten controversias en cuanto al punto de corte óptimo y su aplicabilidad universal, la literatura reciente converge en que el ICP bajo refleja un estado funcional vulnerable del feto ante el estrés del trabajo de parto, siendo particularmente útil en contextos donde no existe restricción evidente del crecimiento fetal (5,7,11).

Pregunta de investigación:

¿Existirá relación entre el índice cerebroplacentario (ICP), la presencia de comorbilidades maternas y peso adecuado para edad gestacional con el riesgo de presentar resultados perinatales adversos, específicamente asfixia neonatal, ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) y cesárea por estado fetal no tranquilizador, en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación?

Justificación.

En obstetricia, uno de los principales objetivos es identificar oportunamente a los fetos en riesgo de desenlaces perinatales adversos, incluso cuando no presentan signos clínicos evidentes de compromiso. Tradicionalmente, se ha asumido que los embarazos de término con fetos con crecimiento adecuado para la edad gestacional

(AGA) representan una población de bajo riesgo. Sin embargo, múltiples estudios han demostrado que un porcentaje no despreciable de estos embarazos puede presentar asfixia neonatal, necesidad de ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) o requerir cesárea urgente por estado fetal no tranquilizador, a pesar de no mostrar alteraciones en los parámetros biométricos o clínicos convencionales.

La vigilancia fetal intraparto basada únicamente en la biometría fetal, movimientos fetales o monitoreo cardiotocográfico puede ser insuficiente para identificar disfunción placentaria de inicio tardío, una condición que puede pasar inadvertida en fetos AGA. En este contexto, el ultrasonido Doppler ha emergido como una herramienta no invasiva y accesible para evaluar de forma indirecta la función placentaria y la redistribución hemodinámica fetal. Entre los parámetros Doppler, el **índice cerebroplacentario (ICP)** calculado como el cociente entre el índice de pulsatilidad (IP) de la arteria cerebral media (ACM) y el IP de la arteria umbilical (AU) ha demostrado ser un marcador sensible de hipoxia fetal crónica subclínica, incluso en ausencia de restricción del crecimiento intrauterino.

Diversos estudios han evidenciado que un ICP disminuido se asocia con mayor riesgo de resultados perinatales adversos, incluyendo parto operatorio, bajo puntaje de Apgar e ingreso a UCIN. Sin embargo, a pesar de esta asociación, persiste una notable heterogeneidad en los puntos de corte utilizados para definir un ICP patológico. Algunos trabajos emplean valores absolutos (por ejemplo,  $<1.0$  o  $<1.08$ ), mientras que otros utilizan percentiles ajustados por edad gestacional o múltiplos de la mediana (MoM). Además, la mayoría de los estudios se han realizado en poblaciones europeas o asiáticas, por lo que **la aplicabilidad directa de estos puntos de corte a otras poblaciones, como la mexicana, es incierta.**

En México, no existen estudios que establezcan el percentil del ICP a partir del cual se incrementa de manera significativa el riesgo de resultados perinatales adversos en embarazos de bajo riesgo entre las 37 y 39.6 semanas. Esta laguna de conocimiento limita la posibilidad de utilizar de forma sistemática este parámetro como herramienta de cribado en la práctica clínica nacional. Identificar este punto de corte local permitiría anticipar complicaciones perinatales en pacientes sin factores de riesgo evidentes,

mejorando así la toma de decisiones sobre la vigilancia fetal y el momento oportuno del parto.

El presente estudio busca generar evidencia local y clínica sólida que contribuya a establecer un umbral de ICP funcionalmente útil en la evaluación fetal de embarazos a término en población mexicana. Esta información podría ser valiosa para optimizar los protocolos de vigilancia fetal, reducir la morbilidad neonatal y racionalizar el uso de intervenciones obstétricas, con un enfoque preventivo y costo-efectivo en el sistema de salud.

Por tanto, la realización de esta investigación es pertinente, actual y necesaria, ya que aporta al entendimiento del valor pronóstico del Doppler fetal en embarazos aparentemente normales, propone una aplicación clínica concreta y responde a una necesidad no resuelta en nuestro contexto obstétrico nacional.

#### Hipótesis.

Existe relación entre el índice cerebroplacentario (ICP), la presencia de comorbilidades maternas y peso adecuado para edad gestacional con el riesgo de presentar resultados perinatales adversos, específicamente asfixia neonatal, ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) y cesárea por estado fetal no tranquilizador, en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.

#### Objetivos.

- **Objetivo general:** Evaluar la relación entre el índice cerebroplacentario (ICP), la presencia de comorbilidades maternas y peso adecuado para edad gestacional con el riesgo de presentar resultados perinatales adversos (asfixia neonatal, ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales y cesárea por estado fetal no tranquilizador) en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.
- **Objetivos específicos:**

- Evaluar variables sociodemográficas y comorbilidades en las embarazadas de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.
  - Determinar el valor de la arteria umbilical en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.
  - Determinar el valor de la arteria cerebral media en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.
  - Determinar el valor del índice cerebroplacentario a partir del valor de la arteria umbilical y la arteria cerebral media en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.
  - Determinar la presencia de resultados perinatales adversos, como asfixia neonatal, ingreso a UCIN y cesárea por estado fetal no tranquilizador, en la población estudiada.
  - Analizar la asociación entre los percentiles del índice cerebroplacentario y la ocurrencia de resultados perinatales adversos.
- **Objetivos secundarios**
    - Estimar la prevalencia de valores bajos del índice cerebroplacentario en embarazos únicos de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 semanas de gestación.
    - Determinar por curva ROC el percentil del índice cerebroplacentario a partir del cual se incrementa el riesgo de desenlaces perinatales adversos.

## SUJETOS Y MÉTODOS

### **Diseño del estudio.**

Tipo de estudio: cohorte prospectiva

### **Metodología:**

### **Lugar de realización:**

Hospital Regional de Alta Especialidad “Dr. Ignacio Morones Prieto”, San Luis Potosí.

**Universo de estudio:** Embarazadas en tercer trimestre entre la semana 37 a 39.6 de gestación en el área de obstetricia del Hospital Regional de Alta Especialidad “Dr. Ignacio Morones Prieto”.

**Criterios de inclusión:**

- Embarazo único.
- Edad gestacional entre 37.0 y 39.6 semanas, determinada por ultrasonido del primer trimestre.
- Feto con peso estimado adecuado para la edad gestacional, definido entre los percentiles 10 y 90.
- Embarazos clasificados como de bajo riesgo, incluyendo hipertensas,
- Disposición para el seguimiento hasta el nacimiento y evaluación del recién nacido.
- Firma del consentimiento informado por parte de la paciente.

**Criterios de exclusión:**

- Embarazo múltiple.
- Diagnóstico de restricción del crecimiento intrauterino (RCIU).
- Presencia de malformaciones fetales mayores o anomalías cromosómicas conocidas.
- Patologías maternas que condicionen indicación de interrupción electiva del embarazo (por ejemplo, preeclampsia grave, diabetes mellitus mal controlada, placenta previa, colestasis intrahepática severa).
- Programación de cesárea electiva sin indicación fetal.
- Rechazo a participar en el estudio o falta de consentimiento informado firmado.

**Criterios de eliminación:**

- Pacientes que previamente aceptaron participar en el estudio y posteriormente decidan retirarse del mismo.

- Pacientes que previamente se incluyeron en el estudio, se realizó ultrasonido Doppler y la resolución del embarazo fue en otra unidad hospitalaria.
- Cambio en la clasificación del embarazo de bajo riesgo a alto riesgo durante el seguimiento (preeclampsia severa).
- Pérdida de seguimiento o retiro voluntario de la madre antes de completar la recolección de datos.

Cuadro de Variables:

<b>Dependiente</b>				
<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores posibles</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>Eventos perinatales de riesgo</b>	Presencia de al menos uno de los siguientes: asfixia neonatal, ingreso a UCIN o cesárea por estado fetal no tranquilizador.	Sí / No	N/A	Cualitativa dicotómica nominal (compuesta)
<b>Independiente</b>				
<b>Índice cerebroplacentario (ICP)</b>	Cociente entre el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media (ACM) y el de la arteria umbilical (AU) obtenidos mediante Doppler fetal.	ICP $\geq$ 1.0 (normal), ICP $<$ 1.0 (alterado)	Índice (sin unidad)	Cuantitativa continua / dicotómica derivada
<b>Comorbilidades maternas</b>	Presencia de al menos uno de los siguientes: Hipertensión gestacional o Diabetes gestacional en control	Sí / No	N/A	Cualitativa dicotómica nominal

<b>Peso adecuado para edad gestacional</b>	Peso registrado en la HC del recién nacido	Sí / No	N/A	Cualitativa dicotómica nominal
<b>Variables de Control (confusoras)</b>				
<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores posibles</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>Ingreso a UCIN</b>	Ingreso del recién nacido a unidad de cuidados intensivos neonatales inmediatamente después del nacimiento.	Sí / No	N/A	Cualitativa dicotómica nominal
<b>Cesárea por estado fetal no tranquilizador</b>	Cesárea realizada por hallazgos de sufrimiento fetal o alteraciones en la frecuencia cardiaca fetal.	Sí / No	N/A	Cualitativa dicotómica nominal
<b>Asfixia neonatal</b>	Presencia de pH de arteria umbilical < 7.10 y/o puntuación de Apgar < 7 a los 5 minutos.	Sí / No	N/A	Cualitativa dicotómica nominal
<b>Edad gestacional</b>	Edad de gestación al momento del nacimiento calculada por FUM o ecografía temprana.	37.0 – 39.6 semanas	Semanas	Cuantitativa continua
<b>Edad materna</b>	Edad cronológica de la madre en años cumplidos al momento del parto.	≥ 18 años	Años	Cuantitativa discreta
<b>Paridad</b>	Número de partos previos (vivos o muertos) de la madre.	0, 1, 2, etc.	Conteo	Cuantitativa discreta
<b>Sexo del recién nacido</b>	Sexo biológico del neonato determinado al nacimiento.	Masculino / Femenino	N/A	Cualitativa dicotómica nominal

**Tipo de muestreo:** consecutivo por conveniencia hasta completar el tamaño de la muestra propuesto.

**Cálculo del tamaño de la muestra:** dado que se plantea un modelo de regresión logística y de acuerdo con lo propuesto por Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T. R., & Feinstein, A. R. (1996), donde se consideren la presencia de resultados perinatales adversos (si/no) explicado por el índice cerebroplacentario (ICP, variable continua), comorbilidades maternas (si/no) y peso adecuado para edad gestacional (si no). Así mismo, se considera una prevalencia del evento perinatal adverso (outcome): 30 % (Asfixia: 0.45%, estado fetal no tranquilizador: 45.5%, ingreso a UCIN: 42.5% (16,17,18); , por lo que se requiere un mínimo de **100 participantes**.

### Estrategia de búsqueda bibliográfica

Pregunta PICO

Paciente	Intervención	Comparación	Resultado
Embarazadas de bajo riesgo entre las 37.0 y 39.6 SDG.	Comorbilidades maternas y peso adecuado para edad gestacional	índice cerebroplacentario	Resultados perinatales adversos (asfixia neonatal, ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales y cesárea por estado fetal no tranquilizador)

Cuadro de Descriptores:

Palabra clave	Decs	Sinónimos	Mesh	Synonyms	Definition
1. Embarazadas	Embarazo	Gestación	Pregnancy	Pregnancies Gestation	Estado durante el que los mamíferos hembras llevan a sus crías en desarrollo (EMBRIÓN o FETO) en el útero, antes de nacer, desde la FERTILIZACIÓN hasta el NACIMIENTO.
2. Resultados perinatales adversos	-	-	Adverse perinatal outcomes	-	Complicaciones que ocurren durante el embarazo, el

					parto o el período postnatal temprano, afectando tanto a la madre como al recién nacido.
3. Asfixia neonatal	asfixia neonatal	-	Asphyxia Neonatorum	-	Insuficiencia respiratoria del neonato.
4. Índice cerebroplacentario	-	-	Cerebro-placentar ratio	-	Relación ecográfica que compara el flujo sanguíneo en la arteria cerebral media fetal con el flujo sanguíneo en la arteria umbilical.
5. Comorbilidades	Comorbilidades Asociadas	-	Comorbidity		Presencia de enfermedades coexistentes o adicionales en relación al diagnóstico inicial o con respecto a la condición señalizadora sujeto del estudio.
6. Peso adecuado para edad gestacional	-	-	Appropriate for gestational age	-	Peso del recién nacido entre los percentiles 10 y 90 para la edad gestacional.

Fuente de información	Estrategia de búsqueda	Limites	Filtros (título, resumen, criterios de selección)	Total
PubMed	((("Pregnancy"[MeSH Terms] OR "Pregnancy"[MeSH Terms] OR "Pregnancy"[MeSH Terms] OR ("Gestation"[Title/Abstract] OR "Pregnancies"[Title/Abstract] OR "Pregnancy"[Title/Abstract])) AND "adverse perinatal outcomes"[Title/Abstract])	10 años, SR, Met		6

	AND ("cerebro placentaratio"[Title/Abstract] OR "cerebroplacentaratio"[Title/Abstract])) AND ((y_10[Filter] AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter]))			
PubMed	((("Pregnancy"[MeSH Terms] OR "Pregnancy"[MeSH Terms] OR "Pregnancy"[MeSH Terms] OR ("Gestation"[Title/Abstract] OR "Pregnancies"[Title/Abstract] OR "Pregnancy"[Title/Abstract])) AND ("cerebro placentaratio"[Title/Abstract] OR "cerebroplacentaratio"[Title/Abstract]) AND "asphyxia neonatorum"[Title/Abstract] AND "Comorbidity"[Title/Abstract]) AND ((y_10[Filter] AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter]))			0
BVS	(pregnancy) AND (adverse perinatal outcomes) AND (cerebro placentaratio) AND instance:"lilacsplus"			1
Otras				

#### Análisis estadístico.

Se utilizó estadística descriptiva y analítica como a continuación se describe:

- La normalidad de las variables continuas fue verificada mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante prueba de Levene.
- Las variables cuantitativas fueron evaluadas mediante medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar o mediana y rango intercuartílico, según distribución). Las variables cualitativas se expresaron en frecuencias absolutas y relativas.

- Posteriormente, se realizó un modelo de regresión logística binaria para estimar la fuerza de asociación entre la presencia de eventos perinatales adversos, ajustando por variables como el índice cerebroplacentario (ICP, variable continua), comorbilidades maternas (si/no) y peso adecuado para edad gestacional (si no).
- Se considerará un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo. El análisis se realizó en el programa estadístico Rstudio en su última versión.

#### Plan de trabajo:

1. Revisión y búsqueda sistemática de la literatura científica actual relacionada con Doppler fetal, índice cerebroplacentario (ICP) y desenlaces perinatales adversos, seguida de la redacción del protocolo de investigación.
2. Presentación del protocolo ante el Comité de Ética e Investigación en Salud del Hospital Regional de Alta Especialidad “Dr. Ignacio Morones Prieto” para su evaluación, aprobación y dictamen.
3. Capacitación inicial al personal médico encargado del reclutamiento y realización de estudios Doppler (materno-fetal), con estandarización del método de medición del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical (AU), arteria cerebral media (ACM) y cálculo del índice cerebroplacentario (ICP).
4. Recolección prospectiva de datos clínicos y ultrasonográficos de mujeres embarazadas que cumplan los criterios de inclusión, entre las semanas 37.0 y 39.6 de gestación, durante el período de agosto a noviembre de 2025 (desarrollar)
5. Seguimiento de los casos incluidos hasta el nacimiento para documentar los desenlaces perinatales: cesárea por estado fetal no tranquilizador, Apgar  $<5$  a los 5 minutos, asfixia neonatal e ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN).
6. Registro y consolidación de la información en una base de datos electrónica codificada, asegurando la confidencialidad de las participantes.

7. Análisis estadístico de los datos obtenidos para identificar la asociación entre los valores del ICP y los resultados perinatales adversos, y determinar el percentil a partir del cual se incrementa el riesgo en la población estudiada.
8. Redacción del manuscrito de tesis con la interpretación de resultados, discusión y conclusiones.

### **Recursos humanos y materiales:**

#### Recursos humanos:

- Tesista: Médico residente de cuarto año de la especialidad en Ginecología y Obstetricia. Será responsable de la elaboración del protocolo, recolección de datos clínicos y perinatales, seguimiento de las pacientes incluidas, integración de los resultados y redacción del manuscrito de tesis.
- Investigador principal: Médico especialista en Medicina Materno Fetal. Brindará asesoría académica durante todo el desarrollo del proyecto y será el encargado de realizar los estudios ecográficos y Doppler obstétrico, asegurando la estandarización técnica en la medición del índice de pulsatilidad (IP) de la arteria cerebral media, arteria umbilical e índice cerebroplacentario (ICP).
- Asesora metodológica: Profesional con formación en diseño de investigación y análisis estadístico. Será responsable de asesorar la estructura metodológica del estudio, definir el plan de análisis estadístico, calcular el tamaño de muestra y apoyar en la interpretación de los resultados, asegurando el rigor científico del trabajo.

#### Recursos materiales:

- **Equipo de ultrasonido con Doppler obstétrico:**  
Se utilizará un equipo de ultrasonido **Philips modelo Affiniti 30**, con tecnología Doppler color y espectral, calibrado con transductor **C7**, ubicado en el área de Medicina Materno Fetal del Hospital Regional de Alta Especialidad “Dr. Ignacio Morones Prieto”. Este equipo permitirá la obtención precisa de parámetros hemodinámicos fetales, incluyendo el índice de pulsatilidad (IP) de la arteria

umbilical y de la arteria cerebral media, así como el cálculo del índice cerebroplacentario (ICP). Las mediciones serán realizadas exclusivamente por un médico especialista en Medicina Materno Fetal, asegurando la estandarización y confiabilidad de los datos obtenidos.

- **Expedientes clínicos electrónicos y/o físicos:**

Recurso indispensable para obtener información complementaria sobre el parto, características neonatales y desenlaces perinatales. El acceso será regulado conforme a las políticas institucionales de confidencialidad.

- **Computadora con software estadístico:**

Equipo con acceso a programas como SPSS v.26, Microsoft Excel, u otras plataformas estadísticas validadas para el análisis de los datos obtenidos.

- **Formato impreso de consentimiento informado:**

Documentación oficial para garantizar la participación voluntaria y consciente de las gestantes, con respaldo institucional.

- **Papelería básica y material de apoyo:**

Formatos de recolección de datos, hojas, carpetas, bolígrafos y demás insumos necesarios para el registro y organización de la información.

- **Acceso a internet y bases de datos científicas:**

Disponibilidad de conexión a recursos digitales académicos para consulta continua de literatura biomédica actualizada (PubMed, Scopus, SciELO, UpToDate, entre otros).

## **Capacitación de personal**

Capacitación de personal:

Para garantizar la calidad, homogeneidad y confiabilidad en la recolección de datos, se llevará a cabo una sesión de capacitación dirigida al médico residente de tercer año de la especialidad en Ginecología y Obstetricia del Hospital Regional de Alta Especialidad “Dr. Ignacio Morones Prieto”.

El objetivo de esta capacitación será estandarizar el proceso de llenado de la base de datos diseñada para el estudio, que incluye información materna, hallazgos Doppler y resultados neonatales. Se brindarán instrucciones claras sobre los criterios de

inclusión y exclusión, el manejo de los formatos de recolección, codificación de los casos, resguardo de la información y protección de la confidencialidad de los datos.

Cabe destacar que la realización del ultrasonido Doppler obstétrico estará a cargo exclusivamente del médico materno fetal, quien también funge como asesor del proyecto, a fin de asegurar la estandarización técnica y reducir la variabilidad interobservador en las mediciones del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical, arteria cerebral media e índice cerebroplacentario (ICP).

La participación del residente se centrará en el registro de la información clínica y perinatal en la base de datos, tanto durante el periodo de inclusión como al momento del nacimiento. Esta colaboración será supervisada por el investigador principal, con el respaldo del asesor de tesis.

**Financiamiento:** Por parte del tesista serán cubiertos el material de papelería y recursos necesarios para realizar la base de datos. No habrá gastos para el paciente o el hospital.

Este estudio se desarrolló en estricto apego a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, las Buenas Prácticas Clínicas y la legislación nacional vigente, en particular la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que regula la investigación en seres humanos en México.

Dado que el proyecto contempló la realización de estudios de ultrasonido Doppler obstétrico como parte de la atención prenatal habitual, sin alterar el manejo clínico de las pacientes, el riesgo se consideró mínimo. No se realizaron intervenciones invasivas ni procedimientos adicionales a los ya indicados durante la vigilancia obstétrica de rutina.

Las participantes fueron invitadas a participar de manera voluntaria, tras recibir una explicación completa y clara del objetivo del estudio, los procedimientos, beneficios potenciales y medidas de confidencialidad. Solo fueron incluidas aquellas que otorgaron su consentimiento informado por escrito. Se les garantizó que su decisión

de participar o no, o de retirarse del estudio en cualquier momento, no afectaría la calidad ni continuidad de su atención médica.

La información recolectada fue estrictamente confidencial. A cada participante se le asignó un código de identificación único, y los datos fueron almacenados en una base de datos digital anonimizada y protegida con contraseña, a la cual solo tuvieron acceso los investigadores autorizados. En ningún momento se publicaron nombres, datos personales ni cualquier información que pueda permitir la identificación de los participantes o sus recién nacidos.

El protocolo fue sometido a evaluación, dictamen y aprobación por parte del Comité de Ética en Investigación y el Comité de Investigación en Salud del Hospital Regional de Alta Especialidad "Dr. Ignacio Morones Prieto" antes del inicio del estudio. Asimismo, se gestionó la autorización institucional correspondiente y se firmaron cartas de confidencialidad por parte del personal investigador involucrado.

Los resultados obtenidos fueron utilizados exclusivamente con fines académicos y científicos. Podrán ser presentados en foros, congresos o publicaciones médicas, siempre respetando los principios de confidencialidad, privacidad y anonimato de las personas participantes.

## RESULTADOS

Con base en la prueba de Shapiro–Wilk, la mayoría de las variables evaluadas mostraron desviación significativa de la normalidad ( $p < 0.05$ ). En contraste, ICP (**Índice cerebroplacentario**), PEE (**Peso estimado**), HTC (**Hematocrito**) y PEN (**peso al nacer**), fueron compatibles con distribución aproximadamente normal. La homogeneidad de varianzas (Levene) fue adecuada en general ( $p > 0.05$ ), con excepción de ICP ( $p = 0$ ) y HB ( $p = 0.04$ ). En consecuencia, se aplicaron pruebas no paramétricas (Wilcoxon) para variables no normales y t de Student para aquellas con supuestos paramétricos aceptables (ver tabla 1).

Variable	P_Shapiro_Resid	P_Levene	Prueba Estadística
EDD	<0.001*	0.24	Wilcoxon Test
EGT	<0.001*	0.88	Wilcoxon Test
IMC	0.0466	0.59	Wilcoxon Test
GST	<0.001*	0.32	Wilcoxon Test
IPAU	<0.001*	0.39	Wilcoxon Test
PAU	0.04648	0.39	Wilcoxon Test
IACM	0.02142	0.12	Wilcoxon Test
PACM	0.01276	0.87	Wilcoxon Test
ICP	0.37562	0	T Test
PICP	0.0071	0.07	Wilcoxon Test
PEE	0.11445	0.94	T Test
PPE	<0.001*	0.76	Wilcoxon Test
LEUCC	<0.001*	0.06	Wilcoxon Test
HB	<0.001*	0.04	Wilcoxon Test
HTC	0.70581	0.26	T Test
PLQ	<0.001*	0.97	Wilcoxon Test
PEN	0.18355	0.47	T Test

Tabla 1. Análisis de normalidad de las variables incluidas en el estudio.

Se consideró una población total de 101 pacientes; de ellos, 3 fueron excluidos por no completar el seguimiento intrahospitalario. En consecuencia, 98 pacientes fueron

incluidos en el análisis. Dentro de esta cohorte analizada, 76 (77.6%) no presentaron resultados perinatales adversos (RPNAV = 0) y 22 (22.4%) sí presentaron resultados perinatales adversos (RPNAV = 1).

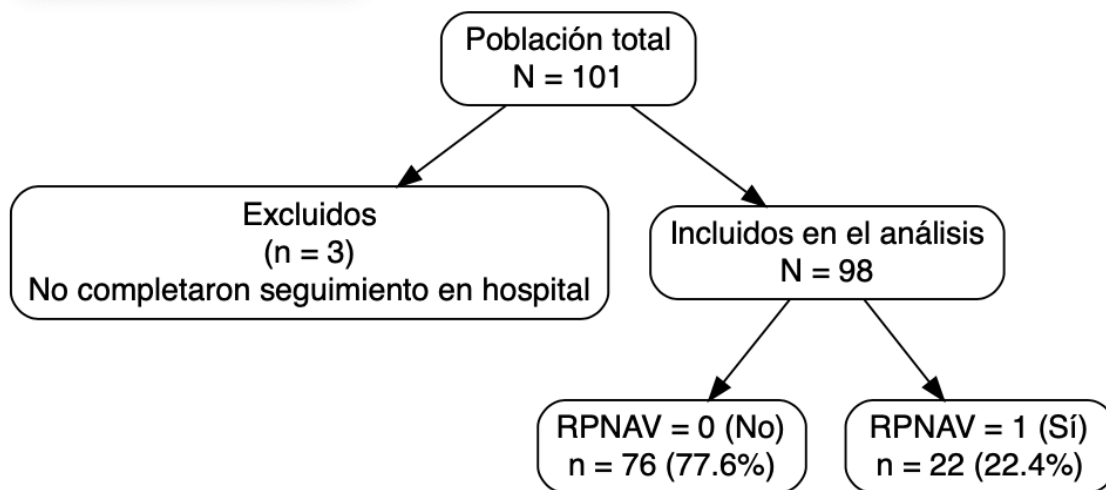


Figura 1. Diagrama de flujo de inclusión y exclusión de pacientes y clasificación según presencia de resultados perinatales adversos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis descriptivo.

Edad. En el total de la población analizada, la edad promedio fue de  $26.1 \pm 6.3$  años. Al comparar por grupos, el grupo sin eventos perinatales adversos (RPNAV=0; n=76) presentó una media de  $26.4 \pm 6.5$  años, mientras que el grupo con eventos (RPNAV=1; n=22) tuvo  $25.3 \pm 5.5$  años; la diferencia fue mínima y no significativa ( $p = 0.56$ ), observándose una variación ligeramente mayor hacia edades más altas en RPNAV=0.

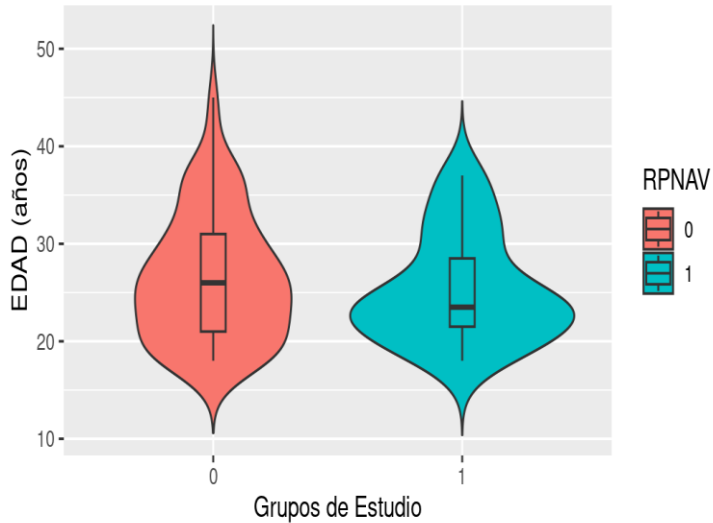


Figura 2. Distribución de la edad materna según presencia de resultados perinatales adversos.

Escolaridad. En el total (N = 98), la escolaridad se concentró principalmente en secundaria (53; 54%) y bachillerato (35; 36%), con menor proporción en primaria (6; 6.1%) y licenciatura/carrera técnica (4; 4.1%). Entre grupos, la mayor diferencia se observó en secundaria, más frecuente en RPNAV=1 (14; 64%) que en RPNAV=0 (39; 51%), mientras que bachillerato fue ligeramente más frecuente en RPNAV=0 (28; 37%) que en RPNAV=1 (7; 32%); no se identificaron diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.81$ ).

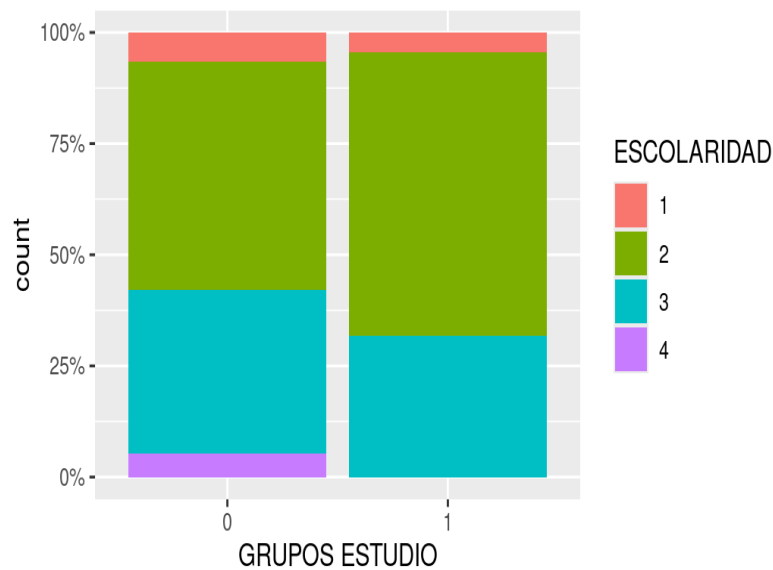


Figura 3. Distribución de nivel de escolaridad según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Estado civil. En la población total, predominó el estado civil casado (88; 90%), con una menor proporción de soltero (10; 10%). Por grupos, casado se mantuvo como la categoría más frecuente, aunque fue ligeramente menor en RPNAV=1 (19; 86%) comparado con RPNAV=0 (69; 91%); en consecuencia, soltero fue relativamente más frecuente en RPNAV=1 (3; 14%) que en RPNAV=0 (7; 9.2%). Estas diferencias fueron pequeñas y no significativas ( $p = 0.69$ ).

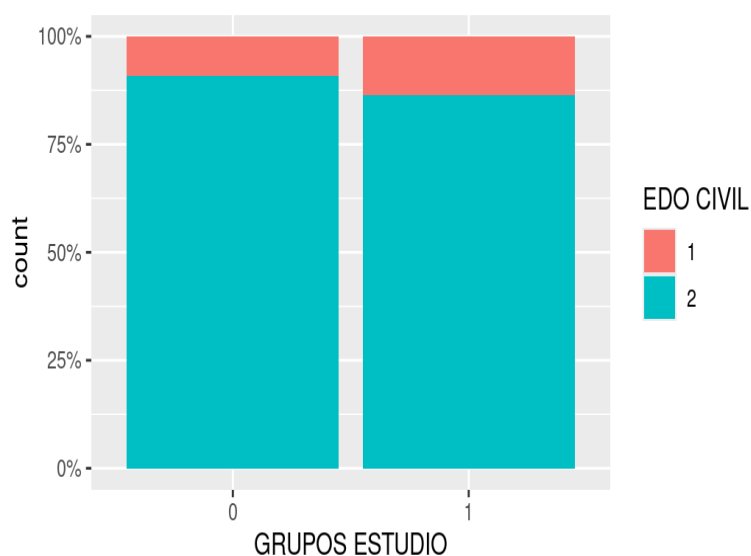


Figura 4 Distribución del estado civil según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS	Total N = 98 <sup>1</sup>	0 (Sin Eventos PN Adversos) N = 76 <sup>1</sup>	1 (Eventos PN Adversos) N = 22 <sup>1</sup>	p- value <sup>2</sup>
<b>Edad</b>				0.56
<b>Mean (SD)</b>	26.1 (6.3)	26.4 (6.5)	25.3 (5.5)	
<b>Escolaridad</b>				0.81
<b>1 (primaria)</b>	6 (6.1%)	5 (6.6%)	1 (4.5%)	

<b>2 (secundaria)</b>	53 (54%)	39 (51%)	14 (64%)	
<b>3 (bachillerato)</b>	35 (36%)	28 (37%)	7 (32%)	
<b>4 (lic/carrera técnica)</b>	4 (4.1%)	4 (5.3%)	0 (0%)	
<b>Estado civil</b>				0.69
<b>1 (soltero)</b>	10 (10%)	7 (9.2%)	3 (14%)	
<b>2 (casado)</b>	88 (90%)	69 (91%)	19 (86%)	
<sup>1</sup> n (%)				
<sup>2</sup> Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test				

Tabla 2. Características sociodemográficas de la población total y comparación según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

En la población total analizada, el **IMC** presentó una media de  $29.5 \pm 4.4$  y una mediana de 29.0 (rango 20.7–45.5). Al comparar por grupos, el IMC fue mayor en el grupo con eventos perinatales adversos (RPNAV=1; n=22), con media  $30.3 \pm 4.4$  y mediana 29.9 (22.5–38.0), frente al grupo sin eventos (RPNAV=0; n=76), con media  $29.3 \pm 4.3$  y mediana 28.8 (20.7–45.5); la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.26$ ), observándose la mayor variación hacia valores más altos en RPNAV=1.

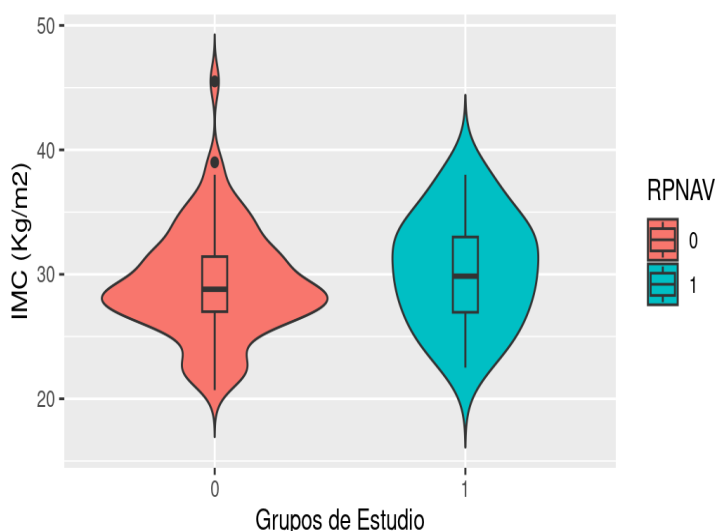


Figura 5. Distribución del índice de masa corporal (IMC) según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Variables	Total N = 98 <sup>1</sup>	0 (Sin Eventos PN Adversos) N = 76 <sup>1</sup>	1 (Eventos PN Adversos) N = 22 <sup>1</sup>	p- value <sup>2</sup>
<b>IMC</b>				0.26
<b>Mean (SD)</b>	29.5 (4.4)	29.3 (4.3)	30.3 (4.4)	
<b>Median (Min, Max)</b>	29.0 (20.7, 45.5)	28.8 (20.7, 45.5)	29.9 (22.5, 38.0)	

<sup>1</sup> Wilcoxon rank sum test

Tabla 3. Índice de masa corporal (IMC) de la población total y comparación según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Comorbilidades (presencia). En el total, 43 (44%) presentaron al menos una comorbilidad y 55 (56%) no presentaron comorbilidades. Por grupos, la presencia de comorbilidades fue proporcionalmente mayor en RPNAV=1 (11; 50%) que en RPNAV=0 (32; 42%), mientras que la ausencia fue más frecuente en RPNAV=0 (44; 58%) que en RPNAV=1 (11; 50%); estas diferencias fueron discretas y no significativas ( $p = 0.51$ ).

Tipo de comorbilidad (CCMB): la categoría más frecuente fue sin comorbilidades (58; 59%). Entre quienes presentaron comorbilidades, destacaron diabetes (11; 11%), otras (11; 11%) y tiroideas (8; 8.2%), mientras que hipertensión y  $\geq 2$  comorbilidades se observaron en 5 (5.1%) cada una. Al comparar por grupos, la mayor diferencia relativa se observó en hipertensión, más frecuente en RPNAV=1 (2; 9.1%) que en RPNAV=0 (3; 3.9%), y en  $\geq 2$  comorbilidades, presente solo en RPNAV=0 (5; 6.6%) y ausente en RPNAV=1 (0%). No se identificaron diferencias globales estadísticamente significativas en la distribución de CCMB ( $p = 0.82$ ).

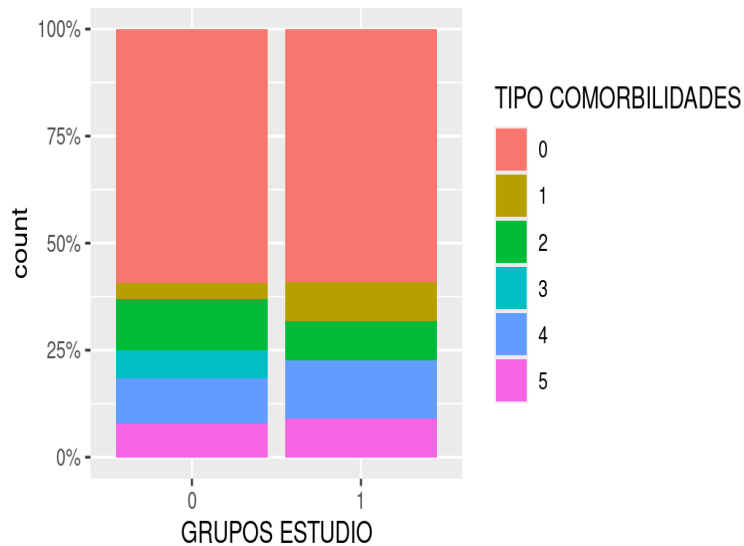


Figura 6. Distribución del tipo de comorbilidades maternas según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Variables	Total N = 98 <sup>1</sup>	0 N = 76 <sup>1</sup>	1 N = 22 <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>
<b>Comorbilidades</b>				0.51
<b>0</b>	55 (56%)	44 (58%)	11 (50%)	
<b>1</b>	43 (44%)	32 (42%)	11 (50%)	
<b>Tipo de Comorbilidades</b>				0.82
<b>0 (no)</b>	58 (59%)	45 (59%)	13 (59%)	
<b>1 (Hipertensión)</b>	5 (5.1%)	3 (3.9%)	2 (9.1%)	
<b>2 (Diabetes)</b>	11 (11%)	9 (12%)	2 (9.1%)	
<b>3 (2 o más)</b>	5 (5.1%)	5 (6.6%)	0 (0%)	
<b>4 (Otras)</b>	11 (11%)	8 (11%)	3 (14%)	
<b>5 (Tiroideas)</b>	8 (8.2%)	6 (7.9%)	2 (9.1%)	
<sup>1</sup> n (%)				

<sup>2</sup> Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test

Tabla 4. Presencia y tipo de comorbilidades maternas según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

## VARIABLES GESTACIONALES

Edad gestacional. En la población total (N = 98), la edad gestacional tuvo una mediana de 37.40 semanas (mín-máx: 37.00–40.00). Por grupos, RPNAV=0 mostró mediana 37.50 (37.00–39.50) y RPNAV=1 mediana 37.20 (37.00–40.00); la diferencia fue discreta y no significativa ( $p = 0.17$ ), con una ligera tendencia a menor edad gestacional en RPNAV=1.

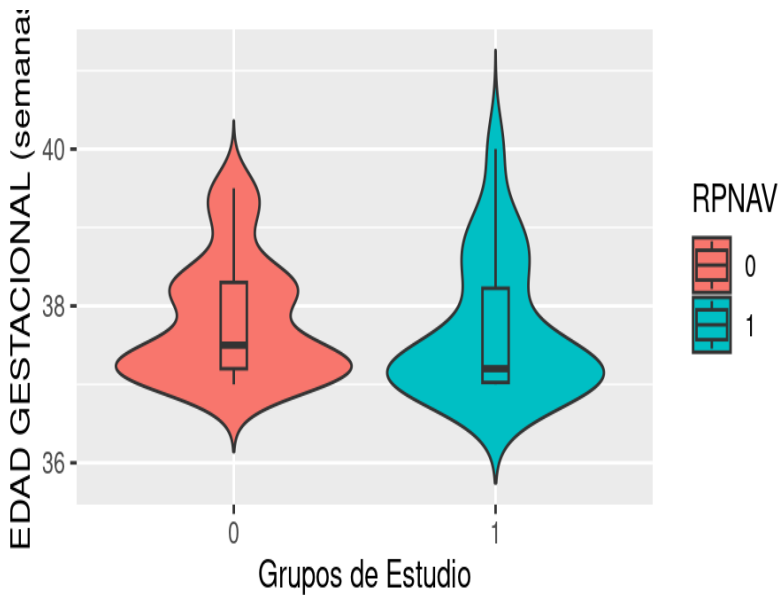


Figura 7. Distribución de la edad gestacional (semanas) según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Gestas. En el total (N = 98), la distribución de gestas fue: 1 en 37 (38%), 2 en 30 (31%), 3 en 16 (16%), 4 en 8 (8.2%), 5 en 5 (5.1%) y 6 en 2 (2.0%). Al comparar grupos, la mayor variación se observó en gestas = 1, más frecuente en RPNAV=1 (11; 50%) que en RPNAV=0 (26; 34%); no se identificaron diferencias globales significativas ( $p = 0.59$ ).

Cesárea. En la cohorte total (N = 98), 16 (16%) finalizaron por cesárea y 82 (84%) no. Por grupos, la cesárea se observó en 4 (18%) de RPNAV=1 y en 12 (16%) de RPNAV=0; la diferencia fue mínima y no significativa ( $p = 0.75$ ).

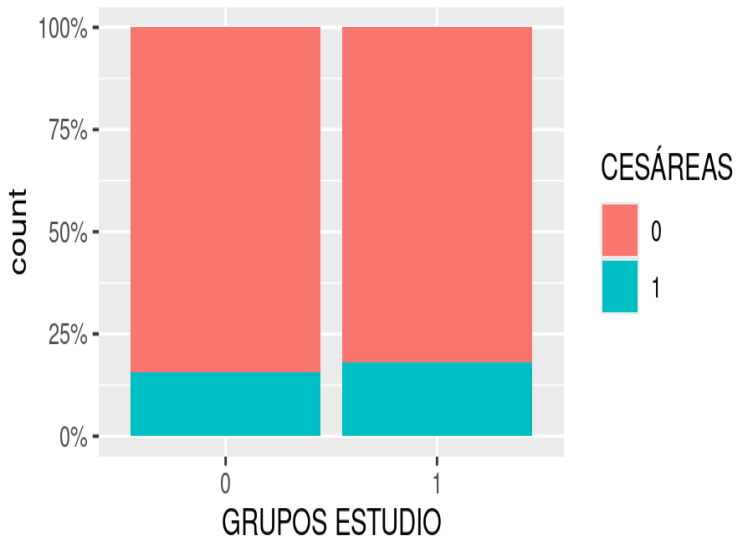


Figura 8. Distribución de la vía de resolución por cesárea según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Abortos. En el total (N = 98), 7 (7.4%) registraron antecedente de aborto y 88 (93%) no. Por grupos, el antecedente de aborto fue relativamente más frecuente en RPNAV=1 (3; 14%) que en RPNAV=0 (4; 5.4%); sin embargo, la diferencia no alcanzó significación estadística ( $p = 0.18$ ), siendo esta la principal variación observada.

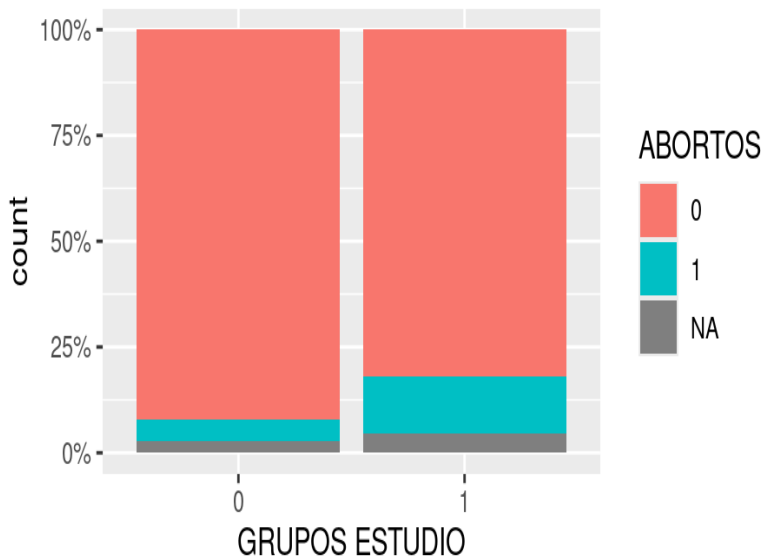


Figura 9. Proporción de antecedente de aborto en pacientes con y sin resultados perinatales adversos.

Variables	Total N = 98 <sup>1</sup>	0 N = 76 <sup>1</sup>	1 N = 22 <sup>1</sup>	p- value <sup>2</sup>
<b>Edad gestacional</b>				0.17
<b>Median (Min, Max)</b>	37.40 (37.00, 40.00)	37.50 (37.00, 39.50)	37.20 (37.00, 40.00)	
<b>Gestas</b>				0.59
<b>1</b>	37 (38%)	26 (34%)	11 (50%)	
<b>2</b>	30 (31%)	23 (30%)	7 (32%)	
<b>3</b>	16 (16%)	13 (17%)	3 (14%)	
<b>4</b>	8 (8.2%)	8 (11%)	0 (0%)	
<b>5</b>	5 (5.1%)	4 (5.3%)	1 (4.5%)	
<b>6</b>	2 (2.0%)	2 (2.6%)	0 (0%)	
<b>Cesárea</b>				0.75
<b>0</b>	82 (84%)	64 (84%)	18 (82%)	
<b>1</b>	16 (16%)	12 (16%)	4 (18%)	
<b>Abortos</b>				0.18
<b>0</b>	88 (93%)	70 (95%)	18 (86%)	
<b>1</b>	7 (7.4%)	4 (5.4%)	3 (14%)	
<sup>1</sup> n (%)				
<sup>2</sup> Wilcoxon rank sum test; Fisher's exact test				

Tabla 5. Características obstétricas y gestacionales de la población según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

## RESOLUCIÓN PARTO/CESÁREA

Resolución del embarazo. En la población total (N = 98), la resolución se distribuyó en tipo 1: 58 (61%) y tipo 2: 37 (39%). Entre grupos se documentó una diferencia marcada: en RPNAV=0 predominó tipo 1 (54; 74%) y en RPNAV=1 predominó tipo 2 (18; 82%),

con diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ); la mayor variación correspondió al incremento de resolución tipo 2 en RPNAV=1.

Motivo de cesárea. En el total ( $N = 98$ ), 56 (57%) no tuvieron motivo de cesárea (no cesárea), mientras que los motivos reportados fueron: estado fetal no tranquilizador 16 (16%), previa/cérvix desfavorable 12 (12%), falta de progresión 9 (9.2%) y otros 5 (5.1%). La distribución difirió significativamente entre grupos ( $p < 0.001$ ), destacando estado fetal no tranquilizador, presente en RPNAV=1 (16; 73%) y ausente en RPNAV=0 (0%), lo cual representó la mayor variación.

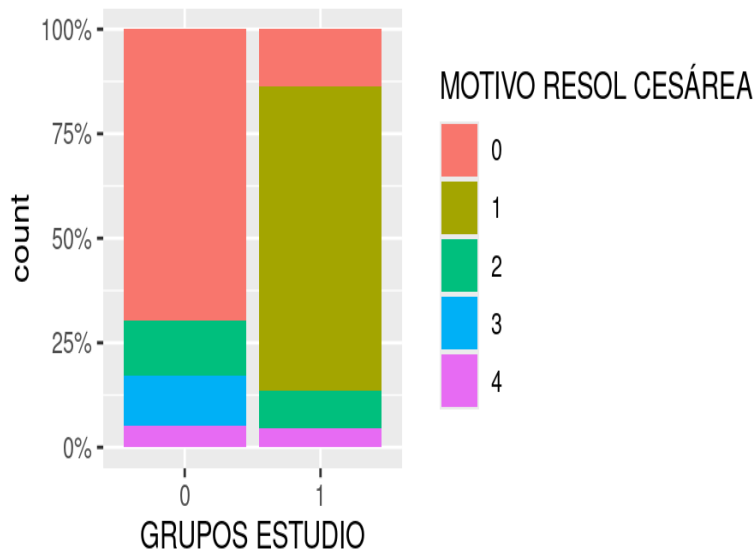


Figura 10. Distribución del motivo de cesárea según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Variables	Total N = 98 <sup>1</sup>	0 N = 76 <sup>1</sup>	1 N = 22 <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>
<b>Resolución</b>				<0.001
1	58 (61%)	54 (74%)	4 (18%)	
2	37 (39%)	19 (26%)	18 (82%)	
<b>Motivo Cesárea</b>				<0.001
0 (no)	56 (57%)	53 (70%)	3 (14%)	

<b>1 (Edo fetal no tranquilizador)</b>	16 (16%)	0 (0%)	16 (73%)	
<b>2 (Previa/Cervix desf)</b>	12 (12%)	10 (13%)	2 (9.1%)	
<b>3 (Falta progresión)</b>	9 (9.2%)	9 (12%)	0 (0%)	
<b>4 (Otros)</b>	5 (5.1%)	4 (5.3%)	1 (4.5%)	
<sup>1</sup> n (%)				
<sup>2</sup> Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test				

Tabla 6. Tipo de resolución del embarazo y motivo de cesárea según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

## VARIABLES FETALES

Peso estimado. En el total, el peso estimado mostró una media de  $3024 \pm 271$  g. Por grupos, fue ligeramente menor en RPNAV=1 ( $2964 \pm 287$  g) comparado con RPNAV=0 ( $3041 \pm 266$  g), sin diferencia significativa ( $p = 0.25$ ).

Percentil de peso estimado, tuvo mediana 33 (11–90). Por grupos, la mediana fue menor en RPNAV=1 (19; 11–89) respecto a RPNAV=0 (36; 11–90), con una diferencia cercana a la significación estadística ( $p = 0.052$ ); la mayor variación correspondió al descenso del percentil en RPNAV=1.

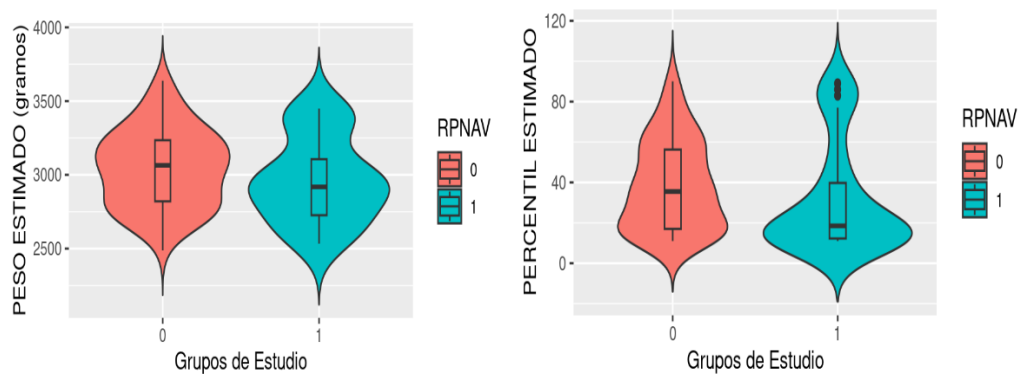


Figura 11. Distribución del peso fetal estimado según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Figura 12. Distribución del percentil del peso fetal estimado según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Peso al nacimiento, presentó una media de  $3212 \pm 370$  g. Al comparar grupos, el peso fue menor en RPNAV=1 ( $3049 \pm 431$  g) frente a RPNAV=0 ( $3259 \pm 340$  g), con

diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.008$ ), siendo esta la variación más relevante en los indicadores de peso.

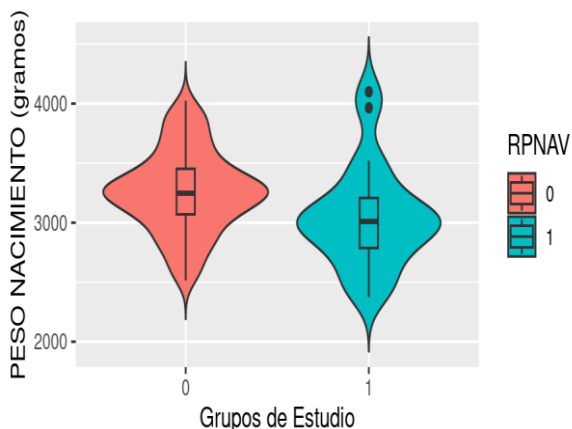


Figura 13. Comparación de la distribución del peso neonatal al nacimiento entre pacientes con y sin resultados perinatales adversos.

Variables	Total N = 98	0 N = 76	1 N = 22	p-value <sup>1</sup>
<b>Peso estimado</b>				0.25
<b>Mean (SD)</b>	3,024 (271)	3,041 (266)	2,964 (287)	
<b>Percentil peso estimado</b>				0.052
<b>Median (Min, Max)</b>	33 (11, 90)	36 (11, 90)	19 (11, 89)	
<b>Peso nacimiento</b>				0.008
<b>Mean (SD)</b>	3,212 (370)	3,259 (340)	3,049 (431)	

<sup>1</sup> Wilcoxon rank sum test

Tabla 7. Parámetros de peso fetal estimado y peso al nacimiento según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

## MEDICIONES ULTRASONOGRÁFICOS

IP de arteria umbilical (AUmb). En el total de la población (N = 98), el IP AUmb presentó una mediana de 0.90 (mín–máx: 0.60–1.70). Al comparar grupos, se observó 0.90

(0.60–1.20) en RPNAV=0 (n=76) y 0.91 (0.70–1.70) en RPNAV=1 (n=22), sin diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.79$ ); la mayor variación correspondió al mayor valor máximo en RPNAV=1.

Percentil de AUmb. En la cohorte total (N = 98), el percentil AUmb mostró una mediana de 48 (14–96). Por grupos, fue similar entre RPNAV=0 (48; 14–96) y RPNAV=1 (50; 23–90), sin evidencia de diferencia ( $p = 0.81$ ), con variación discreta hacia percentiles ligeramente mayores en RPNAV=1.

IP de arteria cerebral media (ACM). En el total (N = 98), el IP ACM tuvo una mediana de 1.60 (0.95–2.40). En el análisis por grupos, RPNAV=0 registró 1.60 (1.08–2.40) y RPNAV=1 1.50 (0.95–2.20); se observó una tendencia a valores menores en el grupo con eventos, sin significación estadística ( $p = 0.069$ ), siendo ésta la principal variación.

Percentil de ACM. En el total (N = 98), el percentil ACM presentó una mediana de 58 (–1–99). Entre grupos se identificó una diferencia relevante, con valores mayores en RPNAV=0 (68; 4–99) frente a RPNAV=1 (35; –1–96), lo cual fue estadísticamente significativo ( $p = 0.004$ ); la mayor variación correspondió al descenso del percentil en el grupo con eventos.

Índice cerebroplacentario (ICP). En la población total (N = 98), el ICP mostró una media de  $1.87 \pm 0.41$ . Por grupos, el ICP fue menor en RPNAV=1 ( $1.73 \pm 0.53$ ) comparado con RPNAV=0 ( $1.91 \pm 0.36$ ), sin diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.17$ ), aunque con una variación consistente hacia valores inferiores en el grupo con eventos.

Percentil del ICP. En el total (N = 98), el percentil del ICP tuvo una mediana de 47 (1–99). En la comparación por grupos, RPNAV=0 presentó 47 (2–99) y RPNAV=1 35 (1–97), sin alcanzar significación ( $p = 0.10$ ); la mayor variación fue el desplazamiento hacia percentiles más bajos en RPNAV=1.

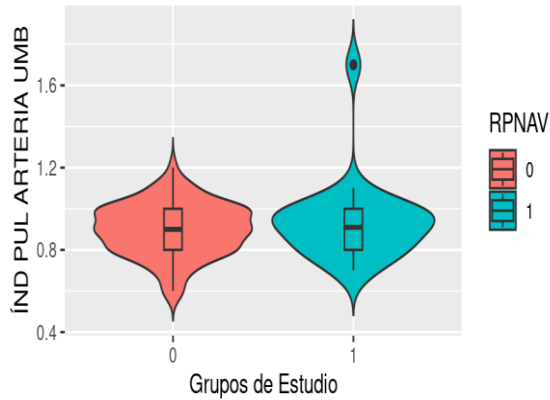


Figura 14. Distribución del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

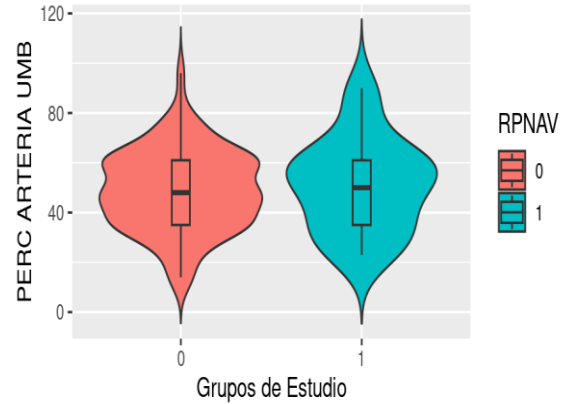


Figura 15. Distribución del percentil del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

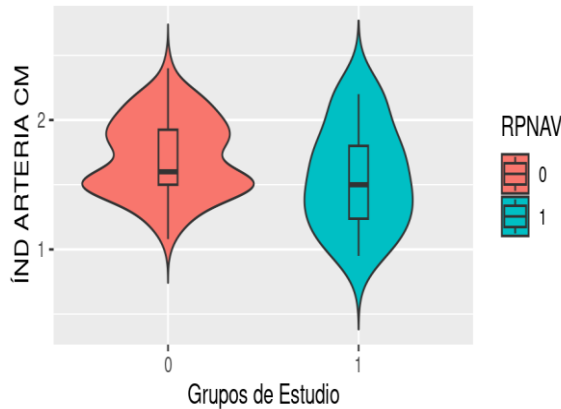


Figura 16. Distribución del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

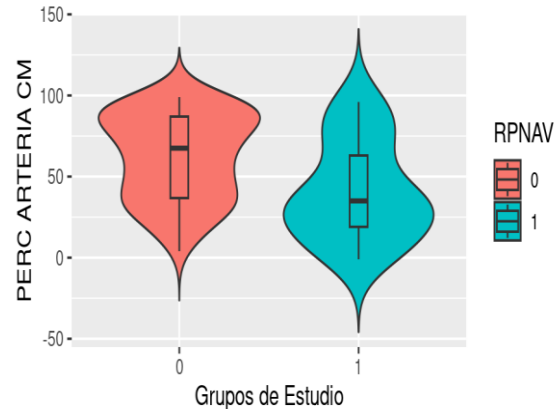


Figura 17. Distribución del percentil del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

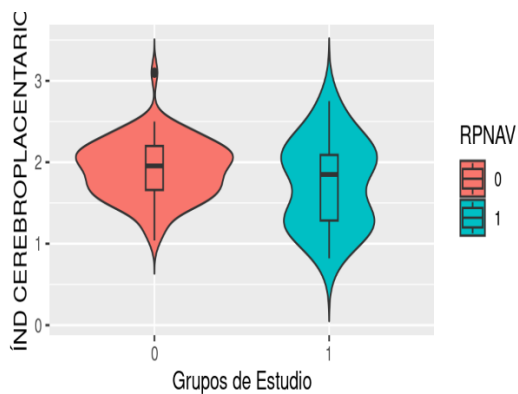


Figura 18. Distribución del índice cerebroplacentario (ICP) según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

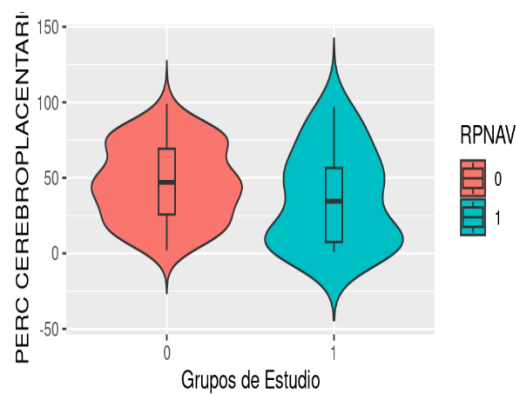


Figura 19. Distribución del percentil del índice cerebroplacentario según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Variables	Total N = 98	0 N = 76	1 N = 22	p-value <sup>1</sup>
IP AUmb				0.79
Median (Min, Max)	0.90 (0.60, 1.70)	0.90 (0.60, 1.20)	0.91 (0.70, 1.70)	
Percentil AUmb				0.81
Median (Min, Max)	48 (14, 96)	48 (14, 96)	50 (23, 90)	
IP ACM				0.069
Median (Min, Max)	1.60 (0.95, 2.40)	1.60 (1.08, 2.40)	1.50 (0.95, 2.20)	
Percentil ACM				0.004
Median (Min, Max)	58 (-1, 99)	68 (4, 99)	35 (-1, 96)	
Indice CP				0.17
Mean (SD)	1.87 (0.41)	1.91 (0.36)	1.73 (0.53)	
Percentil ICP				0.10
Median (Min, Max)	47 (1, 99)	47 (2, 99)	35 (1, 97)	
<sup>1</sup> Wilcoxon rank sum test				

Tabla 8. Parámetros Doppler de arteria umbilical, arteria cerebral media e índice cerebroplacentario según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

## Eventos adversos

UCIN. En la población total (N = 98), 9 (9.2%) recién nacidos ingresaron a UCIN y 89 (91%) no lo requirieron. Al comparar grupos, el ingreso a UCIN se concentró en RPNAV=1, donde 9 (41%) ingresaron, mientras que en RPNAV=0 no se registraron ingresos (0%); esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) y representa la mayor variación entre grupos.

APGAR  $\leq 7$ . En el total (N = 98), 6 (6.1%) presentaron APGAR  $\leq 7$  y 92 (94%) no. Por grupos, RPNAV=1 mostró una mayor frecuencia de APGAR  $\leq 7$  (6; 27%) frente a RPNAV=0 (0%), con diferencia significativa ( $p < 0.001$ ), evidenciando una concentración del evento en el grupo con desenlaces adversos.

Asfixia. En la cohorte total (N = 98), se documentó asfixia en 3 (3.1%) y ausencia de asfixia en 95 (97%). Entre grupos, los casos se presentaron únicamente en RPNAV=1 (3; 14%) y no en RPNAV=0 (0%), con diferencia significativa ( $p = 0.010$ ), mostrando la mayor variación a expensas del grupo con eventos.

Clasificación de eventos adversos. En el total (N = 98), la categoría más frecuente fue “sin evento adverso” (78; 80%), seguida por estado fetal no tranquilizador (14; 14%), UCIN (3; 3.1%), reanimación (Resus) (2; 2.0%) y otros (1; 1.0%). La comparación por grupos evidenció una diferencia marcada ( $p < 0.001$ ): en RPNAV=0 el 100% se clasificó como sin evento adverso (76; 100%), mientras que en RPNAV=1 predominó estado fetal no tranquilizador (14; 64%), seguido por UCIN (3; 14%) y resus (2; 9.1%), quedando sin evento solo en 2 (9.1%). La mayor variación se observó en la concentración de categorías adversas dentro de RPNAV=1.

Variables	Total N = 98 <sup>1</sup>	0 N = 76 <sup>1</sup>	1 N = 22 <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>
<b>UCIN</b>				<0.001
0 (no)	89 (91%)	76 (100%)	13 (59%)	
1 (si)	9 (9.2%)	0 (0%)	9 (41%)	
<b>APGAR <math>\leq 7</math></b>				<0.001
0 (no)	92 (94%)	76 (100%)	16 (73%)	
1 (si)	6 (6.1%)	0 (0%)	6 (27%)	

<b>Asfixia</b>				0.010
<b>0 (no)</b>	95 (97%)	76 (100%)	19 (86%)	
<b>1 (si)</b>	3 (3.1%)	0 (0%)	3 (14%)	
<b>Clasif Eventos Adversos</b>				<0.001
<b>0 (no)</b>	78 (80%)	76 (100%)	2 (9.1%)	
<b>1 (Edo. Fet no Tranq)</b>	14 (14%)	0 (0%)	14 (64%)	
<b>2 (UCIN)</b>	3 (3.1%)	0 (0%)	3 (14%)	
<b>3 (Resp)</b>	2 (2.0%)	0 (0%)	2 (9.1%)	
<b>4 (Otro)</b>	1 (1.0%)	0 (0%)	1 (4.5%)	
<sup>1</sup> n (%)				
<sup>2</sup> Fisher's exact test				

Tabla 9. Distribución de los eventos perinatales adversos específicos según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Variables	Total N = 98	0 N = 76	1 N = 22	p-value'
<b>LEUCC</b>				0.36
<b>Mean (SD)</b>	480.98 (4,673.07)	9.12 (2.63)	2,111.05 (9,863.04)	
<b>Median (Min, Max)</b>	9.00 (3.00, 46,270.00)	9.00 (3.00, 19.00)	8.00 (4.00, 46,270.00)	
<b>HB</b>				0.37
<b>Mean (SD)</b>	2,368 (10,209)	1,226 (7,427)	6,313 (16,228)	
<b>Median (Min, Max)</b>	13 (10, 46,276)	13 (10, 46,182)	13 (10, 46,276)	

<b>HTC</b>				0.16
<b>Mean (SD)</b>	38.8 (3.9)	39.1 (3.6)	37.6 (4.6)	
<b>Median (Min, Max)</b>	38.0 (29.0, 47.0)	39.0 (29.0, 47.0)	37.5 (30.0, 47.0)	
<b>PLQ</b>				0.92
<b>Mean (SD)</b>	214 (59)	213 (58)	216 (66)	
<b>Median (Min, Max)</b>	208 (94, 440)	209 (94, 440)	208 (108, 438)	

<sup>†</sup> Wilcoxon rank sum test

Tabla 10. Parámetros hematológicos maternos según presencia de resultados perinatales adversos (RPNAV).

Para dar respuesta al objetivo principal del presente estudio se realizó el análisis del modelo de regresión logística:

En el modelo de regresión logística (resultado RPNAV: sí/no) se observó que el índice cerebroplacentario (ICP) se asoció de forma inversa con la presencia de eventos perinatales adversos: por cada incremento de 1 unidad en ICP, las odds de RPNAV disminuyeron en aproximadamente 73% (OR = 0.27; IC95%: 0.07–0.93;  $p = 0.044$ ), lo que sugiere un efecto protector y estadísticamente significativo.

En contraste, la presencia de comorbilidades maternas (CMB=1 vs 0) mostró un incremento no significativo de las odds de RPNAV (OR = 1.75; IC95%: 0.64–4.91;  $p = 0.30$ ), con un intervalo de confianza amplio compatible tanto con ausencia de efecto como con aumento del riesgo.

Finalmente, el peso para la edad gestacional (PEE) no evidenció asociación estadísticamente significativa con RPNAV ( $p = 0.12$ ) y el OR  $\approx 1.00$  indica un efecto por unidad mínima clínicamente despreciable en la escala original; para una interpretación clínica más informativa se recomienda reportar el OR por incrementos de 100 g (o por desviación estándar) manteniendo el mismo modelo.

Variables	OR'	95% CI'	p-value
<b>Índice CP</b>	0.27	0.07, 0.93	0.044
<b>CMB</b>			
<b>0</b>	—	—	
<b>1</b>	1.75	0.64, 4.91	0.3
<b>PEE</b>	1.00	1.00, 1.00	0.12
' OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval			

Tabla 11. Modelo de regresión logística para la predicción de resultados perinatales adversos utilizando el índice cerebroplacentario como variable continua.

Se realizó de forma exploratoria la determinación de un nuevo punto de corte para el índice cerebroplacentario (ICP) mediante análisis ROC, observándose una capacidad discriminativa limitada para predecir RPNAV (AUC = 0.597). El umbral seleccionado fue ICP = 1.425, definiendo “alterado” como ICP < 1.425. En comparación con el corte convencional de 1.0, este nuevo punto incrementó sustancialmente la proporción clasificada como alterada (1.0% vs 14.3%), con mejoría de la sensibilidad (4.5% vs 40.9%) a expensas de una ligera reducción de la especificidad (100% vs 93.4%), manteniendo un LR+ de 6.22 y LR- de 0.63 para el nuevo corte.

### ROC ICP → RPNAV | AUC=0.597

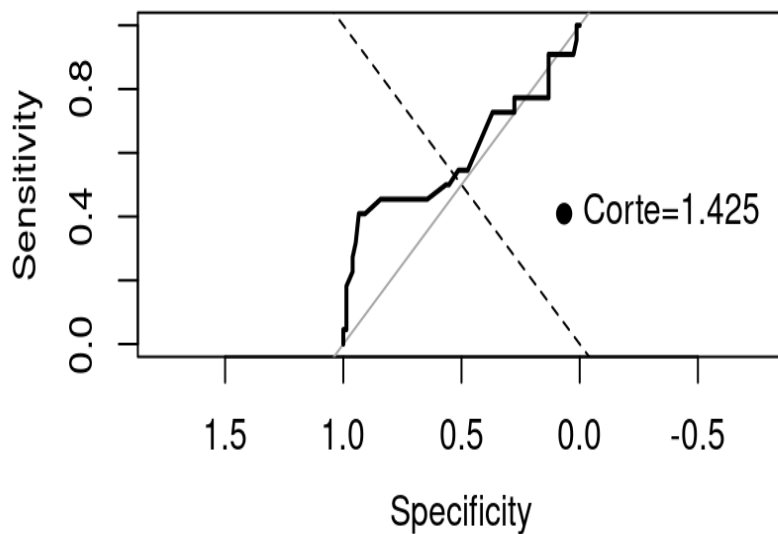


Figura 20. Curva ROC del índice cerebroplacentario para la predicción de resultados perinatales adversos (AUC = 0.597).

Comparación de desempeño diagnóstico del ICP para RPNAV		
Definición: Alterado = ICP < punto de corte		
	Corte 1.0	Corte 1.425
<b>Alterado, n (%)</b>	1 (1%)	14 (14.3%)
<b>TP</b>	1	9
<b>FP</b>	0	5
<b>TN</b>	76	71
<b>FN</b>	21	13
<b>Sensibilidad (IC95%)</b>	4.5% (0.1–22.8%)	40.9% (20.7–63.6%)
<b>Especificidad (IC95%)</b>	100% (95.3–100%)	93.4% (85.3–97.8%)
<b>VPP (IC95%)</b>	100% (2.5–100%)	64.3% (35.1–87.2%)
<b>VPN (IC95%)</b>	78.4% (68.8–86.1%)	84.5% (75–91.5%)
<b>LR+</b>	NA	6.22

<b>LR-</b>	0.95	0.63
------------	------	------

Tabla 12. Desempeño diagnóstico del índice cerebroplacentario para la predicción de resultados perinatales adversos según diferentes puntos de corte.

Al incorporar la dicotomización (ICP < 1.425) en un modelo de regresión logística ajustado por comorbilidades maternas y PEE, la alteración del ICP se asoció con mayor probabilidad de RPNAV (OR = 12.5; IC95%: 3.49–52.6; p < 0.001), mientras que CMB no mostró asociación significativa y PEE presentó una tendencia sin alcanzar significación estadística.

<b>Variables</b>	<b>OR'</b>	<b>95% CI'</b>	<b>p-value</b>
<b>ICP_new_bin</b>	12.5	3.49, 52.6	<0.001
<b>CMB</b>			
<b>0</b>	—	—	
<b>1</b>	1.55	0.52, 4.66	0.4
<b>PEE</b>	1.00	1.00, 1.00	0.069
<b>' OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval</b>			

Tabla 13. Modelo de regresión logística ajustado utilizando el índice cerebroplacentario dicotomizado (<1.425) para la predicción de resultados perinatales adversos.

## DISCUSIÓN

Para responder el objetivo del presente estudio, que fue determinar la asociación entre el índice cerebroplacentario (ICP) y la ocurrencia de resultados perinatales adversos en embarazos únicos de bajo riesgo a término temprano (37.0–39.6 semanas de gestación), se incluyeron embarazos únicos de bajo riesgo entre 37.0 y 39.6 semanas de gestación, en los cuales se analizaron variables maternas como edad, índice de masa corporal y presencia de comorbilidades, así como parámetros hemodinámicos fetales obtenidos mediante Doppler, incluyendo el índice de pulsatilidad de arteria umbilical, arteria cerebral media y el índice cerebroplacentario (ICP), además de sus respectivos percentiles. En conjunto, nuestros hallazgos permiten afirmar que dicho objetivo fue alcanzado. Aunque en el análisis bivariado el ICP no mostró diferencias significativas entre los grupos, su asociación se hizo evidente al incorporarlo en un modelo ajustado por comorbilidades maternas y peso fetal estimado para la edad gestacional, donde se observó un efecto protector de valores más altos del índice. Esto sugiere que el ICP aporta información clínicamente relevante cuando se interpreta dentro de un contexto multifactorial, más que como un parámetro aislado.

A continuación, se discuten los principales hallazgos del estudio y su interpretación en relación con la literatura científica disponible, así como las posibles implicaciones clínicas y metodológicas de estos resultados en la población evaluada en el estado de San Luis Potosí.

En cuanto a las características basales de la población, la edad promedio de la cohorte fue de  $26.1 \pm 6.3$  años, sin diferencias significativas entre los grupos con y sin resultados perinatales adversos ( $26.4 \pm 6.5$  vs  $25.3 \pm 5.5$  años;  $p = 0.56$ ). De manera similar, el IMC global fue de  $29.5 \pm 4.4$  kg/m<sup>2</sup>, con valores comparables entre los grupos ( $29.3 \pm 4.3$  vs  $30.3 \pm 4.4$  kg/m<sup>2</sup>;  $p = 0.26$ ), lo que ubica a la cohorte en un rango cercano a sobrepeso/obesidad grado I, acorde con el perfil epidemiológico actual de la población obstétrica. Asimismo, 44% de las pacientes presentó al menos una comorbilidad (43/98), con mayor proporción en el grupo con resultado adverso, aunque sin alcanzar significancia estadística (50% vs 42%;  $p = 0.51$ ).

Estos hallazgos son parcialmente comparables con los descritos por Khalil y col. 2025, 2023, quienes también reportaron ausencia de diferencias significativas en edad materna entre grupos con y sin desenlaces adversos en embarazos a término, sugiriendo que la edad por sí sola no constituye un modificador importante del ICP en este contexto. Sin embargo, a diferencia de algunas cohortes europeas (Rial-Crestelo M y cols. 2024), donde el IMC promedio fue menor y la prevalencia de comorbilidades maternas más baja, nuestra población mostró un perfil antropométrico con mayor proporción de sobrepeso y presencia relevante de enfermedad hipertensiva, lo que podría reflejar diferencias epidemiológicas regionales.

La integración de variables clínicas y hemodinámicas en el periodo cercano al término ha sido descrita en estudios contemporáneos que buscan identificar compromiso placentario subclínico en fetos con crecimiento adecuado para la edad gestacional. En el estudio RATIO37 (Rial-Crestelo M y cols. 2024), por ejemplo, se evaluaron parámetros Doppler fetales en embarazos considerados de bajo riesgo a término, encontrando que la combinación de crecimiento fetal y alteraciones hemodinámicas sutiles permitía identificar un subgrupo con mayor probabilidad de resultados adversos. De manera similar, Khalil y col. 2015, 2023, analizaron el ICP en gestaciones a término incluyendo variables clínicas maternas dentro del modelo de evaluación de riesgo.

En relación con las variables de crecimiento fetal, aunque el peso fetal estimado no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, el percentil de peso estimado fue menor en el grupo con resultado perinatal adverso, con una diferencia cercana a la significancia estadística ( $p = 0.052$ ). Este hallazgo resulta relevante, ya que tradicionalmente el riesgo perinatal se ha asociado con percentiles inferiores al 10; sin embargo, nuestros resultados sugieren que el incremento en eventos adversos podría comenzar en percentiles superiores, cercanos al percentil 20. Este patrón es concordante con lo descrito en el estudio RATIO37 (Rial-Crestelo M y cols. 2024), donde se observó que fetos clasificados como adecuados para la edad gestacional pero con percentiles de crecimiento en el rango bajo de la normalidad presentaban mayor probabilidad de desenlaces adversos cuando coexistían alteraciones hemodinámicas sutiles.

De manera similar, en el estudio sobre la importancia del índice cerebroplacentario en fetos AGA, se planteó que la vulnerabilidad perinatal no se restringe exclusivamente a la restricción franca del crecimiento, sino que puede manifestarse en fetos con percentiles intermedios bajos, particularmente cuando existe evidencia Doppler de redistribución incipiente (Khalil y col. 2024).

De manera consistente, el peso al nacimiento sí mostró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, lo que refuerza la posibilidad de que el grupo con desenlace adverso presentara una trayectoria de crecimiento menos óptima, aun cuando el peso estimado prenatal no alcanzó criterios clásicos de restricción. Este hallazgo también se alinea con metaanálisis recientes sobre Doppler fetal en el periodo periparto, los cuales sugieren que la combinación de crecimiento subóptimo dentro del rango considerado normal y alteraciones hemodinámicas leves podría identificar un subgrupo con mayor riesgo de compromiso intraparto. En conjunto, estos resultados apoyan la hipótesis de que el riesgo perinatal en embarazos a término temprano podría no limitarse exclusivamente a fetos por debajo del percentil 10, sino que podría comenzar en rangos intermedios de crecimiento, particularmente cuando se acompaña de alteraciones hemodinámicas sutiles.

En relación con los parámetros hemodinámicos fetales, no se observaron diferencias significativas en el índice de pulsatilidad de la arteria umbilical entre los grupos, lo cual sugiere ausencia de incremento marcado en la resistencia placentaria al momento de la evaluación. Este comportamiento es congruente con lo descrito por Baschat y cols 2004, en estudios sobre Doppler en embarazo normal, donde la pulsatilidad umbilical puede mantenerse dentro de rangos fisiológicos incluso en presencia de alteraciones placentarias leves. Sin embargo, la arteria cerebral media mostró un patrón distinto: aunque el valor absoluto del índice de pulsatilidad no alcanzó significancia estadística, el percentil de la arteria cerebral media fue significativamente menor en el grupo con resultado perinatal adverso (mediana 35 vs 68;  $p = 0.004$ ), indicando una tendencia hacia valores más bajos dentro de la normalidad.

Este hallazgo es consistente con lo reportado por Khalil y cols. 2023, quienes describieron que los cambios hemodinámicos en la arteria cerebral media pueden preceder a las alteraciones umbilicales evidentes en embarazos a término con riesgo

de compromiso neonatal. De manera similar, en el metaanálisis de Oros y colaboradores sobre Doppler periparto, se señala que las primeras manifestaciones de adaptación hemodinámica suelen observarse a nivel cerebral antes de evidenciarse un aumento franco en la resistencia placentaria. Aunque en nuestra cohorte no se documentó un fenómeno clásico de “brain sparing”, la reducción en el percentil de la arteria cerebral media podría reflejar una redistribución compensatoria incipiente ante una reserva placentaria disminuida, compatible con escenarios de insuficiencia placentaria leve o subclínica.

En este contexto, el hecho de que el índice cerebroplacentario no mostrara diferencias significativas en el análisis bivariado no descarta su relevancia clínica, ya que el comportamiento individual de la arteria cerebral media sugiere una adaptación hemodinámica en el grupo con desenlace adverso. Además, al considerar que el ICP es una relación entre la pulsatilidad cerebral y umbilical, es posible que la ausencia de elevación significativa en la resistencia umbilical haya atenuado la magnitud de la diferencia observada en el ICP absoluto.

Estos resultados respaldan la hipótesis de que, en embarazos a término temprano clasificados como de bajo riesgo, pueden existir alteraciones hemodinámicas sutiles que preceden al compromiso clínico evidente, particularmente en fetos con percentiles de crecimiento intermedios y mayor frecuencia de patología materna asociada (Rial-Crestelo M y cols. 2024).

En conjunto, aunque el percentil del ICP no mostró una diferencia significativa en el análisis simple, la combinación de percentiles de crecimiento cercanos al p20, mayor frecuencia de enfermedad hipertensiva y percentiles reducidos de arteria cerebral media sugiere que el riesgo perinatal en término temprano podría depender más de un contexto fisiopatológico global que de un único parámetro aislado.

Al analizar el índice cerebroplacentario como variable continua en el modelo de regresión logística ajustado por comorbilidades maternas y peso estimado para la edad gestacional, se observó una asociación significativa con la ocurrencia de resultados perinatales adversos (OR 0.27; IC95% 0.07–0.93;  $p = 0.044$ ). Este hallazgo indica que, por cada incremento unitario en el ICP, la probabilidad de presentar un desenlace adverso disminuye de manera significativa, lo que sugiere un efecto protector de

valores más elevados del índice. Resultados similares fueron descritos por Khalil et al. 2024, quienes demostraron que el ICP, analizado como variable continua, se asocia de manera independiente con desenlaces neonatales adversos en embarazos a término, incluso tras ajustar por factores maternos y de crecimiento fetal.

Este resultado es particularmente relevante, ya que en el análisis bivariado el ICP no mostró diferencias significativas entre grupos ( $1.91 \pm 0.36$  vs  $1.73 \pm 0.53$ ;  $p = 0.17$ ); sin embargo, al controlar por variables potencialmente confusoras, la asociación se hizo evidente. De manera consistente, en el estudio sobre la importancia del ICP en fetos AGA, Prior, T y cols. 2015, señalaron que el poder discriminativo del ICP mejora cuando se incorpora dentro de modelos ajustados que incluyen variables clínicas y antropométricas. Asimismo, el metaanálisis de Rial-Crestelo D. y cols. 2019 enfatiza que la utilidad predictiva del ICP es mayor cuando se interpreta en un contexto multifactorial y no como parámetro aislado. En conjunto, estos datos refuerzan la idea de que el ICP podría estar capturando un componente fisiopatológico independiente relacionado con la reserva placentaria y la capacidad de adaptación fetal ante el estrés intraparto.

Desde el punto de vista clínico, este hallazgo sugiere que el ICP no debe interpretarse únicamente como una variable dicotómica (normal vs anormal), sino como un marcador continuo de riesgo, donde valores progresivamente menores podrían reflejar una disminución gradual en la reserva hemodinámica fetal, incluso en ausencia de criterios clásicos de redistribución severa. Esta interpretación es congruente con lo descrito por Khalil et al., quienes enfatizan que el ICP presenta una relación gradiente con el riesgo perinatal y que su utilidad mejora cuando se analiza como variable continua más que mediante puntos de corte rígidos.

En el análisis exploratorio mediante curva ROC, el área bajo la curva fue de 0.597, lo que indica una capacidad discriminativa limitada del ICP como herramienta aislada. Resultados similares fueron reportados en el estudio RATIO37, donde la capacidad predictiva del ICP fue modesta cuando se utilizó de forma independiente, pero mejoró al combinarse con parámetros de crecimiento fetal y características clínicas maternas. De manera comparable, el metaanálisis de Oros et al. señala que, aunque el ICP

muestra asociación con resultados adversos, su rendimiento diagnóstico aislado es variable entre poblaciones.

No obstante, al evaluar diferentes puntos de corte en nuestra cohorte, un valor de 1.425 permitió identificar un subgrupo con mayor probabilidad de resultados adversos, con sensibilidad de 40.9%, especificidad de 93.4% y valor predictivo negativo de 84.5%. Al incorporar este umbral en el modelo ajustado, un ICP < 1.425 se asoció con mayor probabilidad de desenlace adverso (OR 12.5; IC95% 3.49–52.6;  $p < 0.001$ ). A diferencia de otros estudios donde se han utilizado puntos de corte basados en percentiles (<p5 o <p10), nuestro valor deriva de un análisis exploratorio propio de la población estudiada, lo que sugiere que el umbral óptimo podría variar según el contexto epidemiológico y resalta la necesidad de validación externa antes de su aplicación clínica sistemática.

Este hallazgo debe interpretarse con cautela, ya que el punto de corte fue derivado de la misma muestra y requiere validación externa. Sin embargo, desde una perspectiva fisiológica, resulta interesante considerar que en el término temprano la resistencia de la arteria umbilical tiende a disminuir progresivamente, lo que esperaría generar valores relativamente más altos del ICP en fetos con adecuada reserva placentaria. En este sentido, valores cercanos a 1.4 podrían representar un umbral intermedio de adaptación hemodinámica reducida.

Es importante enfatizar que un ICP de 1.425 no constituye indicación de interrupción inmediata del embarazo ni de cesárea electiva; sin embargo, podría considerarse un punto de alerta para reforzar la vigilancia intraparto y la consejería a la paciente, particularmente cuando se asocia con percentiles de crecimiento intermedios o presencia de enfermedad hipertensiva. Esta postura es consistente con lo señalado por Khalil et al., quienes subrayan que el ICP debe integrarse dentro del contexto clínico global y no utilizarse como criterio aislado de intervención. De manera similar, el estudio RATIO37 propone que el Doppler en término permite identificar fetos con mayor vulnerabilidad intraparto, aunque sin establecer umbrales absolutos de decisión obstétrica (Rial-Crestelo M y cols. 2024). Asimismo, el metaanálisis de Oros et al. destaca que el rendimiento predictivo y los puntos de corte óptimos del ICP pueden

variar según la población estudiada, lo que respalda la necesidad de validar externamente el umbral propuesto antes de su implementación sistemática.

Desde el punto de vista fisiológico, al final del embarazo la resistencia de la arteria umbilical tiende a disminuir progresivamente como reflejo de la maduración placentaria y del incremento en el flujo sanguíneo feto-placentario. Este comportamiento ha sido descrito en estudios de Doppler en embarazo normal, como los reportados por Baschat, quien señala que la pulsatilidad umbilical disminuye de manera progresiva hacia el término en ausencia de patología placentaria. En condiciones normales, la arteria cerebral media mantiene una resistencia relativamente estable, sin evidenciar vasodilatación compensatoria, tal como lo describen Figueras y Gratacós 2019, en sus modelos de adaptación hemodinámica fetal, donde la redistribución cerebral ocurre de forma gradual y generalmente en fases más avanzadas de compromiso placentario.

Dado que el índice cerebroplacentario es una relación entre la pulsatilidad cerebral y la umbilical, una disminución fisiológica de la resistencia umbilical en el término debería traducirse en valores relativamente más altos del ICP en fetos con adecuada reserva placentaria. En este contexto, valores cercanos a 1.4 podrían no representar una alteración franca, pero sí un punto intermedio que refleje menor margen de adaptación hemodinámica en comparación con fetos con ICP más elevados. Esta interpretación es coherente con los principios fisiológicos descritos en estudios de Doppler fetal en embarazo normal y aporta plausibilidad biológica al umbral exploratorio identificado, respaldando la necesidad de evaluarlo en muestras mayores.

Desde el punto de vista fisiológico, al final del embarazo la resistencia de la arteria umbilical tiende a disminuir progresivamente como reflejo de la maduración placentaria y del incremento en el flujo sanguíneo feto-placentario. Este comportamiento ha sido descrito en estudios de Doppler en embarazo normal, como los reportados por Baschat, quien señala que la pulsatilidad umbilical disminuye de manera progresiva hacia el término en ausencia de patología placentaria. En condiciones normales, la arteria cerebral media mantiene una resistencia relativamente estable, sin evidenciar vasodilatación compensatoria, tal como lo describen Figueras y Gratacós en sus modelos de adaptación hemodinámica fetal, donde la redistribución cerebral ocurre de forma gradual y generalmente en fases más avanzadas de compromiso placentario.

Dado que el índice cerebroplacentario es una relación entre la pulsatilidad cerebral y la umbilical, una disminución fisiológica de la resistencia umbilical en el término debería traducirse en valores relativamente más altos del ICP en fetos con adecuada reserva placentaria. En este contexto, valores cercanos a 1.4 podrían no representar una alteración franca, pero sí un punto intermedio que refleje menor margen de adaptación hemodinámica en comparación con fetos con ICP más elevados. Esta interpretación es coherente con los principios fisiológicos descritos en estudios de Doppler fetal en embarazo normal y aporta plausibilidad biológica al umbral exploratorio identificado, respaldando la necesidad de evaluarlo en muestras mayores.

De manera similar, Khalil y colaboradores han descrito que valores reducidos del ICP en embarazos a término se asocian con mayor riesgo de ingreso a UCIN, pH bajo al nacimiento y cesárea por estado fetal no tranquilizador, aun en ausencia de restricción de crecimiento fetal clásica<sup>2</sup>. Nuestros resultados muestran un patrón concordante: el grupo con desenlace adverso presentó percentiles de crecimiento más bajos (cerca del percentil 20), menor peso al nacimiento (p significativo) y percentiles de arteria cerebral media significativamente reducidos, lo que podría reflejar una adaptación hemodinámica compensatoria leve. Sin embargo, a diferencia de algunos estudios donde el ICP mostró una discriminación más robusta, en nuestra cohorte el área bajo la curva fue limitada (AUC 0.597), lo que sugiere que su utilidad como herramienta aislada podría estar condicionada por el tamaño muestral o las características epidemiológicas de nuestra población.

Finalmente, estudios enfocados en fetos adecuados para la edad gestacional han señalado que valores bajos del ICP pueden asociarse con mayor probabilidad de ingreso a unidad neonatal y compromiso intraparto, incluso en ausencia de restricción clásica del crecimiento<sup>4</sup>. Asimismo, investigaciones contemporáneas sugieren que el riesgo podría no limitarse a fetos por debajo del percentil 10, sino extenderse a percentiles intermedios bajos (<p20), particularmente cuando coexisten alteraciones hemodinámicas sutiles. Nuestros hallazgos son coherentes con esta hipótesis, dado que el grupo con desenlace adverso presentó percentiles de crecimiento cercanos a p20 y diferencias significativas en peso al nacimiento, lo que sugiere que el riesgo en término temprano podría emerger en rangos considerados tradicionalmente normales.

## LIMITACIONES Y NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACION:

### Limitaciones:

- El presente estudio debe interpretarse considerando ciertas limitaciones metodológicas inherentes a su diseño. En primer lugar, el tamaño muestral relativamente reducido pudo haber condicionado una potencia estadística limitada para detectar asociaciones en algunos análisis bivariados, particularmente en variables que mostraron tendencias hacia la significancia estadística. Es plausible que un mayor número de casos hubiera permitido una estimación más precisa de los efectos observados y una mejor delimitación de los umbrales de riesgo.
- En segundo término, al tratarse de un estudio observacional analítico realizado en un único centro, la validez externa de los hallazgos puede verse restringida. Las características epidemiológicas específicas de la población estudiada, incluyendo la prevalencia de sobrepeso, obesidad y enfermedad hipertensiva, podrían influir tanto en el comportamiento hemodinámico fetal como en la capacidad predictiva del índice cerebroplacentario, lo que limita la extrapolación directa de los resultados a otros contextos clínicos.
- Adicionalmente, el punto de corte de 1.425 para el índice cerebroplacentario fue identificado mediante un análisis exploratorio dentro de la misma cohorte, lo que implica el riesgo potencial de sobreajuste estadístico. Si bien dicho umbral mostró una asociación significativa en el modelo ajustado y una elevada especificidad, su aplicabilidad clínica requiere validación prospectiva en poblaciones independientes antes de considerarse como referencia para la toma de decisiones.
- Finalmente, el área bajo la curva obtenida en el análisis ROC sugiere que el índice cerebroplacentario, empleado como herramienta aislada, posee una capacidad discriminativa limitada. Este hallazgo refuerza la necesidad de interpretarlo dentro de un enfoque multifactorial que integre variables clínicas

maternas y parámetros de crecimiento fetal, en lugar de utilizarlo como marcador único de riesgo.

### **Nuevas perspectivas de investigación:**

- Los hallazgos del presente estudio abren diversas líneas potenciales de investigación. En primer lugar, resulta fundamental realizar estudios prospectivos con mayor tamaño muestral que permitan validar el punto de corte propuesto para el índice cerebroplacentario y confirmar su utilidad como herramienta de estratificación de riesgo en embarazos a término temprano considerados de bajo riesgo. La validación externa en poblaciones independientes permitiría establecer con mayor precisión su aplicabilidad clínica.
- Asimismo, sería pertinente desarrollar estudios multicéntricos que incluyan poblaciones con distintos perfiles epidemiológicos, a fin de evaluar la variabilidad del umbral óptimo del índice cerebroplacentario según el contexto clínico y la prevalencia de comorbilidades maternas. Esto permitiría determinar si los valores de referencia deben ajustarse de acuerdo con características regionales o demográficas.
- Otra línea relevante de investigación consiste en integrar el índice cerebroplacentario dentro de modelos predictivos multifactoriales que combinen variables maternas, percentiles de crecimiento fetal y parámetros hemodinámicos. La construcción de escalas o algoritmos clínicos podría mejorar la capacidad discriminativa observada cuando el índice se utiliza de manera aislada.
- Finalmente, se requieren estudios longitudinales que evalúen la evolución seriada del índice cerebroplacentario en el periodo cercano al término, con el objetivo de determinar si los cambios dinámicos en la relación cerebroplacentaria ofrecen mayor valor predictivo que una medición única. Este enfoque permitiría comprender mejor el proceso de adaptación hemodinámica fetal y su relación con la tolerancia al trabajo de parto.

## **Conclusiones:**

1. Los fetos con desenlace adverso presentaron percentiles menores de arteria cerebral media, y el punto de corte exploratorio de 1.425 mostró alta especificidad y valor predictivo negativo, por lo que podría ser útil en la estratificación clínica, requiriendo validación adicional.
2. La tasa de resultados perinatales adversos fue de 22.4%, evidenciando que incluso en embarazos de bajo riesgo a término temprano existe una proporción relevante de desenlaces desfavorables.
3. El percentil del índice cerebroplacentario no mostró utilidad en el análisis bivariado; sin embargo, el menor percentil de crecimiento fetal, cercano al percentil 20, y la diferencia significativa en el peso al nacimiento sugieren que el riesgo podría iniciar en rangos intermedios.
4. La mayor frecuencia de enfermedad hipertensiva en el grupo con desenlace adverso respalda su asociación con insuficiencia placentaria subclínica y su posible contribución independiente al riesgo perinatal.

## Referencias bibliográficas.

1. Morales-Roselló J, Bhate R, Eltaweel N, Khalil A. Comparison of ductus venosus Doppler and cerebroplacental ratio for the prediction of adverse perinatal outcome in high-risk pregnancies before and after 34 weeks. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2023;102(8):891–904.
2. Dall'Asta A, Ghi T, Rizzo G, Cancemi A, Aloisio F, Arduini D, et al. Cerebroplacental ratio assessment in early labor in uncomplicated term pregnancy and prediction of adverse perinatal outcome: prospective multicenter study. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2019;53(4):481–7.
3. Arbeille P, Breart G, Herve P, Berson M, Pourcelot L. Doppler assessment of fetal and uteroplacental blood flow during pregnancy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 1987;25(1):15–22.
4. Novillo-del Álamo B, Martínez-Varea A, Satorres-Pérez E, Nieto-Tous M, Bello-Martínez de Velasco S, García-Florenciano MV, et al. Cerebroplacental ratio as a predictive factor of emergency cesarean sections for intrapartum fetal compromise: A systematic review. *J Clin Med.* 2024;13(6):1724.
5. Packet B, Page A-S, Bosteels J, Richter J. Peripartum fetal Doppler sonography and perinatal outcome: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2025;25(1):545.
6. Mecke L, Ignatov A, Redlich A. The importance of the cerebroplacental ratio for the prognosis of neonatal outcome in AGA fetuses. *Arch Gynecol Obstet.* 2023;307(1):311–7.
7. Rial-Crestelo M, Lubusky M, Parra-Cordero M, Krofta L, Kajdy A, Zohav E, et al. Term planned delivery based on fetal growth assessment with or without the cerebroplacental ratio in low-risk pregnancies (RATIO37): an international, multicentre, open-label, randomised controlled trial. *Lancet.* 2024;403(10426):545–53.
8. Khalil A, Morales-Roselló J, Morlando M, Papageorghiou A, Bhide A, Thilaganathan B. Is cerebroplacental ratio a marker of impaired fetal outcome in

- small-for-gestational-age fetuses? A systematic review and meta-analysis. *Am J Obstet Gynecol*. 2015;213(3):310–8.
9. Alfirevic Z, Stampalija T, Medley N. Fetal and umbilical Doppler ultrasound in high-risk pregnancies. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;6(6):CD007529.
  10. Novillo-Del Álamo B, Martínez-Varea A, Satorres-Pérez E, et al. Cerebroplacental ratio as a predictive factor of emergency cesarean sections for intrapartum fetal compromise: A systematic review. *J Clin Med*. 2024;13(6):1724.
  11. Stumpfe FM, Ernst T, Gründler K, Fritsche L, Schleussner E, Groten T. Umbilicocerebral ratio vs cerebroplacental ratio for prediction of adverse perinatal outcome at term. *Arch Gynecol Obstet*. 2022;305(2):371–8.
  12. Baschat AA. Fetal responses to placental insufficiency: an update. *BJOG*. 2004;111(10):1031–41.
  13. Figueras F, Gratacós E. Update on the diagnosis and classification of fetal growth restriction and proposal of a stage-based management protocol. *Fetal Diagn Ther*. 2014;36(2):86–98.
  14. Morales-Roselló J, Khalil A. Fetal Doppler for the prediction of adverse perinatal outcome in late-onset fetal growth restriction. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2015;28(12):1341–6.
  15. Rial-Crestelo D, Fratelli N, Figueras F, Gratacós E, Rial M. Quality assessment of fetal middle cerebral and umbilical artery Doppler using an objective scoring system. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2019;54(1):110–6.
  16. Lens LA, et al. Cerebroplacental ratio-based management versus care as usual in women with reduced fetal movements at term (non-SGA fetuses). *Lancet Glob Health*. 2025;13(1):e45–e54.
  17. Siwatch S, et al. Re-evaluating reduced fetal movements at term: a multicentre randomized trial using cerebroplacental ratio-guided management. *Lancet Glob Health*. 2026;14(2):e120–e129.
  18. Morales-Roselló J, et al. Influence of gestational age on the predictive accuracy of cerebroplacental ratio and middle cerebral artery pulsatility index for cesarean

- due to intrapartum fetal compromise. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2025;296:45–52.
19. Josten H, Heimann Y, Lehmann T, Schleußner E, Groten T, Weschenfelder F. Importance of the cerebroplacental ratio at term for predicting adverse perinatal outcomes in appropriate-for-gestational-age fetuses. *J Perinat Med.* 2025;53(1):67–75.
  20. Ortiz JU, Eixarch E, et al. Prognostic value of cerebroplacental ratio before induction of labor in late-term appropriate-for-gestational-age pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2023;62(3):372–380.
  21. Cancemi A, Dall’Asta A, Rizzo G, et al. Longitudinal change in cerebroplacental ratio between 37 and 40 weeks and association with intrapartum fetal compromise. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2023;36(12):3450–3457.
  22. Martín-Alonso R, et al. Efficiency of cerebroplacental ratio in identifying high-risk cases in unselected late-term pregnancies. *Medicina (Kaunas).* 2023;59(9):1670.
  23. Elmes C, et al. Third-trimester cerebroplacental ratio for prediction of adverse perinatal outcome: systematic review and meta-analysis. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(8):1456.
  24. Khalil A, et al. ISUOG Practice Guidelines: performance of third-trimester obstetric ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2024;63(1):15–34.
  25. Reale SC. The cerebroplacental ratio: toward a new standard in term fetal surveillance? *Lancet.* 2024;403(10426):512–514.
  26. Seravalli V. Placental function evaluation near term: critical appraisal of Doppler indices and cerebroplacental ratio. *Am J Obstet Gynecol.* 2025;232(2):B12–B18.
  27. Dođru S, et al. Cerebroplacental ratio and short-term perinatal outcomes in late-onset fetal compromise. *Int J Gynecol Obstet.* 2024;166(2):415–422.
  28. Ağaođlu Z, et al. Role of cerebroplacental-uterine ratio in predicting adverse perinatal outcomes at term. *J Obstet Gynaecol Res.* 2024;50(4):890–898.

29. Verma P, et al. Assessment of cerebroplacental ratio and amniotic fluid index in term appropriate-for-gestational-age pregnancies for prediction of adverse perinatal outcomes. *Cureus*. 2025;17(1):e38021.
30. Gül DK, et al. Comparison of amniotic-umbilical-to-cerebral ratio and cerebroplacental ratio for predicting short-term adverse perinatal outcomes at term. *Perinatal J*. 2024;32(3):145–152.
31. Prior, T.; Paramasivam, G.; Bennett, P.; Kumar, S. Are fetuses that fail to achieve their growth potential at increased risk of intrapartum compromise? *Ultrasound Obstet. Gynecol*. 2015, 46, 460–464.