



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**Instituto Nacional de Perinatología**

“ISIDRO ESPINOSA DE LOS REYES”

**Uso de Inteligencia Artificial en el análisis de resultados perinatales  
ante el diagnóstico de Hemorragia Obstétrica por Placenta Acreta**

**T E S I S**

Para obtener el Título de:

**ESPECIALISTA EN GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA**

Presenta:

**DRA. ANA PATRICIA VARGAS MITRE**

**Profesor Titular del curso de Especialización en Ginecología y Obstetricia:**

**DR. OSVALDO MIRANDA ARAUJO**

**Asesores de Tesis:**

**DR. MARIO ESTANSILAO GUZMÁN HUERTA**

**DR. MARIO ROBERTO RODRÍGUEZ BOSCH**

**DRA. LISBETH LUCIA CAMARGO MARÍN**

**DR. NIKOL ORLANDO CASTELLANOS DÍAZ**



**CIUDAD DE MÉXICO**

**2026**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

Al final del camino, viendo la línea de meta tan cerca, es imposible no mirar hacia atrás y darse cuenta del camino recorrido, ese que empezó como un proyecto, una idea o incluso como un sueño y recordar que junto a mí hubo personas quienes confiaron, creyeron y caminaron conmigo paso a paso. Hoy quiero dedicar este trabajo a ellos.

Primeramente, a mis padres: Margarita y Arturo, por todo el apoyo, atención y amor incondicional en este y en todos los proyectos que hemos tenido juntos. Sé que no ha sido fácil y que jamás pagaré las horas de desvelo que pasaron conmigo, pero lo logramos. Gracias por nunca dejarme caer. Todo es por y para ustedes.

A mis hermanos: Ángel, Iván y Noel, por ser mis cómplices, mis guías y parte esencial de quien soy hoy. Su mano siempre fue fuente de fuerza y motivación, incluso cuando yo dudé de mí misma. Agradezco a mis cuñadas, Gladys y Paula, así como a mis sobrinos: Fátima, Melissa y Milo. Gracias por ser mis pilares.

A mis amigos: Lourdes Sabas, Angélica Romero, Daniela Quezada, Karla Castrejón y Marino, porque fueron ese hombro incondicional desde que los conocí. Gracias por cuidarme, por escucharme y por nunca dejarme sola; así mismo, a mis R+: Jessica Villafaña, Fernanda López, Cecilia Ramos, Areli Zúñiga, Fernando Cruz y Jonathan Cueto por creer en mí y ser mis modelos profesionales a seguir.

Finalmente, quiero agradecer a mis asesores por permitirme trabajar junto a ellos y ser un modelo en mi formación. Mi más grande admiración y agradecimiento ante ustedes.

Con cariño:

Ana Patricia Vargas Mitre

## ÍNDICE

Resumen.....	5
Marco Teórico.....	8
Justificación.....	19
Pregunta de investigación.....	19
Objetivos.....	19
Material y Métodos.....	20
Análisis estadístico.....	21
Resultados.....	22
Discusión.....	34
Conclusión.....	41
Referencias.....	42
Anexos.....	47

## “USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL ANÁLISIS DE RESULTADOS PERINATALES ANTE EL DIAGNÓSTICO DE HEMORRAGIA OBSTÉTRICA POR PLACENTA ACRETA”

Vargas Mitre Ana Patricia\*, Mario Roberto Rodríguez Bosch \*\*, Guzmán Huerta Estansilao Mario\*\*\*, Lisbeth Lucia Camargo Marín\*\*\*\* Nikol Orlando Castellanos Díaz \*\*\*\*\*

*\*Médico Residente de Cuarto Año de Ginecología y Obstetricia del Instituto Nacional de Perinatología, \*\*Médico Jefe de Departamento de Obstetricia del Instituto Nacional de Perinatología, \*\*\*Médico Jefe de Departamento de Medicina Traslacional del Instituto Nacional de Perinatología, \*\*\*\* Médico Adscrito del Departamento de Medicina Traslacional del Instituto Nacional de Perinatología, \*\*\*\*\*Profesor asociado a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa*

**Objetivo:** Analizar mediante Inteligencia Artificial el valor predictivo de los factores de riesgo que condicionan aumento de morbilidad perinatal asociado a hemorragia obstétrica secundaria a la presencia del espectro de acretismo placentario. **Material y métodos:** Cohorte retrolectiva de 300 pacientes del Instituto Nacional de Perinatología con diagnóstico de espectro de placenta acreta entre los años 2015 a 2024. La muestra fue dividida en cuatro grupos de acuerdo con el manejo terapéutico. Los resultados se muestran como media y desviación estándar o proporciones. El análisis de diferencia entre grupos se realizó mediante el uso de ANOVA o Chi Cuadrada. Se utilizaron modelos de Inteligencia Artificial mediante Regresor de Soporte Vectorial (SRV) y Random Forest (RF). Como métricas de evaluación se utilizaron Error Absoluto Medio (MAE) y Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE). **Resultados:** Se presentó diferencia significativa entre los grupos de tratamiento para: Capurro ( $p=0.03$ ), tiempo de estancia hospitalaria ( $p=0.02$ ), días de estancia en UCIA ( $p=0.00$ ), sangrado total ( $p=0.00$ ) y número de paquetes globulares transfundidos ( $p=0.00$ ). Con el uso de modelos de Inteligencia Artificial para los días de estancia hospitalaria, se obtuvo un SRV con MAPE de 2.06 días y MAPE de 36.4%. Para el total de días en terapia intensiva, se tuvo un SVR con MAE de 2.76 y MAPE de 50.8%. Para lesión transquirúrgica se obtuvo una exactitud del 80%. Para reintervención quirúrgica se obtuvo una exactitud del 80%. Para

pérdida hemática se obtuvo un MAE de 700.8 cc y MAPE de 27.3%. Para paquetes globulares trnasfundidos obteniendo un MAE de 58.6%. **Conclusión:** Las gestaciones previas, en particular las resueltas por cesárea, son un factor de riesgo reconocido para el desarrollo de PAS. Se identificaron desenlaces adversos y su relevancia de acuerdo con el tratamiento otorgado a la paciente, destacando: Capurro al nacimiento, días de estancia hospitalaria, estancia en terapia intensiva, pérdida hemática total y número de paquetes globulares transfundidos. Mediante el análisis por Inteligencia Artificial, el resultado para predecir: días totales de hospitalización, sangrado total, predicción de lesiones transquirúrgicas y reintervenciones; se logró con el SVR, con mejores resultados que Random Forest, con predicción de un 80%

**Palabras clave:** Hemorragia obstétrica, espectro de placenta acreta, desenlaces perinatales, inteligencia artificial

\*Correspondencia del autor en: Departamento de Ginecología y Obstetricia.  
Instituto Nacional de Perinatología. Montes Urales 800, Lomas Virreyes,  
Delegación Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: [ana.vargas5498@gmail.com](mailto:ana.vargas5498@gmail.com)

## Abstract

**Objective:** Analyze with Artificial Intelligence the predictive value for risk factors that lead to increased perinatal morbidity associated with obstetric hemorrhage, secondary to the presence of placenta accreta spectrum. **Material and methods:** Retrospective cohort of 300 patients from the Instituto Nacional de Perinatología, diagnosed with placenta accreta spectrum between 2015 and 2024. The sample was divided into four groups, according to the management. Results are presented as mean and standard deviation or proportions. Analysis of differences between groups was performed using ANOVA or Chi Square. Artificial Intelligence models using Support Vector Regression (SRV) and Random Forest (RF) were used. Mean Absolute Error (MAE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) were used as evaluation metrics. **Results:** Significant differences were found between treatment groups for: Capurro ( $p=0.03$ ), length of hospital stay ( $p=0.02$ ), days of stay in the ICU ( $p=0.00$ ), total bleeding ( $p=0.00$ ), and number of transfused blood cells ( $p=0.00$ ). Using Artificial Intelligence models for length of hospital stay, an SRV was obtained with a MAPE of 2.06 days and a MAPE of 36.4%. For total days in intensive care, an SVR was obtained with a MAE of 2.76 and a MAPE of 50.8%. For transoperative injury, an accuracy of 80% was obtained. For surgical reintervention, an accuracy of 80% was obtained. For blood loss, an MAE of 700.8 cc and a MAPE of 27.3% were obtained. For transfused blood cells, an MAE of 58.6%. **Conclusion:** Previous pregnancies, particularly those delivered by cesarean section, are a recognized risk factor for the development of PAS. Adverse outcomes and their relevance were identified according to the patient's treatment, highlighting: Capurro at birth, length of hospital stay, intensive care stay, total blood loss and number of packed blood cells transfused. Using Artificial Intelligence analysis, the results for predicting: total length of hospital stay, total bleeding, prediction of intraoperative injuries and reinterventions were achieved with SVR, with better results than Random Forest, with an 80% prediction rate.

**Keywords:** Obstetric hemorrhage, placenta accreta spectrum, perinatal outcomes, artificial intelligence

## **MARCO TEÓRICO**

La hemorragia obstétrica (HO) es una de las principales causas de mortalidad materna (MM) a nivel mundial, estimando una muerte materna cada 2 minutos por esta causa [12], por tanto, representa un severo problema de salud pública y se considera como indicador de desigualdad socioeconómica [10].

### **Definición y clasificación de la Hemorragia Obstétrica**

En su definición más reciente propuesta en el año 2024, la OMS establece a la HO como la pérdida hemática de 500 ml o más dentro de las 24 horas posteriores a la resolución del embarazo [1]. Distintas instancias académicas internacionales han propuesto sus propias definiciones: el Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (RCOG), en el año 2016, retoma la definición de la OMS y la clasifica como hemorragia primaria, diferenciándola de la hemorragia secundaria que define como un sangrado anormal o excesivo dado entre las primeras 24 horas y las 12 semanas tras el evento obstétrico. Así mismo, clasifica al sangrado como menor, cuando existe pérdida hemática entre 500 y 1000 ml y mayor cuando excede los 1000 ml y esta a su vez, subclasificándola como leve, cuando se cuantifica entre 1001 a 2000 ml y severa, como mayor a 2000 ml [2]. El American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) define a la HO como la pérdida hemática mayor de 1000 ml y agrega la presencia de signos o síntomas de hipovolemia dentro de las primeras 24 horas tras el evento obstétrico. Cabe aclarar que un sangrado mayor a 500 ml no lo considera como HO, sino como un estado patológico que requiere iniciar medidas preventivas y terapéuticas para su manejo [3]. La Royal Australia and New Zealand College of Obstetricians and Gynaecologists (RANZCOG), en el año 2021, realiza énfasis en el compromiso hemodinámico independientemente del volumen estimado de pérdida hemática, sin embargo, retoma la temporalidad propuesta por la OMS entre primaria, menor de 24 horas y secundaria cuando es mayor a 24 horas. [4]. La clasificación más reciente propuesta en el año 2022 de la Society of Obstetrician and Gynaecologist of Canada (SOGC) define a la hemorragia obstétrica a partir de estadios,

dependiendo de la cantidad de sangrado, cambios en la presión arterial y frecuencia cardíaca y de su impacto clínico [2], como se presenta en la *tabla 1*.

Clasificación para Hemorragia Obstétrica sugerida por la SOGC				
Estadio	Sangrado (ml)	PA (mmHg)	FC (lpm)	Signos / síntomas
0	Parto: <500 Cesárea: <1000	Normal	<100	Asintomática
1 Leve	Parto:500-1000 Cesárea: 1000	Normal	<110	Variable
2 Moderado	1000-1500	Sistólica 80-100	>110	Variable
3 Severo	>1500	Sistólica <80	>120	Diaforesis, llenado capilar deficiente, taquipnea, oliguria/anuria, alteración en estado de despierto, agitación

**Tabla 1.** Clasificación de Hemorragia Obstétrica sugerida por la SOGC. PA: Presión Arterial. FC: Frecuencia Cardíaca [2]

Respecto a la información nacional, la Guía de Práctica Clínica (GPC) en su última actualización en el año 2009 define a la HO como la pérdida hemática mayor de 500 ml para parto y mayor de 1000 ml en cesárea, misma que previamente fue establecida por la International Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO) [6,7]. El Instituto Nacional de Perinatología considera las clasificaciones de la OMS y la ACOG como guía para la creación de las normas y procedimientos institucionales [8]. Para nuestro trabajo consideramos la definición de la Organización Mundial de la Salud.

### **Epidemiología**

Las mujeres tienen riesgo de desarrollar complicaciones graves durante el embarazo, el parto y el puerperio, mismas que pueden condicionar a la muerte materna [9]. Para el año 2020, la tasa de MM mundial fue de 223 x 100 mil

nacidos vivos (NV), siendo aproximadamente 287 mil muertes maternas. Entre los años 2010 y 2020 se presentó la muerte de casi 3 millones de mujeres [10]. Para el año 2023, el 99% de los casos de MM se produjeron en países definidos como en vías de desarrollo por la OMS, siendo únicamente en África subsahariana el 70% de estos casos [11], a diferencia, en Oceanía se encuentra la tasa de prevalencia más baja, siendo de 7.2% [12].

Por su parte, la HO es la causa de hasta el 25% de la MM mundial, representando un total de 140 mil muertes

anuales [13]. Para América Latina, la HO tiene una prevalencia de 21% presente en un evento obstétrico, estimando 1 de cada 5 muertes maternas [14]. En México, de acuerdo con el Informe de Vigilancia Epidemiológica de Muertes maternas para el año 2024, la tasa de MM es de 26.1 X 100 mil NV y la HO representó el 17.8 % como etiología del total reportada [15]. En el *gráfico 1* se puede observar el comportamiento de la muerte materna en México en los últimos 5 años. Así mismo, en el *gráfico 2* se puede observar el porcentaje de hemorragia obstétrica que representa respecto a la muerte materna total en México para los últimos 5 años.



Gráfico 1. Muerte materna causada por Hemorragia Obstétrica en México [15-20]

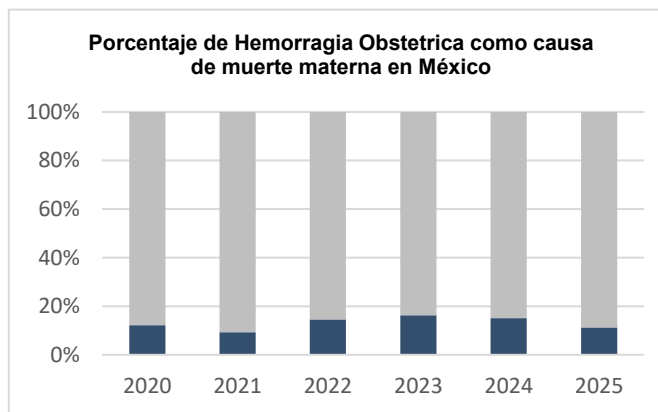


Gráfico 2. Porcentaje de Hemorragia Obstétrica como causa de muerte materna en México [15-20]

## **Factores de Riesgo**

A pesar de que la etiología de la HO se considera multifactorial, es decir, asociada a factores maternos, placentarios y enfermedades concomitantes, se ha identificado factores de riesgo asociados a la presencia de esta patología, siendo algunos de los principales: el embarazo múltiple (OR: 4.70 [IC 95%: 2.40-9.10]), el antecedente de HO en un embarazo previo (OR: 3.60 [IC 95%: 1.20-10.2]), preeclampsia (OR: 5.0 [IC 95%: 3.0-8.5]), macrosomía (OR: 2.1 [IC 95%: 1.62-2.76]), falta de progresión del trabajo de parto (OR: 3.4 [IC 95%: 2.4-4.7]), período expulsivo prolongado (OR: 7.6 [IC 95%: 4.2-13.5]), retención de placenta (OR: 7.83 [IC 95%: 3.78-16.2]), espectro de acretismo placentario (OR: 3.3 [IC 95%: 1.70-6.40]), episiotomía (OR: 4.7 [IC 95%: 2.6-8.4]), laceración perineal (OR: 1.4 [IC 95%: 1.04-1.87]) y anestesia general (OR 2.9 [IC 95%: 1.90-4.50]), entre otros [2].

## **Etiología**

El uso de la mnemotecnica de las cuatro “T” (tono, traumatismo, tejido y trastornos en la coagulación), descrita en guías internacionales de manejo de HO, alude a la representación de las cuatro causas más comunes para esta patología [3, 14]:

### **• Tono**

Anormalidades que afecten la contracción uterina y representa el 70 al 80% de las causas de HO. La contractilidad miometrial dependerá de la capacidad del miocito para mantener la homeostasis en la concentración iónica tanto intra como extracelularmente. La progesterona y el estrógeno tienen efectos inhibidores en la contracción, pues aumentan el potencial de reposo e inactivan la bomba de  $\text{Na}^+$ , así como al aumentar el  $\text{K}^+$  intracelular, respectivamente. La oxitocina y las prostaglandinas, por el contrario, reducen el potencial de reposo al facilitar la transferencia de iones de  $\text{Ca}^{2+}$  a través de la membrana celular [21]. Durante el embarazo, las arterias espirales pierden su cobertura de células musculares lisas y tras el alumbramiento se produce una disrupción en dichos

vasos, por lo que se depende de la contracción miometrial para evitar una hemorragia postparto. [22]. Algunas causas reconocidas son: sobredistensión uterina, causada a su vez por polihidramnios, gestaciones múltiples y macrosomía; otras causas son la infección e inflamación intraamniótica, parto precipitado o prolongado, miomatosis, placenta previa, anemia o distensión vesical, así como por alteraciones farmacológicas, por ejemplo: uso de terbutalina, anestesia halogenada, sulfato de magnesio, nifedipino y el uso prolongado de oxitocina [3,14].

#### • **Traumatismo**

Especifica a lesión de partes blandas, representando el 20% de los casos. Este puede ser causado por laceraciones en el canal de parto, dadas por un malposicionamiento de la paciente, parto instrumentado o a la realización de episiotomía. Así mismo, se puede producir por una ruptura o inversión uterina, esta última frecuentemente dada en casos de nuliparidad con implantación placentaria fúndica o a la excesiva tracción del cordón umbilical. [5].

#### • **Trastornos en las vías de la coagulación**

Representan del 3 al 5% de la etiología de la HO. Estos se pueden clasificar en estados preexistentes, como son las coagulopatías hereditarias (enfermedad de Von Willebrand o hemofilias) y las adquiridas durante el embarazo, como las producidas ante algunos eventos obstétricos, como: preeclampsia, coagulopatía intravascular diseminada, muerte fetal, infección, desprendimiento de placenta, embolia de líquido amniótico y tromboembolia pulmonar. Así mismo, se deben de reconocer causas de coagulopatía iatrogénica, como la administración de anticoagulación terapéutica o el uso excesivo de soluciones [3].

#### • **Tejido**

Hace referencia a retención de material organizado dentro de la cavidad uterina y se presenta en el 10 al 30% de los casos. Suele ocurrir, por ejemplo, ante la

expulsión incompleta de la placenta o por retención de coágulos. Otra asociación común es secundaria a la presencia del espectro de placenta acreta (PAS) [14].

## Espectro de placenta acreta (PAS)

### Definición

El PAS es un término histopatológico definido como la invasión trofoblástica anormal de una parte o el total de la placenta dentro del miometrio de la pared uterina subyacente; es una adhesión placentaria que se considera patológica [24].

### Epidemiología

Este padecimiento complica a 1 de cada 403-533 embarazos en países desarrollados [27]. En América Latina, se ha documentado un aumento en resolución del embarazo por cesárea >40%, lo que implica un aumento directo en el riesgo de presentar un

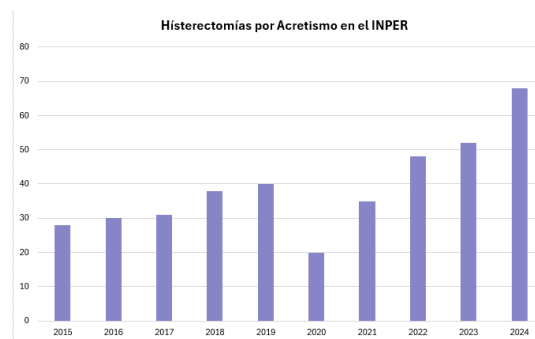


Gráfico 3. Histerectomías por PAS  
INPER

PAS [23]. Otros factores de riesgo se han identificado como son: edad materna >35

años (OR: 4.6 [IC 95%: 3.2-6.7]), fertilización in vitro (OR: 3.1 [IC 95%: 1.6-5.8]), placenta previa (OR: 292 [IC 95%: 196-400]), cesárea previa (OR: 8.8 [IC 95%: 6.1-12.6]), antecedente de 1 cesárea previa (OR: 6.6 [IC 95%: 4.4-9.8]), antecedente de 2 cesáreas previas (OR: 17.4 [IC 95%: 9.0-31.4]), antecedente de  $\geq 3$  cesárea previas (OR: 55.9 [IC 95%: 25-110.3]), cirugía menor en útero (OR:3.4 [IC 95%: 1.3-8.9]) y otros como miomectomía, adherencias intrauterinas, únicamente descritas en reportes de casos [28]. En el Instituto Nacional de Perinatología para el año 2024 se reportó un caso de PAS por cada 39 nacidos vivos, misma tasa que disminuyó respecto al 2023, con un caso por

cada 43 nacidos vivos. En el gráfico 3 podemos observar la distribución de histerectomías realizadas secundarias a este diagnóstico en los últimos años

### **Etiología**

Una de las hipótesis que explica su origen es la alteración estructural dada entre la interfase endometrio-miometrio como ocurre ante la presencia de una cicatriz uterina previa, en donde existen depósitos de colágeno y fibrina, así como edema, inflamación y elastosis [23] Estas alteraciones conllevan a una falla en la decidualización en el área que finalmente provocará una alteración en la infiltración trofoblástica [24].

### **Clasificación**

El PAS se clasifica de acuerdo con la profundidad de la invasión del tejido veloso, siendo la placenta acreta aquella en donde las vellosidades se adhieren superficialmente al miometrio; increta, en donde las vellosidades penetran en el miometrio hasta su capa serosa y percreta, en donde el tejido veloso perfora la totalidad de la pared uterina, incluso invadiendo otros órganos pélvicos [25]. Por otro lado, la FIGO clasifica al espectro de placenta acreta en grados, siendo el grado 1: Placenta anormalmente adherente (placenta adherente o creta), grado 2: Placenta anormalmente invasiva (increta) y grado 3: Placenta anormalmente invasiva (percreta), subclasificándola en 3a: limitada a la serosa uterina, 3b: Con invasión a vejiga y 3c: Invasión a otros tejidos pélvicos u otros órganos [29] Para precisar cada grado de la clasificación de acretismo placentario, se remite al *Anexo 1*.

### **Diagnóstico**

El diagnóstico prenatal del espectro de placenta acreta es crucial para planificar su manejo y con esto, reducir la morbilidad y la mortalidad materna [26]. El ultrasonido es el método diagnóstico de primera línea para el PAS. Presenta una sensibilidad del 90.7% y una especificidad del 96.9%. Algunos de los criterios que pueden definirse por este medio es la presencia de placenta previa,

presenta hasta en el 80% de los casos de acretismo placentario; así mismo, se puede observar múltiples vasos lacunares en el interior de la placenta, pérdida de la zona hipocócica entre la placenta y miometrio, adelgazamiento miometrial retroplacentario (<1mm), alteraciones en la interfase de la serosa uterina y la vejiga (siendo este el hallazgo con mayor especificidad en relación a PAS [99.7%]) [26] y la extensión placentaria al miometrio, serosa uterina o a la vejiga. El uso de Doppler color puede facilitar el diagnóstico de PAS, pues el flujo sanguíneo turbulento lacunar es el hallazgo más comúnmente identificable; además, junto con la vasculatura anormal, presentan la mejor asociación diagnóstica PAS, con una sensibilidad del 90.7% y una especificidad del 87.6% (OR: 69.0 [IC 95% 22.8-208.9]) [26]. Otros hallazgos son el aumento de la vascularidad subplacentario, uniones en el flujo sanguíneo miometrial y vasos puente entre la placenta y el margen uterino. En el primer trimestre algunos hallazgos altamente predictivos de desarrollo de PAS serán la presencia de un saco gestacional dentro de una cicatriz uterina previa, su localización en el segmento uterino bajo o la presencia de múltiples e irregulares espacios vasculares en el espacio placentario [24]. Se remite al *Anexo 2* en donde se describen las características imagenológicas a detalle.

Otra herramienta diagnóstica comúnmente utilizada es la Resonancia Magnética (RM), mismo que tiene una sensibilidad del 75-100% y una especificidad del 65-100% para el diagnóstico de PAS. Se debe considerar como complementaria al ultrasonido o solicitada ante duda diagnóstica, así mismo, puede ayudar a determinar la profundidad de la invasión [26]. Algunos de los hallazgos encontrados para el diagnóstico de PAS son: la presencia de bandas negras intraplacentarias en T2, intensidad heterogénea intraplacentaria, un abultamiento anormal de la placenta o del útero, disrupción entre la zona de unión útero-placentaria, así como vasos placentarios anormales y/o desorganizados [24, 26].

## **Tratamiento**

Existen diferentes líneas de tratamiento descritas en la bibliografía internacional actualmente y la decisión sobre cuál emplear dependerá de la posición, profundidad y la extensión de la invasión placentaria, así como las condiciones clínicas y deseos de fertilidad particulares para cada paciente [25].

- **Cesárea + histerectomía total abdominal en el mismo tiempo quirúrgico**

La ACOG, Society for Maternal Fetal Medicine y la RCOG establecen que la vía de abordaje recomendada es realizar una cesárea y posterior histerectomía, en donde no se extraiga la placenta tras el nacimiento del feto. Su implementación ha reportado disminución en desenlaces perinatales adversos, como la pérdida hemática, reintervención y estancia hospitalaria prolongada [25].

- **Administración de metotrexato**

El uso de metotrexato durante un manejo preservador o expectante se ha documentado para mejorar la involución y reabsorción placentaria. Sin embargo, se ha establecido relación con toxicidad hematológica (neutropenia y aplasia medular) y nefrológica materna con su uso y es contraindicada para la lactancia. [24]

- **Embolización arterial**

Se ha descrito la embolización de arterias uterinas ante hemorragia persistente o bien de manera preventiva, misma que se realiza con apoyo de radiología intervencionista. Algunas técnicas descritas son la embolización de la arteria uterina y/o la iliaca interna. Es particularmente útil cuando no hay causa de sangrado identificable durante la cirugía, empero, puede ser un abordaje difícil en pacientes hemodinámicamente inestables [25]

- **Cesárea con histerectomía total abdominal diferida**

En las guías internacionales se ha hecho mención que la cesárea con histerectomía en el mismo tiempo quirúrgico es el tratamiento de elección, sin embargo, una histerectomía diferida, así como el uso de tratamiento conservador son alternativas en donde se ha observado disminución en desenlaces perinatales adversos, como es la disminución de pérdida hemática. Esta se puede llevar acabo hasta 4 semanas posterior a la cesárea, en donde permanece la placenta in situ [24, 48]

### **Complicaciones de Hemorragia Obstétrica**

El National Institute for Health and Care Excellence clasifica a las complicaciones posteriores a una hemorragia obstétrica como “inmediatos” y “posteriores”. Dentro de las primeras, se incluye la anemia grave, lesión renal aguda, insuficiencia hepática, síndrome de dificultad respiratoria, infarto hipofisario, coagulopatía, transfusiones de productos sanguíneos, reintervención quirúrgica o la muerte. Las complicaciones posteriores pueden incluir miedo a morir o ansiedad en embarazos posteriores y pueden desarrollarse años tras una hemorragia obstétrica [30].

### **Tratamiento**

De acuerdo con la Organización Mundial de Salud, se sugiere que el tratamiento de primera línea ante hemorragia obstétrica sea uso de uterotónicos (se remite al *Anexo 3* para una lista completa de los fármacos comúnmente mencionados en guías internacionales de manejo), reposición de soluciones cristaloides y masaje uterino, seguido de medidas compresivas y finalmente el uso de tratamiento quirúrgico, como laparotomía, ligadura de arterias o bien histerectomía [31]. Sin embargo, para ofrecer un tratamiento efectivo ante un evento de hemorragia obstétrica, será necesario identificar la etiología y ofrecer un tratamiento dirigido [32].

## **Prevención**

Ante la presencia de hemorragia obstétrica que condiciona en un alto porcentaje la presencia de muerte materna, se considera prioritario llevar a cabo acciones preventivas que busquen mejorar la salud materna, siendo uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Organización Mundial de la Salud el reducir la tasa mundial de mortalidad materna a menos de 70 por cada 100 000 nacidos vivos para el año 2030. Se estima que del 54 al 93% de los casos de HO son prevenibles con la implementación de medidas de intervención efectivas [1].

## **Uso de análisis basado en aprendizaje computacional para variables biológicas**

Es un elemento predictor o diagnóstico ante diversos escenarios médicos y se considera una herramienta que permite una mejor toma de decisiones a partir del análisis extenso de bases de datos y detección de patrones e interacciones entre variables. Una de las ventajas del aprendizaje computacional incluye la habilidad de incorporar interacciones complejas entre variables no preestablecidas. En la actualidad, se continúa realizando investigación sobre la eficacia de la inteligencia artificial en el área de la salud. [33].

Un ejemplo de su empleo fue un estudio multicéntrico realizado en el año 2024, en donde se determinó la eficacia de diversos modelos predictivos basados en aprendizaje computacional. El algoritmo de The Naïve Bayes obtuvo una sensibilidad del 96.3% y efectividad del 98.6%, en la predicción de hemorragia obstétrica. Por otro lado, los algoritmos de Decision Tree y Random Forest obtuvieron sensibilidad del 94%; a comparación, los modelos predictivos tradicionales estiman resultados presentando una eficacia aproximada del 85.2%, debido a un número limitado de variables y su compleja interacción con los factores de riesgo que contribuyen a la hemorragia obstétrica [34].

## **JUSTIFICACIÓN**

La hemorragia obstétrica es un problema de salud pública mundial que contribuye de manera significativa al aumento en la morbilidad y mortalidad materna. El espectro de acretismo placentario es una causa de hemorragia obstétrica que, ante la ausencia de una adecuada identificación prenatal y de una estrategia terapéutica, puede provocar un cuadro hemorrágico severo que compromete la vida de la paciente y del feto. La prevención es un factor clave, pues se estima que el 60% de las pacientes con hemorragia obstétrica presentan al menos un factor de riesgo identificable y prevenible antes o durante el evento obstétrico. Organizaciones nacionales han remarcado la relevancia de realizar una herramienta predictiva que evalúe factores de riesgo asociados al aumento de incidencia de la hemorragia obstétrica y sus desenlaces perinatales. Una herramienta de estimación de riesgo dada a partir de las características propias de la paciente y de sus factores de riesgo pueden identificar hasta el 60-85% de las pacientes que experimentarán una HO.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es el valor predictivo de los perfiles creados a partir de métodos de inteligencia artificial para identificar desenlaces adversos perinatales que se puede estimar tras la identificación de factores de riesgo asociados a hemorragia obstétricas secundaria a la presencia de acretismo placentario, con el objetivo de disminuir la morbilidad y mortalidad prenatal asociada a este evento?

## **OBJETIVO**

Analizar mediante inteligencia artificial el valor predictivo de los factores de riesgo que condicionan aumento de morbilidad perinatal asociado a hemorragia obstétrica secundaria a la presencia del espectro de acretismo placentario.

Evaluar los resultados perinatales con los distintos tipos de manejo terapéutico para el espectro de placenta acreta aplicados en el Instituto Nacional de Perinatología.

## MATERIAL Y MÉTODOS

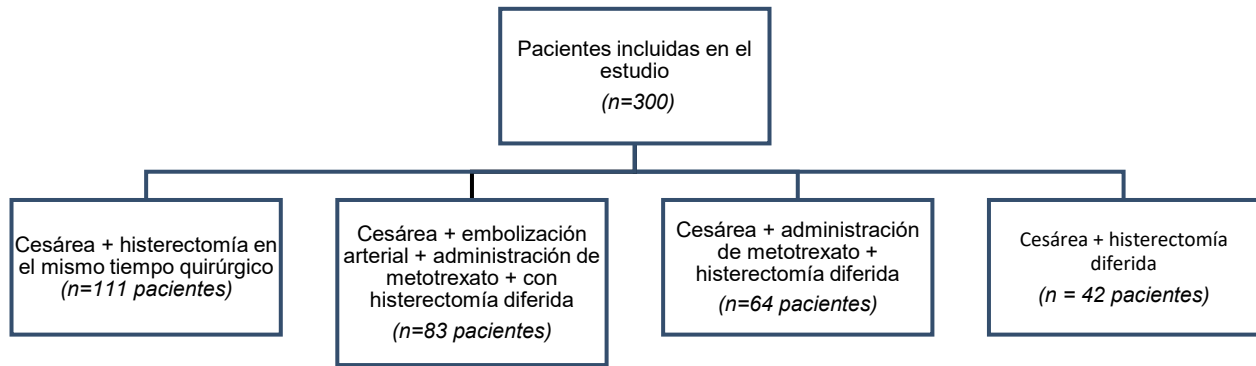
El presente estudio se basa en una cohorte retrolectiva cuyos datos fueron recabados entre los periodos de enero del 2015 a marzo del 2024, en donde se incluyeron 300 pacientes del Instituto Nacional de Perinatología con diagnóstico de espectro de placenta acreta. Se realizó recolección de datos a partir del Expediente Clínico Electrónico. Se recabaron datos clínicos de la paciente, antecedentes obstétricos, antecedentes quirúrgicos y desenlaces perinatales que ocurrieron durante o posterior a la resolución del embarazo, así como el tipo de manejo ante el espectro de acretismo placentario. Finalmente, se recabaron datos sobre el recién nacido al momento de su nacimiento.

Para este estudio, se consideraron las variables: edad materna, talla, peso al inicio de la gestación, IMC al inicio de la gestación, gestaciones previas, antecedente de parto y por cesárea, semanas de gestación al inicio del control prenatal y antecedente de histerotomía.

Como parte de los desenlaces perinatales, se tomó como variables de estudio: días de estancia hospitalaria, total de días de estancia en UCIA, sangrado total, paquetes globulares transfundidos, lesión transquirúrgica y reintervención, así como el puntaje APGAR al minuto 1 y a los 5 minutos y el puntaje de Capurro del recién nacido.

Para el análisis de la muestra, se realizaron cuatro grupos de estudio a partir del tipo de manejo elegido ante el espectro de acretismo placentario, como se muestra en el *esquema 1*.

1. Cesárea + histerectomía en el mismo tiempo quirúrgico (111 pacientes).
2. Cesárea + embolización arterial + administración de metotrexato + con histerectomía diferida (83 pacientes).
3. Cesárea + administración de metotrexato + histerectomía diferida (64 pacientes).
4. Cesárea + histerectomía diferida (42 pacientes).



**Esquema 1.** Esquema para el análisis de la muestra seleccionada

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **VARIABLES DESCRIPTIVAS Y DESENLACES PERINATALES**

Dependiendo del tipo de variable, los resultados se muestran como media y desviación estándar o proporciones y el análisis de diferencia entre grupos se realizó mediante el uso de ANOVA o Chi cuadrada.

### **Uso de Modelo de Inteligencia Artificial**

Se construyó un modelo de regresión utilizando un Regresor de Soporte Vectorial (SVR, por sus siglas en inglés) con el objetivo de predecir desenlaces perinatales reportados durante un evento de hemorragia obstétrica secundaria a PAS. Para ello, se emplearon como variables independientes las siguientes características clínicas: grupo de tratamiento, edad, talla (metros), peso al inicio de la gestación (kg), IMC al inicio de la gestación, gestaciones previas, antecedente de parto, antecedente de cesárea, antecedente de aborto, antecedente de ectópico, antecedente de histerotomía, edad gestacional al inicio del control prenatal, edad gestacional al diagnóstico, tipo de incisión en piel, histerectomía y dosis de metotrexato (m/m<sup>2</sup>sc). Posterior al procesamiento de los datos que incluyó la imputación de valores faltantes y la normalización de variables numéricas, se obtuvo una muestra total de 300 pacientes, mismos que fueron distribuidos en los cuatro grupos dependiendo del manejo terapéutico, previamente descritos. A su vez, el conjunto de datos fue

dividido en dos grupos: 80% para el entrenamiento y un 20% para la prueba final. La representatividad de los grupos se mantuvo mediante muestreo estratificado. La configuración de los hiperparámetros del modelo SVR se realizó utilizando GridSearchCV, una herramienta de búsqueda que evalúa combinaciones de parámetros a través de múltiples reentrenamientos. Este procedimiento permitió identificar los valores óptimos de los hiperparámetros del regresor de soporte vectorial que ofrecieron el mejor desempeño del modelo. Como métricas de evaluación se utilizaron Error Absoluto Medio (MAE: Mean Absolute Error) y Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE: Mean Absolute Percentage Error) ya que proporcionan una medida directa y fácilmente interpretable del error promedio entre las predicciones y los valores reales. El conjunto de entrenamiento se subdividió en 10 particiones mediante la técnica de validación cruzada, que permite entrenar el modelo en diferentes combinaciones de datos y evaluar su desempeño de forma robusta. Para cada iteración, se calcularon el MAE y MAPE, estimando el promedio y desviación estándar del MAE y MAPE. Se seleccionó como mejor modelo aquel que presentó el menor MAPE a lo largo de las validaciones.

## RESULTADOS

### Análisis descriptivo

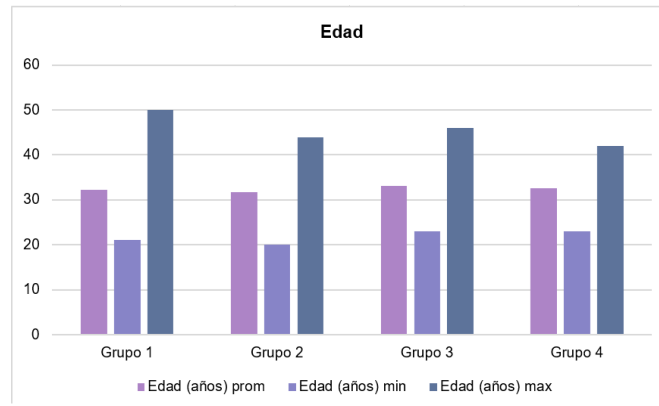
Para cada grupo estudiado, se analizaron los factores demográficos y antecedentes obstétricos, como se muestra en la *tabla 2*

	Tendencia	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Total	Valor P
Edad al diagnóstico (años)	Media	32.3	31.8	33.1	32.6	32.4	0.5
	Std	5.6	5.8	4.9	5	5.4	
Talla materna (metros)	Media	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5
	Std	0.06	0.05	0.06	0.08	0.06	
Peso inicio gestación (Kg)	Media	68	69.6	71.4	66.4	68.9	0.20
	std	11.4	12.4	12.8	18	13.1	
IMC inicio gestación	Media	27.7	27.9	28.9	27.2	28	0.32
	std	4.54	4.35	4.82	7	4.96	
Gestaciones previas	Media	3.4	3.5	3.4	4.04	3.5	0.11
	std	1.4	1.1	0.9	2.1	1.4	
Parto previo	Media	0.2	0.1	0.08	0.9	0.2	0.00
	std	0.6	0.4	0.3	1.8	0.8	
Cesárea previa	Media	2.1	2.1	2.3	1.4	2.1	

	<b>std</b>	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.00
<b>Antecedente histerotomía</b>	<b>Media</b>	0.01	0.02	0.01	0	0.01	0.80
	<b>std</b>	0.1	0.1	0.1	0	0.1	
<b>SDG al diagnóstico</b>	<b>Media</b>	31	30.8	31.5	30.2	30.9	0.74
	<b>std</b>	5.8	4.8	4.7	7.1	5.5	

**Tabla 2.** Factores demográficos y antecedentes obstétricos en la población estudiada

Respecto a la edad materna al diagnóstico, se observa que la edad media de las pacientes estudiadas fue de 32 años con desviación estándar de  $\pm 5.4$ . En el *gráfico 4* se presenta la distribución de edad por grupo de estudio. Respecto a la talla, se observa que la altura media fue de 1.57 metros con una desviación



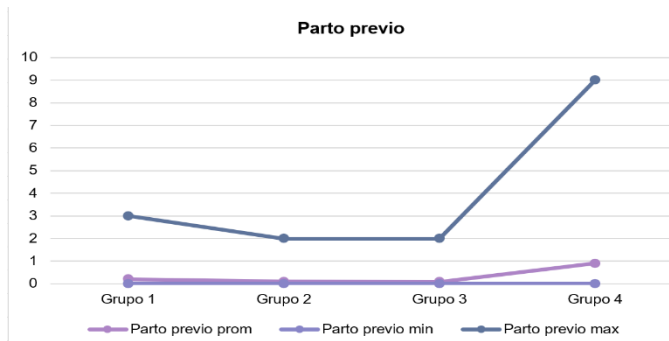
**Gráfico 4.** Relación de edad materna en los cuatro grupos estudiados

estándar de  $\pm 0.006$ . Se comparó el peso al inicio de la gestación entre grupos, encontrado una media de 68.9 kg con desviación estándar de  $\pm 13.1$ . En el apartado de Índice de Masa Corporal al inicio de la gestación, se recabó una media de 28 (sobrepeso de acuerdo con la clasificación de la OMS) con una desviación estándar de  $\pm 4.9$ .

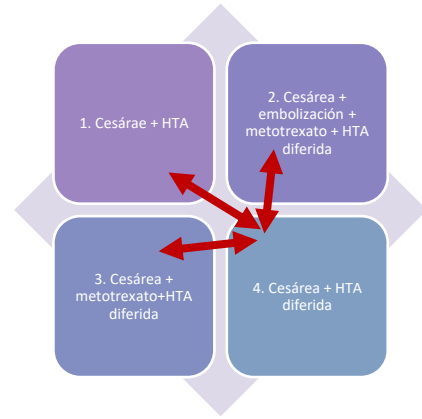
En el apartado de antecedentes obstétricos se reportó, para las gestaciones previas, que la mediana fue de 3 gestaciones, con un mínimo de 1 y máximo de 11. Para las semanas de gestación al diagnóstico, se presentó una edad gestacional media de 30.9 semanas de gestación con una desviación estándar de  $\pm 5.5$ . Respecto al antecedente de histerotomía, se realizó la misma para los grupos 1, 2 y 3. En el grupo 4 no se reportó la presencia de este evento quirúrgico. Para las variables previamente descritas, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos estudiados.

Para los antecedentes de resolución del embarazo por parto, destaca el grupo 4 teniendo una mayor cantidad (9 nacimientos), en el *gráfico 5* se representa la distribución de partos respecto a los grupos estudiados. A partir de un análisis con

estadística comparativa con ANOVA entre los cuatro grupos de estudio se encontró una p significativa ( $p=0.00$ ). Respecto a la diferencia individual entre grupos se encontró que era significativa entre el grupo 1 y 4, presentando una  $p=0.004$ , así como los grupos 2 y 4 con una  $p=0.0$  y los grupos 3 y 4 con una  $p=0.0$ , como se muestra en el *gráfico 6*

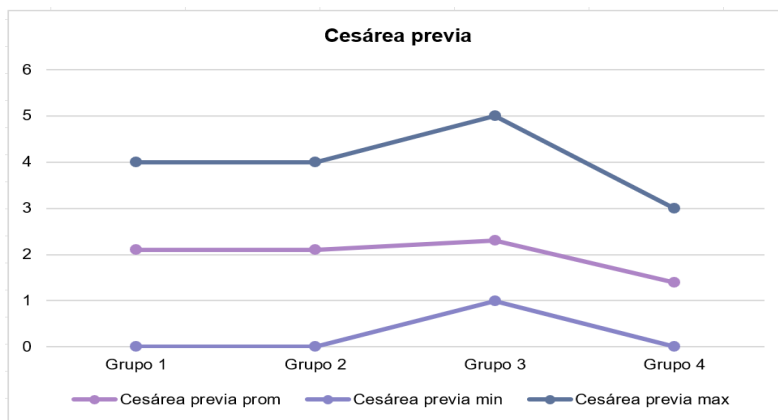


**Gráfico 5.** Relación de antecedente de parto en los cuatro grupos estudiados

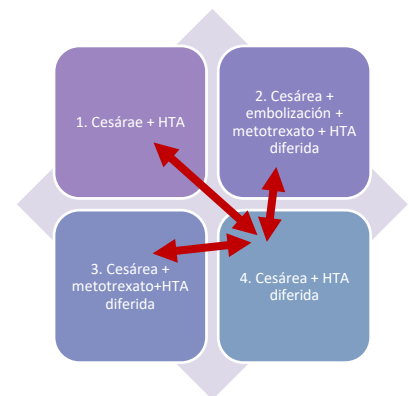


**Gráfico 6.** Diferencias significativas representadas con flechas entre los grupos de

Por otro lado, en resolución por cesárea, destaca el grupo 3 con el mayor número de resoluciones por esta vía (5 nacimientos). En el *gráfico 7* se observa la distribución de cesáreas previas respecto al grupo estudiado. Así mismo, se realizó un análisis comparativo con ANOVA entre los cuatro grupos encontrado una p significativa ( $p=0.00$ ); a su vez, se identificaron diferencias individuales para cada grupo, siendo estas presentes en el grupo 1 y 4 ( $p=0.00$ ), así como el grupo 2 y 4 ( $p=0.00$ ) y finalmente entre los grupos 3 y 4 ( $p=0.00$ ), como se esquematiza en el *gráfico 8*.



**Gráfico 7.** Relación antecedente de cesárea en los cuatro grupos estudiados



**Gráfico 8.** Diferencias representadas con flechas entre los grupos de estudio

## Análisis desenlaces perinatales (estadístico comparativo)

	Tendencia	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Valor P
APGAR 1 min	media	716	7.18	7.39	7.1	0.82
	std	1.67	1.60	1.55	1.64	
APGAR 5 min	media	8.6	8.57	8.92	8.83	0.18
	std	1.34	1.32	0.54	0.50	
Capurro	media	35.4	36.4	36.3	35.2	0.03
	std	2.99	2.42	2.53	3.48	
Días estancia hospitalaria	media	5.34	4.33	8.36	5.82	0.02
	std	1.98	2.94	2.16	2.22	
Total días UCIA	media	1.45	0.50	0.78	1.04	0.03
	std	1.59	1.60	1.29	1.64	
Sangrado total	media	3057.92	1160.48	2440.40	2192.10	0.00
	std	1996.64	897.6	1837.5	1232.30	
Paquetes globulares transfundidos	media	5.72	2.34	3.48	3.06	0.00
	std	5.72	1.63	2.40	2.18	
Lesión transquirúrgica	negativos	102	76	52	40	0.06
	positivos	9	7	12	2	
	% positivos / totales por grupo	8.10	8.43	18.75	4.76	
	% negativos / totales por grupo	91.89	80.2	81.25	95.23	
Reintervención	negativos	107	73	61	39	0.12
	positivos	4	10	3	3	
	porcentaje	133.33	333.33	100	100	

Tabla 3. Desenlaces perinatales por grupo de tratamiento

Respecto a los desenlaces perinatales adversos mostrados previamente en la *tabla 3*, se presentan las siguientes variables sin una diferencia entre grupos estadísticamente significativa: semanas de gestación al inicio del estudio, semanas de gestación al diagnóstico de PAS, puntaje de APGAR al minuto y a los 5 minutos, lesión transquirúrgica y reintervención quirúrgica.

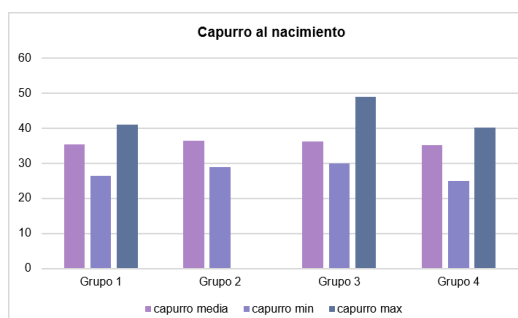


Gráfico 9 Relación de Capurro al nacimiento con los cuatro grupos estudiados

La variable de la edad gestacional por Capurro al nacimiento presentó una diferencia significativa entre sus grupos, siendo una  $p=0.03$ . Se esquematiza su distribución en el *gráfico 9*. Para los diferentes grupos de estudio se encontró diferencias para el grupo 1 y 2 con una  $p=0.02$  y 2 y 3 con una  $p=0.01$ , como se observa en el *gráfico 10*.

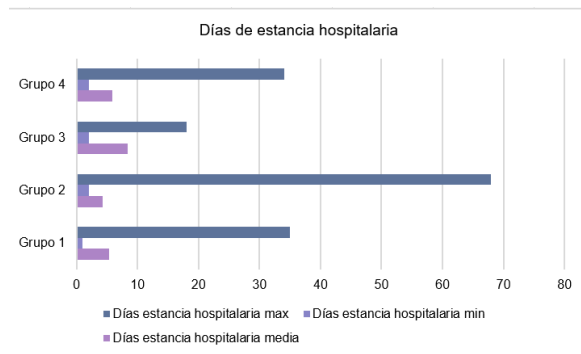


**Gráfico 10** Diferencias representadas con flechas entre los grupos de estudio

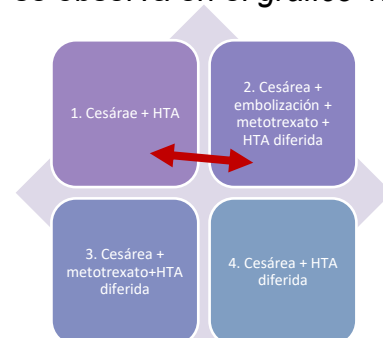
Para la variable de días de estancia hospitalaria, se realizó un análisis para definir la diferencia

entre los grupos estudiados mediante ANOVA, encontrando que esta fue significativa, con una  $p=0.02$ , esquematizada en el *grafico 11*.

Se realizó un análisis post hoc para buscar diferencias entre los grupos encontrando diferencias para el grupo 1 y 2 con una  $p=0.026$ , como se observa en el *gráfico 12*

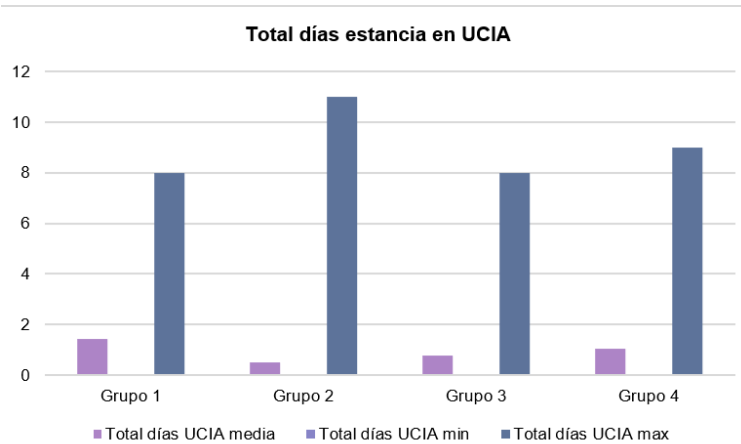


**Gráfico 11.** Relación de los días de estancia intrahospitalaria entre los cuatro grupos estudiados



**Gráfico 12.** Diferencias representadas con flechas entre los grupos de estudio

Al analizar de manera comparativa la variable de días totales de estancia en UCIA, se encontró diferencia significativa ( $p=0.0003$ ). Se observa la distribución de los grupos en la *gráfica 13*. Se presentaron diferencias individuales entre el grupo 1 y 2 ( $p=0.0002$ ) y el grupo 1 y 3 ( $p=0.03$ ), como se observa en la *gráfica 14*.

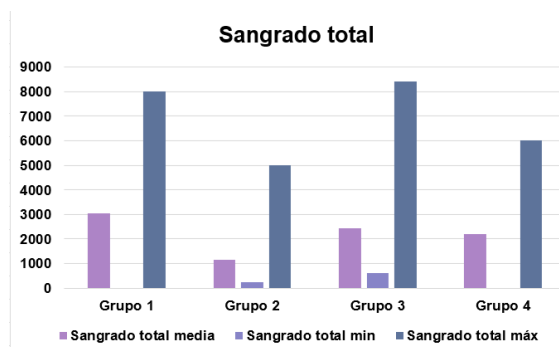


**Gráfico 13.** Relación de los días de estancia en terapia intensiva entre los cuatro grupos estudiados



**Gráfico 14.** Diferencias representadas con flechas entre los grupos de estudio

El análisis comparativo para el sangrado total mostró una diferencia entre sus grupos encontrando una p significativa ( $p=0.0006$ ). En el *gráfico 15* se observa la distribución por grupos. Al analizar de manera individual a sus grupos, se encontró diferencia para el grupo 1 y 2 con una  $p=0.002$  y para el grupo 2 y 4, con una  $p=0.001$ , como se muestra en el *gráfico 16*.



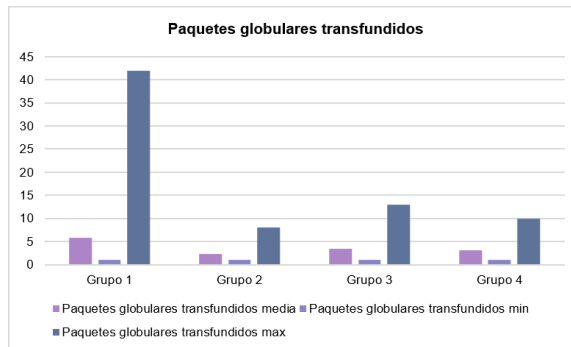
**Gráfico 15.** Relación de sangrado total entre los cuatro grupos estudiados



**Gráfico 16.** Diferencias representadas con flechas entre los grupos de estudio

Respecto a la variable de paquetes globulares transfundidos durante el evento obstétrico, se realizó el análisis comparativo por ANOVA, demostrando una diferencia entre grupos significativa ( $p=0.00$ ). Se observa su distribución por grupo en el *gráfico 17*. Para los grupos de manera individual, se encontró diferencia entre

el grupo 1 y 2 con una  $p=0.00$ , los grupos 1 y 3 con una  $p=0.00$  y los grupos 1 y 4 con una  $p=0.00$ . Tales diferencias se observan en el *gráfico 18*.



**Gráfico 17.** Relación de administración de paquetes globulares entre los cuatro grupos estudiados

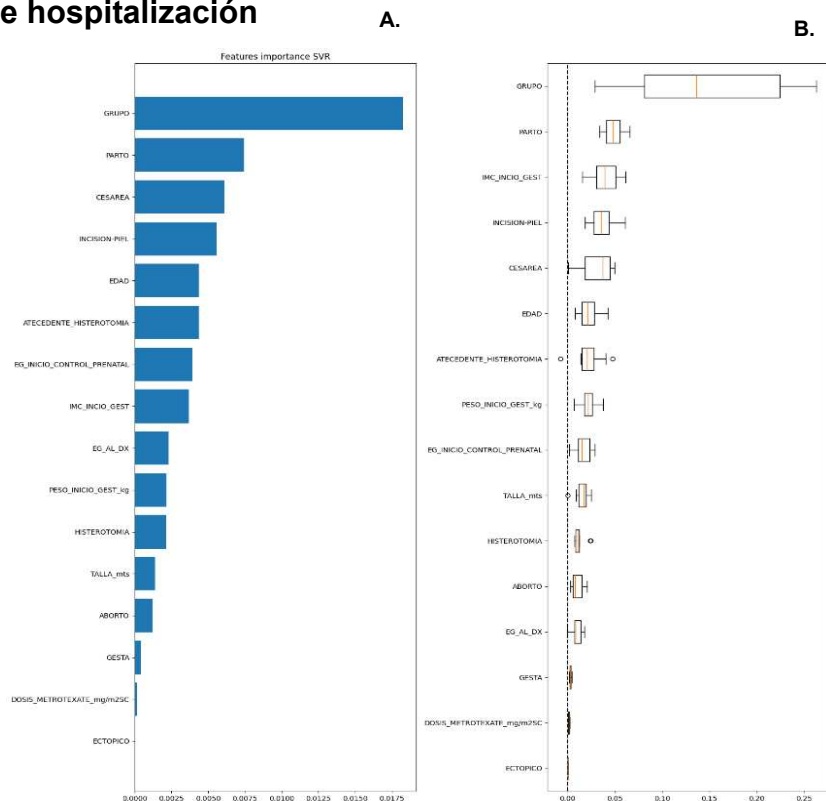


**Gráfico 18.** Diferencias representadas con flechas entre los grupos de estudio

## Uso de Modelo de Inteligencia Artificial

### SRV para total de días de hospitalización

Se llevó a cabo un análisis de relevancia de rasgos con el objetivo de identificar las variables que más contribuyeron a la predicción del modelo de regresión. Para ello, se utilizó el método de importancia por permutación, que evalúa la disminución del rendimiento del modelo cuando se altera aleatoriamente cada una de las características, manteniendo las demás constantes. Se generaron dos gráficos; el primero muestra el valor absoluto de la relevancia de características. El segundo gráfico es un “boxplot” ordenado según la media de las importancias considerando la dispersión



**Gráfico 19.** Factores de riesgo para total de estancia hospitalaria **A.** Valor absoluto de las variables. **B.** Boxplot de las variables

de los datos. El *gráfico 19* permite visualizar claramente qué rasgos presentan un mayor impacto sobre la predicción del modelo

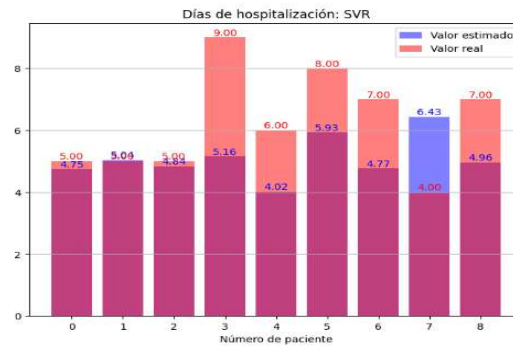
Se obtuvo un MAPE promedio de 2.06 días y un MAPE de 36.41%, representado en la *tabla 4*. El algoritmo se probó con el conjunto de prueba final, obteniendo un **MAE de 1.57 días y un MAPE de 24.47%**. En la *gráfica 20* inferior se observan los resultados del conjunto de prueba, mostrando los valores estimados y los valores reales.

Ite	Tamaño	MAE	MAPE	RMSE
1	16,4	2.184	37.766	2.706
2	16,4	1.589	31.067	2.466
3	16,4	2.825	53.163	3.346
4	16,4	1.916	31.995	2.180
5	16,4	1.667	29.102	2.292
6	16,4	1.531	29.840	2.452
7	16,4	2.025	35.409	2.691
8	16,4	1.407	25.150	2.207
9	16,4	3.693	58.776	3.697
10	16,4	1.831	31.892	2.243

MAE:	2.0668108468926274	±	0.6649843897171812
MAPE:	36.416125330382364	±	10.370817329225897

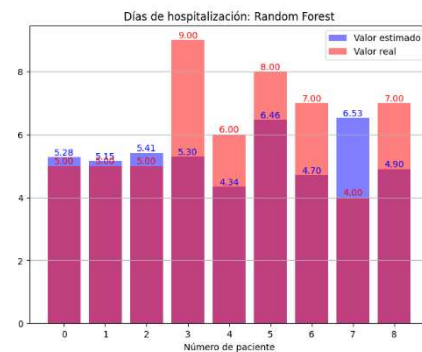
**Tabla 4.** Resultados de MAPE



**Gráfico 20.** Valores estimados y valores reales del resultado del conjunto de prueba para días de estancia en hospitalización

### Random Forest para el total de días de hospitalización

Se obtuvieron resultados inferiores al SVR, con un MAE de 1.63 días y un MAPE de 25.65%, como se observa en la *gráfica 21*. Se decidió descartar Random Forest



**Gráfico 21.** Random forest para el total de días de estancia hospitalaria

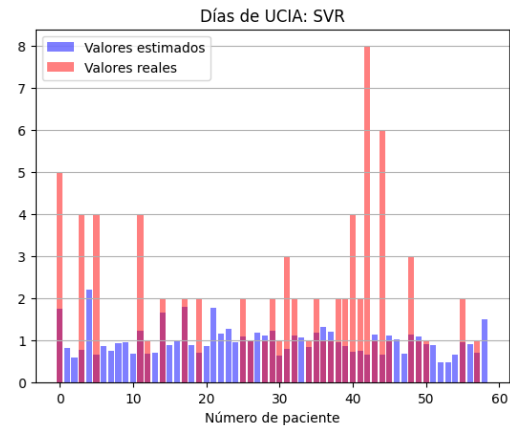
### SVR para el total de días en terapia intensiva

Se reentrenó al SRV para estimar el total de días en UCIA, sin embargo, debido a la distribución de los datos (la mayoría de pacientes con cero días en UCIA), no se obtuvieron resultados relevantes, como se muestra en la *tabla 5*.

TOTAL_DIAS_UCIA	count	Ite	Tamano	MAE	MAPE	RMSE
0.0	161	1	28,4	1.094	23.419	1.417
1.0	64	2	28,4	2.608	58.265	2.759
2.0	38	3	29,3	3.375	68.655	4.106
4.0	17	4	29,3	2.662	44.941	3.082
3.0	7	5	29,3	3.681	57.827	3.743
6.0	3	6	29,3	3.305	43.740	3.857
5.0	2	7	29,3	2.968	65.441	3.469
8.0	2	8	29,3	1.041	21.391	1.437
11.0	1	9	29,3	4.173	80.570	4.484
9.0	1	10	29,3	2.768	44.219	3.603
			MAE:	2.767421074674064	± 0.9657437042646255	
			MAPE:	50.846712723936506	± 18.073752227115346	

Tabla 5. SRV para estancia en UCIA

Durante la validación cruzada se obtuvieron valores de MAE de 2.76 días y MAPE de 50.84%, lo que no garantiza estimaciones acertadas. En la *gráfica 22* se observa que la mayor parte de los valores estimados se encuentran entre 0 y 1 debido a la distribución de los datos, lo que impide estimar valores fuera de la media.



Gráfica 22. SRV para días de estancia en terapia intensiva

### SVC para lesión transquirúrgica

La distribución de los datos de lesión transquirúrgica presentan una distribución en donde la mayor parte de los mismos están orientados a pacientes sin lesiones transquirúrgicas (clases desbalanceadas). Se realizó un remuestreo aleatorio para balancear las clases y entrenar el clasificador de soporte vectorial (también llamada máquina de soporte vectorial), como se observa en la *tabla 6*.

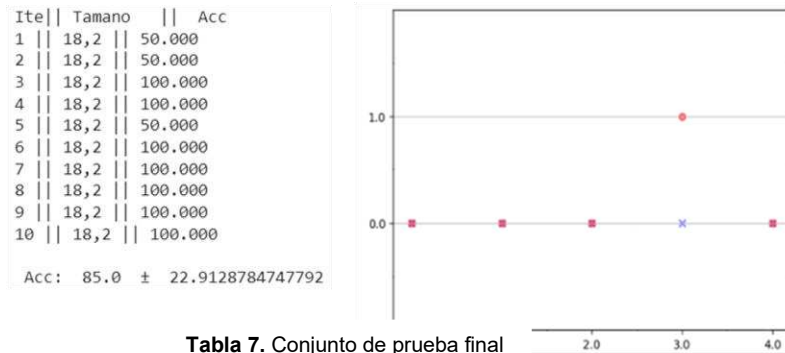
LESION_TRANSQUIRURGICA	count
0.0	269
1.0	30

LESION_TRANSQUIRURGICA	count
0.0	33
1.0	30

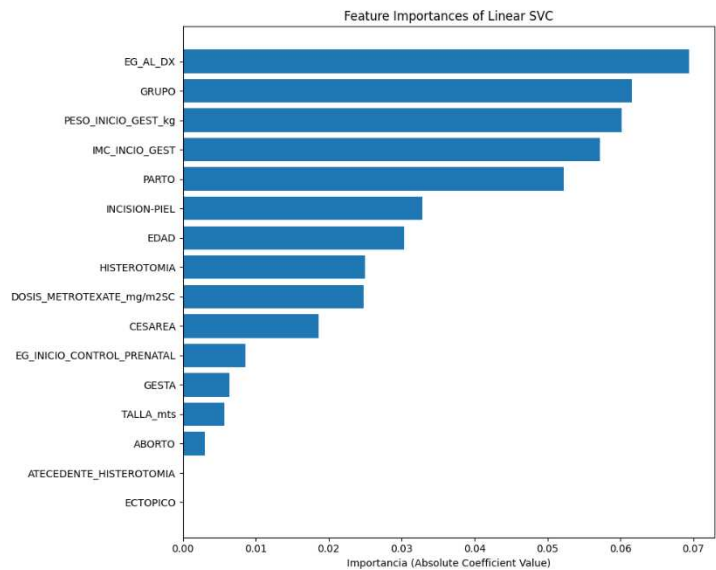
Tabla 6. Remuestreo para balance

Utilizando una validación cruzada de 10 vías, se obtuvo una exactitud de clasificación promedio del  $85 \pm 22.91\%$ . Utilizando el conjunto de prueba final, se obtuvo una exactitud de clasificación del **80%**. La *tabla 7* muestra en círculos rojos el grupo real del paciente, mientras que las 'x' en azul muestra el grupo estimado.



**Tabla 7.** Conjunto de prueba final

Se realizó un análisis de relevancia de rasgos para el clasificador, obteniendo que los factores con mayor relevancia fueron: la edad gestacional al momento del diagnóstico, el grupo de tratamiento, el peso al inicio de la gestación, el IMC al inicio de la gestación y el antecedente de parto, como se observa en el *gráfico 23*.



**Gráfico 23.** Factores de riesgo asociados a la presencia de lesión transquirúrgica

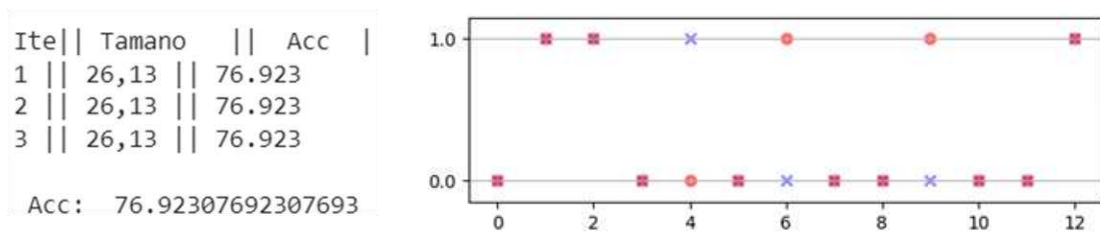
### SVC para reintervención quirúrgica

Se realizó un clasificador de soporte vectorial para clasificar si un paciente tendrá reintervenciones. Se realizó un recorte de los datos para balancear las clases, como se muestra en la *tabla 8*. Se obtuvo una exactitud de clasificación promedio de 76.92%, mientras que con el

	count	count	
REINTERVENCION		REINTERVENCION	
0.0	279	0.0	29
1.0	20	1.0	20

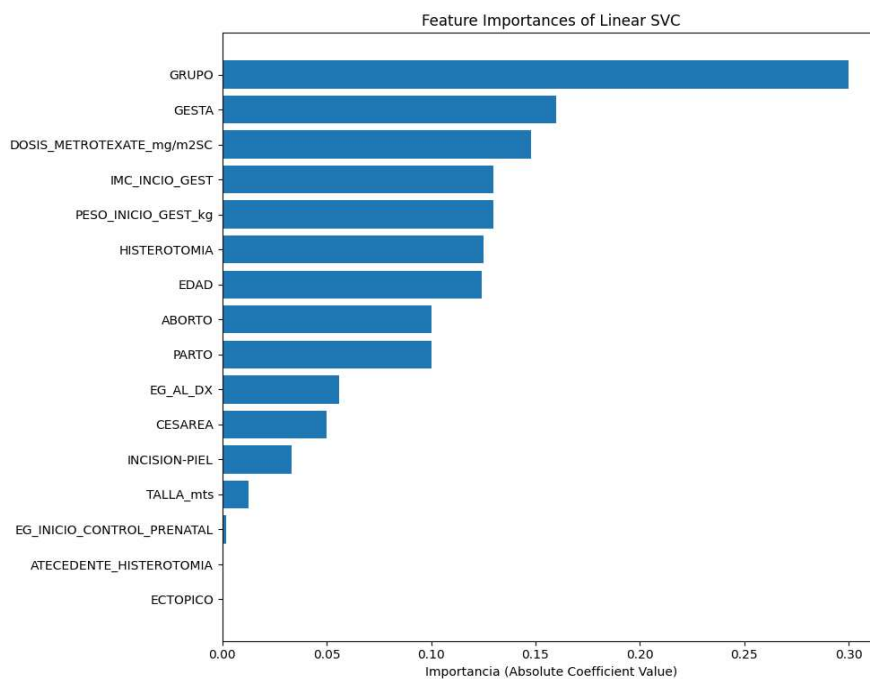
**Tabla 8.** Remuestreo para balance

conjunto de prueba final de obtuvo una exactitud de clasificación del 80%, como se observa en la *tabla 9*



**Tabla 9.** Conjunto de prueba final

Respecto análisis de relevancia de rasgos, se obtuvo que los factores con mayor relevancia fueron: el grupo de tratamiento, gestaciones previas, dosis de metotrexato, IMC y peso al inicio de la gestación, como se observa en la *tabla 10*.



**Tabla 10.** Factores de riesgo asociados a la presencia de SVR para lesión transquirúrgica

### SVR para el total de pérdida hemática

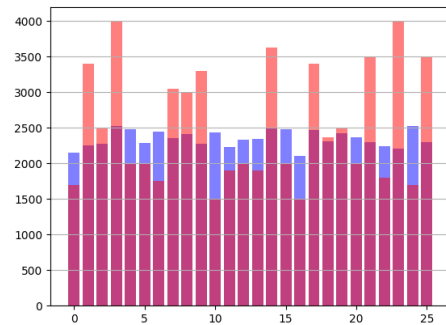
Se diseñó un regresor para la estimación del total de sangrado. Para utilizar la base de datos se descartaron los outliers. Utilizando validación cruzada se obtuvieron los resultados mostrados en la *tabla 10*

Ite	Tamano	MAE	MAPE	RMSE
1	115,29	632.012	30.361	782.871
2	115,29	656.415	30.462	762.034
3	115,29	834.472	40.057	1031.611
4	115,29	795.980	41.987	1020.874
5	116,28	839.398	41.927	1080.612
6	115,29	775.161	37.026	924.101
7	115,29	658.410	29.503	743.900
8	115,29	792.342	38.913	989.341
9	115,29	930.184	50.064	1192.184
10	116,28	736.678	35.161	946.287

MAE: 765.105153243545 ± 90.05425029469018  
 MAPE: 37.546076769582456 ± 6.133918694460724

Tabla 10. Conjunto de prueba final

Con el conjunto de prueba se obtuvo un MAE de 700.82 ml y un MAPE de 27.34%. La *gráfica 24* muestra los resultados de estimación del conjunto de prueba con 26 pacientes. En azul se encuentran los valores estimados y en rojo los valores reales.

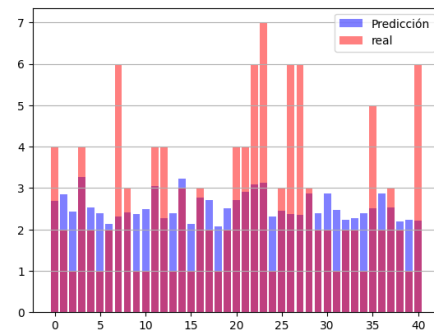


Gráfica 24. SVR para pérdida hemática

Después de realizar el análisis de relevancia de rasgos, se obtuvieron que las variables más relevantes fueron la talla, tratamiento, edad, peso al inicio de la gestación y edad gestacional al inicio del control prenatal. Adicionalmente, se realizó un regresor por Random Forest obteniendo un valor MAPE (28.24%) inferior al SVR, por lo cual el algoritmo fue descartado

### SVR para total de paquetes globulares transfundidos

Finalmente se realizó un regresor para estimar el total de paquetes globulares transfundidos, obteniendo un bajo desempeño con la validación cruzada y un MAE final de 58.6%, por lo cual no fue posible obtener un estimador confiable, como se muestra en el *gráfico 25*



Gráfica 25. SVR para pérdida hemática

## DISCUSIÓN

La hemorragia obstétrica representa una de las principales causas de muerte materna a nivel mundial, estimando una muerte materna cada 2 minutos por esta causa. En México, para el año 2024, representó la primera causa de muerte materna. Una de las causas para este desenlace perinatal adverso es el diagnóstico de acretismo placentario, mismo que complica entre 1 a 500 embarazos en países desarrollados. Para el tratamiento de la misma se han estudiado diferentes abordajes, como son la cesárea con histerectomía total abdominal en el mismo tiempo quirúrgico, administración de metotrexato, embolización arterial y la cesárea con histerectomía total abdominal diferida. En el presente trabajo, se estudian las variables más relevantes que condicionan un desenlace perinatal adverso. El análisis de variables dependientes clínicamente relevantes fue realizado con un modelo de soporte vectorial con dos objetivos principales: obtener los valores predictivos estimados para cada variable y su error absoluto de estimación y conocer las variables independientes (16 variables consideradas) que son relevantes en cada modelo predictivo de regresión.

Durante el análisis de las variables para cada grupo de estudio, se encontró que los antecedentes obstétricos presentan diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de tratamiento estudiados, en particular la cantidad de partos previos y antecedentes de cesárea (ambos con  $p=0.00$ ), lo que demuestra su relevancia como factor de riesgo para desenlaces maternos adversos. Se ha reportado en la literatura que la presencia de PAS tiene una incidencia de 1 en cada 3797 resoluciones vía vaginal, sin embargo, este riesgo aumenta ante la presencia de parto posterior a cesárea con una incidencia de 8.1 por cada 10 mil nacimientos; por otro lado, la cesárea previa es un factor de riesgo bien reconocido en donde se establece que el antecedente sin especificar número de cesáreas previas se asocia con 7 veces más riesgo de presentar PAS (OR: 8.8 [IC 95%: 6.1-12.6]); por otro lado, ante el antecedente de >3 cesárea previas, la asociación se eleva a 54 veces más para presentar PAS (OR: 55.9 [IC 95%: 25-110.3]) [28].

Respecto a los desenlaces adversos perinatales secundarios a la presencia de acretismo placentario, mismos que fueron analizados de acuerdo con el tratamiento elegido para cada grupo terapéutico, se encontró en nuestro estudio que el puntaje APGAR al minuto y a los 5 minutos fueron dos variables en las cuales no se presentó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de estudio ( $p=0.82$  y  $p=0.18$ , respectivamente), siendo estas variables homogéneas entre ellos. De acuerdo con Toussia y col, 2024 [38], el puntaje APGAR representa un desenlace adverso neonatal en contexto de PAS, en particular para presentar un puntaje  $<7$  a los 5 minutos (OR 2.2 [IC 95% 1.07-4.56]) siendo de 33.6% en comparación del 18.7% de riesgo que se tiene en ausencia de PAS, así como el ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales (OR 1.84 [IC 95% 1.05-3.24]) y el uso de ventilación mecánica (OR 1.58 [IC 95% 0.77-3.24]). [35]. De acuerdo con Stjernholm y col, 2024 describió una correlación entre las puntuaciones bajas de APGAR y la realización de una cesárea con histerectomía en el mismo tiempo quirúrgico ante el diagnóstico del espectro de placenta acreta, disminuyendo el APGAR  $<7$  a los 5 minutos de 72% a 21% cuando se implementó un diagnóstico temprano y manejo quirúrgico controlado [36]. Al momento no se ha encontrado bibliografía que describa la relación del APGAR respecto al tratamiento de cesárea con embolización arterial y/o administración de metotrexato, sin embargo, el uso combinado de metotrexato con la embolización de arterias uterinas ha sido descrito como efectivo para el manejo de PAS, al disminuir la vascularidad placentaria y mejorar la involución de la misma, lo que a su vez ha reducido el riesgo de presentar complicaciones perinatales [37].

Otro de los desenlaces neonatales reportados es el puntaje Capurro, mismo que en nuestro estudio se presenta con una diferencia significativa entre los cuatro grupos de estudio ( $p=0.03$ ). No se ha encontrado bibliografía que especifique un puntaje de Capurro en relación con los manejos para acretismo placentario, sin embargo, al igual que para el APGAR bajo, se menciona que un manejo quirúrgico planeado, así como el tratamiento con embolización arterial y/o uso de metotrexato, disminuye el riesgo de desenlaces neonatales [36,37]. Los riesgos fetales y neonatales son principalmente el resultado de la prematuridad y el diagnóstico prenatal de PAS tiene

un mejor pronóstico en comparación con un diagnóstico no conocido al momento de la resolución del embarazo [38]. Por otro lado, de acuerdo con guías internacionales para el manejo del espectro de placenta acreta, sí se ha establecido edades gestacionales para la mejor resolución de la gestación, misma que se puede relacionar con su Capurro al nacimiento. LA ROCG establece la resolución del embarazo recomendada entre las semanas 35.0-36.6, por su parte, la Fetal Medicine propone a las semanas 34.0-35.6 de gestación o bien, de manera nacional, en el Instituto Nacional de Perinatología se considera la resolución a las 36.0-37.0 semanas de gestación [8,24,25].

Dentro de los desenlaces obstétricos, se buscó en nuestro estudio la relación de los días de estancia hospitalaria con las diferentes líneas de manejo para acretismo placentario. La estancia hospitalaria prolongada puede estar influenciada por diversos factores de riesgo como características clínicas o complicaciones durante o posterior a la resolución del embarazo. Algunos de los factores relacionados con el aumento de estancia hospitalaria (promedio >7 días), así como con pérdida hemática severa e ingreso a terapia intensiva son: gestaciones previas, invasión en PAS, método diagnóstico, hemoglobina anteparto, raza y el tipo de incisión uterina [39]. En nuestro estudio se observó una diferencia entre los grupos de tratamiento ( $p=0.02$ ), por lo que hay relación entre el manejo de PAS y los días de estancia hospitalaria. Se encontró que para el grupo de cesárea + embolización arterial + administración de metotrexato + con histerectomía diferida se presentó la menor cantidad de días de estancia hospitalaria (0); a comparación, el resto de los grupos estudiados presentó hasta 10 días de estancia hospitalaria. Esto puede remarcar los beneficios de un tratamiento combinado en comparación con únicamente manejo quirúrgico. No hay reportes en la bibliografía que especifique los beneficios del metotrexato o embolización arterial directamente relacionado con los días de estancia hospitalaria.

En el análisis con inteligencia artificial para esta variable se observó que el modelo mostró un MAE de 1.57 días y un MAPE de 24.47%. Las variables más relevantes fueron: el tipo de tratamiento recibido, la vía de nacimiento (parto-cesárea), el tipo de incisión en piel (que está relacionada con la variable predictora principal), la edad

materna y el antecedente de histerotomía; sin embargo, al ordenar la relevancia de acuerdo con la dispersión individual de los valores de cada variable (boxplot), el índice de masa corporal materno se coloca en el modelo de regresión, como la tercera variable predictora. El tiempo de estancia hospitalaria suele prolongarse por morbilidad materna grave, frecuentemente asociada a la hemorragia obstétrica y la necesidad de una histerectomía de urgencia, la necesidad de transfusión o ingreso a unidad de cuidados intensivos también pueden prolongar esta estancia hospitalaria, sin embargo, en nuestro modelo, más que buscar el tiempo de hospitalización como factor de riesgo, demuestra cuales son las variables que condicionan los días totales de estancias hospitalaria.

El ingreso a terapia intensiva se identificó como desenlace adverso en la población estudiada respecto al diagnóstico de PAS. Se presentó una diferencia significativa entre los diferentes grupos de tratamiento del estudio ( $p=0.03$ ), lo que sugiere que existe diferentes desenlaces maternos de acuerdo con el tipo de tratamiento administrado. El abordaje terapéutico en PAS se puede asociar directamente con la morbilidad e ingreso a unidad de cuidados intensivos. De acuerdo con Mitric y col 2019, se observó que el 8.5% de las pacientes a quienes se les realizó un manejo con cesárea + histerectomía ingresaron al servicio de terapia intensiva [40]. Por otro lado, al proponer un manejo conservador, como el uso de metotrexato, se pueden disminuir las complicaciones asociadas a una histerectomía de emergencia y así reducir los días de estancia hospitalaria.

Por otro lado, la transfusión de paquetes globulares se estudió como variable en relación con los diferentes grupos de tratamiento, siendo uno de los desenlaces adversos presentes ante diagnóstico de PAS. Para nuestro estudio, se presentó una diferencia estadísticamente significativa entre grupos con una  $p=0.00$ . El uso de paquetes globulares suele ser necesario para reducir otros riesgos obstétricos como son la hemorragia obstétrica severa, histerectomía o incluso reintervenciones quirúrgicas y se estima que aproximadamente el 32.5% de las pacientes requerirá transfusiones masivas [43]. Para el manejo con cesárea e histerectomía, Bhanumathy y col, 2024 [44] determinaron que ante la presencia de PAS, el uso promedio de paquetes globulares fue de  $2 \pm 0.38$  unidades. Para el uso de

metotrexato, se ha asociado que un manejo conservador puede representar una estrategia para minimizar el riesgo de hemorragia obstétrica y la necesidad de transfusión de paquetes globulares, sin embargo, no se encontraron estudios en donde se especifique dicha afirmación. Finalmente, se ha descrito para el uso de embolización arterial que esta puede llegar a reducir la pérdida hemática en un 33% ( $P=.03$ ), así como la transfusión de paquetes globulares hasta en un 51% (OR 0.05 IC 95% 0.001-0.20) [45].

Durante el abordaje de una PAS es frecuente la presencia de lesiones transquirúrgicas, por tanto, para este estudio se buscó su relación respecto a los cuatro grupos de tratamiento, sin embargo, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre ellos ( $p=0.06$ ). Se ha reportado la presencia de lesión vesical (12.4%), lesión ureteral (1.1%), lesión en colon (0.37%) [46]. Para el manejo con cesárea e histerectomía incluyen lesión vesical en el 56% de los casos y lesión ureteral en un 8% [47]. Por otro lado, se ha reportado que ante un manejo con histerectomía diferida y manejo conservador, se puede reducir la morbilidad asociada con realizar histerectomía, reportando menor lesiones transquirúrgicas [48]. Respecto al uso del modelo de inteligencia artificial con relación para esta variable, se realizó un remuestreo aleatorio para entrenar al clasificador de soporte vectorial (máquina de soporte vectorial), en donde la exactitud de clasificación fue del 80%. El análisis de relevancia mostró que las principales variables que condicionan y predicen una correcta clasificación fueron por orden de importancia: la edad gestacional al momento del diagnóstico, el tipo de tratamiento recibido, el peso materno al inicio de la gestación, el IMC materno, el antecedente del parto y el tipo de incisión realizado, relacionado con el tipo de tratamiento y la edad materna. No se encuentran en la literatura el uso de máquina de soporte vectorial para la predicción de lesión transquirúrgica. Nuestro modelo busca la clasificación correcta de resultados adversos relevantes, que puedan después incluirse en un modelo general que identifique los perfiles integrales de riesgo.

Para la variable de reintervención quirúrgica, no se encontró para nuestro estudio una diferencia entre los grupos de tratamiento que presentara relevancia estadística ( $p=12$ ), sin embargo, en la literatura se ha reportado en el 2.9% de los casos de PAS [46]. Así mismo, se ha reportado que los principales tipos de reintervención quirúrgica incluyen la laparotomía exploradora sin histerectomía en un 27%, legrado uterino en el 23% y debridamiento y drenaje de herida quirúrgica en el 22%; así mismo, la hemorragia obstétrica fue la causa más común para decidir una reintervención quirúrgica en el 47% de los casos, seguida de infección o dehiscencia de herida quirúrgica en el 18% o bien por la presencia de hematoma o hemoperitoneo en un 14% [48]. Para el manejo conservador, se ha reportado la necesidad de reintervención en un 1.9% siendo principalmente la realización de histerectomía [49]. Para un manejo con cesárea e histerectomía, se ha mencionado la necesidad de reintervención principalmente ante datos de sangrado o infección, sin embargo, no se encontraron medidas estadísticas medibles en la bibliografía. Ante el uso de inteligencia artificial para la variable de reintervención, se tuvo una clasificación del 80%, mismo que fue obtenido con el clasificador de soporte vectorial. Esta variable se consideró relevante por la alta asociación con morbilidad materna. Se realizó un análisis de las variables relevantes que podrían condicionar un procedimiento quirúrgico de reintervención, de las cuales, las más importantes fueron: el tipo de tratamiento recibido, el número de gestaciones, la administración de medicamentos como metotrexato, IMC corporal materno, peso materno e histerotomía previa.

La hemorragia es la principal complicación y causa de morbilidad y mortalidad causada por acretismo placentario. Para la pérdida hemática total, se observó una diferencia entre los cuatro grupos de tratamiento que fue estadísticamente significativa ( $p=0.00$ ), por lo que la elección de tratamiento presentará una diferencia en el desenlace perinatal. En un estudio multicéntrico en el año 2020 realizado por Sceickert y col [42] se reportó que para 338 mujeres, la pérdida hemática promedio fue de 2000 cc, clasificándose como hemorragia obstétrica. De realizar una histerectomía sin el diagnóstico previo de PAS se llegó a presentar una pérdida hemática de hasta >3500 ml; así mismo, se establece que una pérdida hemática

>3500 cc fue menos frecuente en pacientes con un manejo conservador (placenta in situ) (OR 0.1 [IC 95% [0.0 – 0.6]], pero fue más común en pacientes con una histerectomía diferida (OR 6.5 [IC 1.7-24.4]) Por otro lado, las técnicas de oclusión arterial, como embolización, o bien la utilización de uterotónicos, no presentaron relación estadísticamente significativa. Otro hallazgo que destacar es que ante la presencia de cirujanos sin experiencia para un abordaje quirúrgico, el riesgo de pérdida hemática >3500 cc se presentó con asociación significativa (OR 3.0 [IC 95%: 1.4-6.4]. Ante el uso de inteligencia artificial para el análisis de este desenlace perinatal, el regresor de soporte vectorial arrojó un MAE de 782 ml, con un MAPE de 27.3%. Al analizar las variables relevantes que están relacionadas con el sangrado total fueron: la talla materna, el tipo de tratamiento recibido, edad, peso al inicio de la gestación y la edad gestacional en que inicio el control prenatal; sin embargo al realizar la corrección por los valores medios y las medidas de dispersión el orden de las variables cambian su nivel de relevancia y se ubica el tipo de tratamiento como la variable principal, seguido por la talla, la edad materna y el peso al inicio de la gestación. La relevancia de conocer cuáles son las variables determinantes para el resultado perinatal adverso, como el sangrado total, nos permite crear sistemas predictivos con alta sensibilidad.

Finalmente, cabe aclarar que los resultados comparativos entre los grupos de tratamientos institucionales para el PAS, muestran que la embolización arterial combinada con metrotexato está relacionado con un menor sangrado total, sin embargo, el haberse registrado dos muertes maternas asociadas al procedimiento de embolización y factores de riesgo relacionados, lo hacen impropio en la práctica clínica. En la actualidad, en el Instituto Nacional de Perinatología no se cuenta con un servicio de radiología intervencionista que permita realizar la embolización arterial, por lo que se espera a manera prospectiva contar con el equipo y personal capacitado para poderlo realizar de una forma controlada y así reevaluar el impacto de dicha intervención en futuros trabajos de investigación en nuestra población.

## **CONCLUSIÓN**

La hemorragia obstétrica representa una de las principales causas de muerte materna y el trastorno de placenta acreta es una causa relevante para el desarrollo de la misma, por lo que se puede presentar aumento en la morbimortalidad perinatal. Durante nuestro estudio se corroboró la relevancia de antecedentes como parto y cesárea previa para el desarrollo de PAS. Así mismo, se identificaron desenlaces maternos adversos y su relevancia de acuerdo con el tratamiento otorgado a la paciente, destacando el Capurro al nacimiento, días de estancia hospitalaria, estancia en terapia intensiva, pérdida hemática total y número de paquetes globulares transfundidos. Para el análisis por inteligencia artificial, se analizaron 16 variables mediante dos métodos: regresor de soporte vectorial (SRV) y Random Forest (RF). El resultado para los desenlaces (días totales de hospitalización, sangrado total, predicción de lesiones transquirúrgicas y reintervenciones) seleccionados como de alto impacto para morbilidad y mortalidad materna fue satisfactorio. Se logró identificar el regresor de soporte vectorial con mejores resultados que Random Forest. Se logró predecir con un 80% las variables de resultado perinatal adverso. El presente estudio abre la puerta a un camino poco explorado: la utilización de la inteligencia artificial con sus diversas herramientas que nos permitan con variables clínicas crear los perfiles de alto riesgo específico no solo para hemorragia, sino para aquellos resultados adversos que tienen más impacto en la morbilidad y mortalidad materna.

El próximo paso en nuestra línea de investigación es la integración de las variables estudiadas en este trabajo en un sistema integral predictivo generado por IA para la predicción de resultados perinatales adversos, no solo en el PAS sino en todo el espectro de patologías que causan hemorragia obstétrica.

## REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Hoja de ruta para combatir la hemorragia puerperal entre 2023 y 2030. 2024
2. RCOG. Green top Guideline No 52. Prevention and Management of Postpartum Haemorrhage. 2016
3. ACOG Practice Bulletin.183. Clinical Management Guidelines for Obstetrician – Gynecologists. Postpartum Hemorrhage. 2017
4. RANZCOG. Clinical Guidance Statement. Management of Postpartum Haemorrhage (PPH). 2021
5. SOGC Clinical Practice Guideline. Guideline No. 431: Postpartum Hemorrhage and Hemorrhagic Shock. No.431. 2022
6. GPC. Diagnóstico y tratamiento de la Hemorragia Obstétrica en la Segunda Mitad del Embarazo y el Puerperio Inmediato. Evidencias y Recomendaciones. 2009
7. Susanu C; Harabor A; et Al. Predictin intra and postpartum hemorrhage through artificial intelligence.Medicina. 2024.d
8. Instituto Nacional de Perinatología. Normas y Procedimientos en Obstetricia. 2021
9. Heitkamp A; Meulenbroek A; et Al. Maternal mortality: near-miss events in middle-income countries, a systematic review.Bulletin of the World Health Organization. 2021
10. Souza J; Tina L; et Al. A global analysis of the determinants of maternal health and transitions in maternal mortality. The Lancet. 2024
11. Organización Mundial de la Salud. Mortalidad materna. 2025. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality>
12. Goffman D; Nathan L; et Al. Obstetric hemorrhage: A global review. Seminars in Perinatology. Elsevier. 2015
13. Dahlke J; Mendez H; et Al. Prevention and management of postpartum hemorrhage: a comparison of 4 national guidelines. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2015

14. Briones-Garduño JC. Progresos en el control de la hemorragia posparto: una revisión semisistemática. *Ginecol Obstet Mex* 2025
15. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. Informes Semanales para la Vigilancia Epidemiológica de Muertes Maternas 2024
16. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. Informes Semanales para la Vigilancia Epidemiológica de Muertes Maternas 2020
17. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. Informes Semanales para la Vigilancia Epidemiológica de Muertes Maternas 2021
18. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. Informes Semanales para la Vigilancia Epidemiológica de Muertes Maternas 2022
19. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. Informes Semanales para la Vigilancia Epidemiológica de Muertes Maternas 2023
20. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Epidemiología. Informes Semanales para
21. Miler H; Ansari J. Uterine atony. Wolters Kluwer Health, 2022.
22. Koutras A; Fasoulakis Z; et Al. Physiology and Pathology of Contractility of the Myometrium. *In Vivo*. 2021.
23. Jauniaux E; Jurkovic D; et Al. New insights into the etiopathology of placenta accreta spectrum. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2022
24. The American college of Obstetricians and Gynecologists / Society for Maternal fetal Medicine. *Obstetric Care Consensus: Placenta accreta spectrum*. 2018
25. Royal College of Obstetricians and Gynaecologists. *Green top Guideline No 27<sup>a</sup>: Placenta Praevia and Placenta Acreta: Diagnosis and Management*. 2018

26. SOGC. Clinical Practice Guideline. No. 383-Screening, Diagnosis, and Management of Placenta Accreta Spectrum Disorders. 2019
27. Jauniaux E; Kingdom J; et Al. A comparison of recent guidelines in the diagnosis and management of placenta accreta spectrum disorders. Best Practice and research Clinical Obstetrics and Gynaecology. 2021
28. Saccone G, Caissutti C; et Al. Uterine massage as part of active management of the third stage of labour for preventing postpartum haemorrhage during vaginal delivery: a systematic review and meta-analysis of randomised trials. BJOG. 2018
29. Jauniaux E, Ayres de Campos D; et Al. FIGO classification for the clinical diagnosis of placenta accreta spectrum disorders. International Federation Of Gynecology and Obstetrics. 2019
30. Endres K; Razavi N; et Al. A retrospective analysis of complications associated with postpartum hemorrhage up to 1 year postpartum in mothers with and without a pre-existing mental health diagnosis. Womens Health. 2023.
31. Vogel J; Nguyen P; et Al. Effectiveness of care bundles for prevention and treatment of postpartum hemorrhage: a systematic review. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2024.
32. Gonzalez V; Schneider P. Prevention of postpartum hemorrhage. Semin. Fetal Neonatal Med. 2020
33. Venkatesh, K; Strauss, R; et Al. Machine Learning and Statistical Models to Predict Postpartum Hemorrhage. Obstet. Gynecol. 2020.
34. Susanu C; Harabor A; et Al. Predictin intra and postpartum hemorrhage through artificial intelligence. Medicina. 2024
35. Toussia Shlomi; Castel E; et Al. Neonatal outcomes in pregnancies complicated by placenta accreta- a matched cohort study. Archives Of Gynecology and Obstetrics. 2024
36. Stjernholm Y; etl Al. Improved Maternal and Neonatal Outcomes in Advanced Placenta Accrete Spectrum Disorder in Need of Peripartum Hysterectomy after Structured Clinical Guidelines. Journal of Surgery. 2024.

37. Chou M; Yuan J; et Al. Successful treatment of placenta accreta spectrum disorder using management strategy of serial uterine artery embolization combined with standard weekly and a 8-day methotrexate/folinic acid regimens at 7 weeks of gestation. *Taiwanese Journal of Obstetrics & Gynecology*. 2020.
38. Donovan B; Shainker S. Placenta Accreta Spectrum. *NeoReviews*. 2021.
39. Shazly S; Horu I. et Al. Prediction of clinical outcomes in women with placenta accreta spectrum using machine learning models: an international multicenter study. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. 2021
40. Mitric C; Desilets J; et Al. Surgical Management of the Placenta Accreta Spectrum: An Institutional Experience. *The Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada*. 2019
41. Gupta A; Aneja A. et Al. Save the Uterus. *Society of Fetal Medicine*. 2015
42. Scwickert A; Van Beekhuize H. Association of peripartum management and high maternal blood loss at cesarean delivery for placenta accreta spectrum (PAS): A multinational database study. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2021
43. Naser A; Praveen V. et Al. Study of maternal and neonatal outcomes of placenta accreta spectrum in a tertiary care hospital. *Asian Journal of Medical Sciences*. 2023
44. Bhanumathy P; Mecherll D; et Al. Caesarean Hysterectomy for Placenta Accreta Spectrum in a Single Centre: A Series of 19 Cases. *EMJ* 2024
45. Muñoz J, Blankenship L; et Al. Implementation and outcomes of a uterine artery embolization and tranexamic acid protocol for placenta accreta spectrum. *AJOG*. 2023.
46. Zakhara M; Abd El-Hafize E; et Al. Case Load of Placenta Previa and Accreta at Assuit Women's Health Hospital: Maternal and Neonatal Outcomes. *Medical Journal of Cairo University*. 2019
47. Rageh A; Khalaf M; et Al. Peripartum hysterectomy for cesarean section with morbidly adherent placenta: case series of 25 patients. *International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and gynecology*. 2018

48. Amiro F; Fishel M; et Al. Management Approaches for Placenta Accreta Spectrum – Not a one size fits all approach. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2023
49. Shohra J; Hessami K; et Al Delivery outcomes in the subsequent pregnancy following the conservative management of placenta accreta spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. AJOG. 2023

## ANEXOS

### Anexo 1. Clasificación del espectro de placenta acreta [29]

CLASIFICACIÓN GENERAL PARA EL ESPECTRO DE PLACENTA ACRETA			
	Definición	Clínica	Histología
Grado 1	Placenta anormalmente adherida (placenta adherente o creta)	<b>En parto, laparotomía o cesárea:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin separación placentaria con uso de oxitocina y con tracción controlada del cordón umbilical</li> <li>• La extracción manual de placenta produce pérdida hemática abundante en el lugar de implantación</li> </ul>	<b>Macroscópico:</b> Útero no muestra distensión sobre el lecho placentario (protuberancia placentaria), sin tejido placentario invadiendo la superficie placentaria y neovascularización mínima o ausente <b>Microscópico:</b> Lecho placentario con áreas extensas de decidua ausente entre el tejido veloso y el miometrio con vellosidades placentarias adheridas al miometrio superficial
Grado 2	Placenta anormalmente invasiva (incretta)	<b>En laparotomía:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecho placentario con coloración azulada/morada y protuberancia placentaria</li> <li>• Hipervascularidad significativa (lecho placentario denso y múltiples vasos que discurren paralelos craneocaudalmente en la serosa uterina)</li> <li>• No se observa tejido placentario invadiendo la serosa uterina</li> <li>• La tracción suave del cordón umbilical provoca la retracción del útero sin que se separe la placenta (Signo del hoyuelo)</li> </ul>	Vellosidades placentarias dentro de las fibras musculares y/o en el lumen de la vasculatura uterina profunda (arterias radial o arqueada)
Grado 3	Placenta anormalmente invasiva (percreta)		
Grado 3 a	Limitada a la serosa uterina	<b>En laparotomía:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serosa uterina alterada y tejido placentario que invade la superficie del útero</li> <li>• No hay invasión a ningún otro órgano, incluida la pared posterior de la vejiga</li> </ul>	Tejido veloso dentro o rompiendo la serosa uterina
Grado 3 b	Invasión de la vejiga urinaria	<b>En laparotomía:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vellosidades placentarias invadiendo la vejiga, pero no otros órganos</li> <li>• No se identifica un plano quirúrgico claro entre la vejiga y el útero</li> </ul>	Tejido veloso que irrumpe la serosa uterina e invade el tejido de la pared de la vejiga
Grado 3 c	Invasión de otros tejidos/órganos pélvicos	<b>En laparotomía:</b> Las vellosidades placentarias invaden el ligamento ancho, la pared vaginal, la pared pélvica o cualquier otro órgano pélvico (con o sin invasión de la vejiga)	Tejido veloso que atraviesa la serosa uterina e invade tejidos/órganos pélvicos (con o sin invasión de la vejiga)

## Anexo 2. Signos ultrasonográficos descritos en PAS [26]

Signo ultrasonográfico	Descripción
<b>Escala de grises en 2D</b>	
<b>Pérdida de la “clear zone”</b>	Pérdida o irregularidad del plano hipoeoico en el miometrio debajo del lecho placentario
<b>Lagunas placentarias anormales</b>	Presencia de numerosas lagunas que suelen tener flujo turbulento visible
<b>Disrupción de la pared de la vejiga</b>	Pérdida o interrupción de la pared vesical (línea hiperecótica entre la serosa uterina y el lumen vesical)
<b>Adelgazamiento del miometrio</b>	Miometrio que recubre la placenta a <1 mm o indetectable
<b>Protuberancia placentaria</b>	Desviación de la serosa uterina causada por una protuberancia anormal del tejido placentario hacia un órgano vecino. La serosa uterina parece intacta, pero su contorno está distorsionado
<b>Masa exofítica focal</b>	Se observa tejido placentario atravesando la serosa uterina y extendiéndose a más de sus límites. Se observa con mayor frecuencia dentro de la vejiga urinaria llena
<b>Ultrasonido Doppler 2D</b>	
<b>Hipervascularidad útero-vesical</b>	Se observa una cantidad considerable de señal Doppler color entre el miometrio y la pared posterior de la vejiga, representando numerosos vasos tortuosos y densamente agrupados en esa región
<b>Hipervascularidad subplacentaria</b>	Vasos tortuosos y agrupados en esa región
<b>Vasos puente</b>	Los vasos parecen extenderse desde la placenta, a través del miometrio y más allá de la serosa hacia la vejiga u otros órganos. Suelen ser perpendiculares al miometrio
<b>Vasos nutricios de lagunas placentarias</b>	Vasos con flujo sanguíneo de alta velocidad que discurren por el miometrio hacia las lagunas placentarias, lo que provoca turbulencia a su entrada
<b>Ultrasonido Doppler 3D</b>	
<b>Hipervascularidad intraplacentaria</b>	Disposición compleja e irregular de numerosos vasos placentarios, que presentan trayectos tortuosos y calibres variables

### Anexo 3. Fármacos uterotónicos utilizados en el manejo de Hemorragia Obstétrica [2-6]

Medicamento	Dosis	Contraindicaciones	Efectos adversos
Oxitocina	IV: 10-40 UI en 500 a 1000 cc de solución en infusión para 4 minutos y posteriormente 7-15 UI /h IM: 10 UI	Hipersensibilidad	Nausea, vómito, hiponatremia, hipotensión
Ergonovina	IM: 0.25 mg cada 2-4 horas. Dosis máxima: 1 mg	Hipertensión, preeclampsia, enfermedad cardiovascular e hipersensibilidad	Náusea, vómito, hipertensión
Carbetocina	IV/ IM 100 mcg	Asma, hipertensión, enfermedad hepática, pulmonar o cardíaca	Náusea, vómito, diarrea, fiebre, cefalea, sudoración, hipertensión y broncoespasmo
Misoprostol	600 a 1000 mcg oral, sublingual o rectal dosis única	Hipersensibilidad	Náusea, vómito, diarrea, fiebre y cefalea
Ácido tranexámico	IV: 1g Oral y repetir en 30 minutos en caso necesario	Hipersensibilidad	Nausea, vómito, diarrea, cefalea, trombosis venosa profunda, embolismo pulmonar