

UNIVERSIDAD AMERICANA
Facultad de Ciencias Médicas
Carrera Medicina



Informe final de investigación

Utilidad del doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre en el
abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana en gestantes atendidas en el
Hospital Sermesa Masaya, enero - diciembre 2024

Integrantes:

- Br. Witney Mercedes Algaba Martínez
- Br. Emily Elizabeth Castillo López

Docentes investigadores:

Tutor metodológico:

Dr. Gerardo Guillermo Blass Alfaro
MSc. en Epidemiología

Tutor científico:

Dr. Arlen Valenzuela Jirón
Especialista en Ginecología y Obstetricia
Postgrado de Alta Especialidad en Obstetricia Crítica
MSc. en investigaciones biomédicas

Diciembre del 2025

Índice

I. Resumen	1
II. Dedicatoria	2
III. Agradecimientos	3
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Justificación	4
IV. Planteamiento del problema	6
V. Objetivos de investigación	7
VI. Marco teórico	8
A. Preeclampsia	8
1. Definición de preeclampsia	8
a) Clasificación de preeclampsia	8
(1) Clasificación con fines de pronóstico perinatal	8
(a) Preeclampsia de inicio temprano	8
(b) Preeclampsia de inicio tardío	8
(2) Clasificación de acuerdo al grado de severidad	8
(a) Preeclampsia	8
(b) Preeclampsia con criterios de severidad	8
B. Ultrasonografía doppler	9
1. Definición de ultrasonografía	9
2. Definición del ultrasonido doppler	9
a) Bases biofísicas del ultrasonido doppler	10
(1) El efecto doppler	11
(2) Modalidades del doppler	11
(a) Doppler de color	11
(b) Doppler de potencia	11
(c) Doppler espectral	12
(3) Optimización de la imagen doppler	13
(a) Tamaño del volumen de muestra	13
(b) Ángulo doppler	13
(c) Ganancia doppler	13
(d) PRF	13
(e) Filtro de pared	13
3. Definición del doppler de arterias uterinas.	14
a) Criterios para la realización del doppler de arterias uterinas	14
(1) Momentos de realización del doppler de arterias uterinas	15
(a) Primer trimestre	15
(b) Segundo trimestre	15

(c) Tercer trimestre	15
4. Aspectos técnicos de la medición del ultrasonido doppler de arterias uterinas	15
a) Vías de evaluación del ultrasonido doppler	15
(1) Vía vaginal	15
(a) Técnica en vía vaginal en primer trimestre	16
(b) Técnica en vía vaginal en segundo trimestre	16
(2) Vía abdominal	16
(a) Técnica en vía abdominal en primer trimestre	16
(b) Técnica en vía abdominal en segundo trimestre	17
b) Técnica de medición en el ultrasonido doppler de arterias uterinas	17
5. Hallazgos en el doppler de arterias uterinas relacionados a la predicción de PE	17
a) Índice de pulsatilidad de las arterias uterinas.	18
(1) Utilización del índice de pulsatilidad de las arterias uterinas como principal parámetro de evaluación.	18
(2) Valores normales de IP de acuerdo a la semana gestacional	18
b) Notch o muesca protodiastólica	19
c) Índice de resistencia	19
6. Relación entre la fisiopatología de la preeclampsia y los hallazgos en el doppler de arterias uterinas.	19
VII. Hipótesis de investigación	20
VIII. Diseño metodológico	21
A. Área de estudio	21
B. Tipo de estudio	21
C. Universo	21
D. Muestra	21
E. Estrategia muestral	22
F. Unidad de análisis	22
G. Criterios de inclusión y exclusión	22
H. Variables por objetivos	22
I. Matriz de operacionalización de las variables.	23
J. Método de obtención de información	28
K. Plan de análisis	28
IX. Consideraciones éticas	32
X. Resultados	33
XI. Discusión de resultados	35
XII. Conclusiones	44
XIII. Recomendaciones	46
XIV. Bibliografía	48
XV. Anexos	54

1. Resumen

Objetivo: Determinar la utilidad del doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana en gestantes atendidas en el Hospital Sermesa Masaya, enero - diciembre 2024.

Diseño metodológico: Estudio observacional, transversal analítico, retrospectivo, cuantitativo. La muestra incluyó 121 gestantes seleccionadas por muestreo probabilístico sistemático. Se incluyeron variables sociodemográficas, antecedentes clínicos, presencia de $IPm > P95$, diagnóstico de preeclampsia temprana (PEt) y estudios de exactitud diagnóstica. Los datos se obtuvieron mediante revisión de expedientes clínicos con ficha estructurada y se procesaron con estadística descriptiva en SPSS v.25.

Resultados: La edad promedio fue de 30.36 años. El 5% presentó un $IPm > P95$. La mediana de edad gestacional fue de 22 semanas. La preeclampsia en un 6.6%. El Doppler mostró sensibilidad del 50%, especificidad del 98%, VPP del 66.7% y VPN del 97%.

Conclusión: No hubo asociación estadística significativa entre edad materna, antecedentes clínicos y preeclampsia temprana, sin embargo, sí se observó entre $IPm > P95$ y PEt ($p < 0.000$; OR 55.5). La correlación de Spearman mostró una relación inversa entre el IP y la edad gestacional. El doppler es útil como tamizaje selectivo en gestantes de alto riesgo.

Recomendaciones: Establecer un sistema de clasificación de riesgo para indicar el Doppler racionalmente, implementar una prueba de tamizaje masivo alternativa, definir un protocolo para indicarlo en preeclampsia, incorporarlo como herramienta de tamizaje selectivo en segundo trimestre y utilizarlo dentro de un modelo de cribado multifactorial.

Palabras clave: Doppler de arterias uterinas, índice de pulsatilidad, preeclampsia temprana.

2. Dedicatoria

A mi mita, Bertha, por ser quien ha cuidado de mí toda mi vida y su amor incondicional; a mi madre, Marlene, quien ha trabajado porque nunca me falte nada y por ser mi modelo a seguir y a mi tía, Damaris, porque sin ella nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermana, Nathalia, por quien me esfuerzo diariamente por ser un buen ejemplo a seguir y me motiva a ser una buena persona; a mi papá, Guadalupe, por estar presente en mi vida y apoyarme a su manera; y a mi abuelo, porque aunque ya no esté con nosotros, sé que estaría orgulloso de la persona en la que me he convertido.

Emily Elizabeth Castillo López

A mi abuela Mercedes, por cuidarme desde que era pequeña, acompañarme con su ternura hasta el día de hoy y por enseñarme a no ser tan dura conmigo misma. A mi mamá Eneyda por apoyarme en cada una de mis decisiones, brindarme su amor incondicional y hacer siempre lo posible por verme feliz. A mi tía Marling, por esperarme tantas noches al salir tarde de la universidad y por regalarme palabras de comprensión y aliento en los días en que más lo necesitaba. A mi abuelo Eugenio, por ser un pilar incondicional en mi vida.

Y, por último, pero no menos importante, a mi amigo y fiel compañero durante los últimos cinco años de la carrera, que hoy descansa en el cielo, Zeus, por su compañía y lealtad que me brindó en los momentos más difíciles de la carrera.

Witney Mercedes Algaba Martínez

3. Agradecimientos

A Dios, por nunca dejarme sola en la adversidad y mostrarme siempre el camino ante cualquier dificultad. A mi familia, por su apoyo, paciencia y confianza; gracias por enseñarme el valor de la vida y brindarme las herramientas para construir una vida plena. A mis amigos y mejores amigas, por acompañarme en este viaje, por los momentos felices compartidos y por enseñarme a ver la vida desde otra perspectiva. A mi novio, por su compañía, por creer en mí y recordarme siempre de lo que soy capaz. A Witney, mi compañera de tesis y amiga, por su compromiso, apoyo y por hacer que trabajar en conjunto fuera un proceso tan llevadero. Y finalmente, a mi mascota, Coco, por su compañía incondicional en las noches de desvelo.

Emily Elizabeth Castillo López

Agradezco profundamente a Dios por brindarme paciencia, fuerza y perseverancia para no rendirme a lo largo de mi camino y permitirme avanzar cada día con el objetivo de convertirme en la mejor versión de mí misma. A mi familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y su afecto, por inculcarme los valores que me han guiado hasta hoy. A mis amigos, por acompañarme en cada etapa de este camino y hacer más significativa mi experiencia universitaria, por los buenos y malos momentos que quedarán grabados para siempre en mi vida, por cada risa compartida y por cada lágrima que nos fortaleció.

A mi compañera y amiga Emily, por ser una de las personas más sinceras, pacientes y comprensivas que conozco, por su apoyo constante y por acompañarme en los momentos más difíciles.

Witney Mercedes Algaba Martínez

Agradecemos de manera especial a la Dra. Arlen Valenzuela, nuestra tutora científica, y al Dr. Gerardo Blass, tutor metodológico, por su guía en este camino de investigación y por marcar una diferencia significativa en nuestro proceso formativo.

De igual forma, expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Dra. Ivonne Leytón, por su disposición, paciencia y el valioso conocimiento que nos compartió; sin su apoyo, culminar este trabajo no habría sido posible.

Finalmente, a todas las personas que aportaron su tiempo, conocimientos y compañía, gracias por ser parte de esta experiencia.

1. Introducción

Rodríguez Serret et al. (2020) afirma que la Preeclampsia (PE) constituye una enfermedad propia del embarazo, del parto y el puerperio, con compromiso multisistémico, asociado a alteraciones en el desarrollo placentario y a múltiples factores que provocan lesión endotelial. Clínicamente, se define como la aparición de cifras de presión arterial sistólica iguales o superiores a 140 mmHg y/o presión arterial diastólica de 90 mmHg después de la semana 20 de gestación. Esta puede acompañarse o no de proteinuria y suele comprometer órganos diana (MINSA, 2022).

De acuerdo a la OMS (2025), entre el 2% y el 8% de embarazos se ven afectados por preeclampsia, por ello, anualmente se registran aproximadamente 46,000 muertes maternas y hasta 500,000 muertes fetales o neonatales. En América Latina, este trastorno junto con eclampsia son responsables del 25% de muertes maternas, evidenciando su impacto significativo en la región. En Nicaragua, los trastornos hipertensivos en el embarazo, parto y puerperio constituyen la tercera causa de hospitalización solo por debajo de partos vaginales y cesáreas, y constituyen la segunda causa de muerte materna (MINSA, 2024). Las estadísticas demuestran la importancia de contar con métodos para vigilar e intervenir en la PE temprana.

Conza et al. (2023) expone que el ultrasonido doppler de arterias uterinas (AtU) fue descrito por primera vez como un medio para la predicción de PE. Posteriormente, se desarrolló un nuevo estudio que valoraba la evaluación de las arterias uterinas entre las 19 a 25 semanas de gestación y se encontró que los principales factores predictores para PE eran el índice de resistencia elevado y la presencia del notch protodiastólico. Luego, se determinó que el índice de pulsatilidad (IP) promedio de las AtU es el mayor indicador para predecir la posibilidad de desarrollar PE temprana.

Por ello, la presente investigación es relevante ya que permite respaldar el uso de doppler de AtU en el abordaje diagnóstico de PE temprana. Por consiguiente, el objetivo del presente estudio es determinar la utilidad del doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana en gestantes atendidas en el Hospital Sermesa Masaya, enero - diciembre 2024.

2. Antecedentes

A nivel internacional

En Ecuador, en enero de 2023, Rivera et al. presentaron el artículo “Doppler de arterias uterinas para tamizaje y prevención de preeclampsia” cuyo objetivo fue describir la utilidad de la ecografía Doppler de las arterias uterinas para el tamizaje y prevención de preeclampsia, se llevó a cabo mediante una búsqueda sistemática de la bibliografía en las principales bibliotecas médicas electrónicas. Esta revisión incluyó documentos publicados entre octubre de 2007 y octubre de 2022 relacionados con la utilidad de la ecografía Doppler de arterias uterinas. De la revisión se concluyó que por sí sola esta prueba ha sido sobreestimada, ya que posee baja efectividad como predictor de preeclampsia, sin embargo, al combinarse con las características maternas y otros marcadores aumentan la tasa de detección de preeclampsia.

En Ecuador, en abril de 2023, Conza et al. publicó el artículo “Índice de pulsatilidad del Doppler de las arterias uterinas para predecir preeclampsia: revisión de literatura”, cuyo objetivo fue analizar la utilidad del índice de pulsatilidad del Doppler de las arterias uterinas como predictor de preeclampsia, mediante una revisión de la literatura con el fin de implementar su uso en el primer nivel de atención en salud. Se encontró que la sensibilidad es menor del 50% y la especificidad mayor del 90% en la mayoría de artículos revisados, cuya eficiencia aumenta en el segundo y tercer trimestre. Respecto al valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN) resultan variables dependiendo del estudio, pero destaca un bajo VPP y un alto VPN. Se concluyó que el doppler de AtU de forma aislada no presenta la precisión necesaria para el diagnóstico de preeclampsia, por lo que utilizarlo como la única herramienta lleva a una detección deficiente de la patología.

En Ecuador, en junio del 2024, Rojas y Rumipamba, publicaron la tesis “Evaluación de la utilidad del índice de pulsatilidad arterial uterina para el diagnóstico temprano de la preeclampsia” cuyo objetivo fue evaluar la utilidad clínica del índice de pulsatilidad arterial uterina para el diagnóstico temprano de preeclampsia, para lograrlo realizaron la revisión documental de la literatura. Se concluyó que la medición del IP de las arterias uterinas mediante el ultrasonido doppler tiene valor significativo para la detección precoz de preeclampsia, encontrando que al presentar un $IP > 90$ en el segundo trimestre se correlaciona

con un mayor riesgo de desarrollarla. También determinaron que la detección temprana de preeclampsia al utilizar el IP de arterias uterinas como herramienta de cribado mejora los resultados perinatales y reduce la morbilidad materna y fetal.

En México, en julio de 2023, Salgado publicó una tesis para obtener el título de subespecialista en Medicina Materno Fetal titulado “Medición por flujometría Doppler de arterias uterinas como predictor precoz de preeclampsia temprana durante las semanas 18 - 24 de gestación” cuyo objetivo fue determinar el valor predictivo de la flujometría Doppler como predictor precoz de preeclampsia temprana. Se realizó un estudio con diseño observacional, transversal, retrospectivo. En su investigación se observó que, entre las pacientes que desarrollaron preeclampsia, el 89% presentaban un índice de pulsatilidad medio (IPm) de las arterias uterinas superior al percentil 95. En contraste, el 99% de las pacientes que no desarrollaron la enfermedad mostraron un IPm inferior a dicho valor. Por lo tanto, se concluyó que la flujometría Doppler tiene una sensibilidad del 94%, una especificidad del 98%, un valor predictivo negativo del 99% y un valor predictivo positivo del 89%.

A nivel regional

En Guatemala, en diciembre del 2023, Luna publicó un artículo científico de revisión titulado “La ultrasonografía doppler para predicción y prevención de la preeclampsia” que tuvo por objetivo el conocer la ultrasonografía doppler para predicción y prevención de la preeclampsia el cual se llevó a cabo mediante una revisión bibliográfica basada en artículos científicos, guías y manuales sobre preeclampsia, doppler de arterias uterinas y su utilidad en la predicción y prevención de preeclampsia. Mediante la revisión se concluyó que la ultrasonografía doppler de arterias uterinas es una herramienta útil, no invasiva para el tamizaje de pacientes con factores de riesgo para preeclampsia, consolidado como una de las mejores herramientas para la predicción de preeclampsia por su sensibilidad diagnóstica reflejada en un 47% y especificidad del 92% en el primer trimestre del embarazo, especialmente cuando se complementa con factores de riesgo, marcadores bioquímicos que se encuentran en algoritmos diseñados para calcular el riesgo de preeclampsia entre el primer trimestre, lo cual garantiza un diagnóstico preventivo en la mayoría de casos.

A nivel nacional

En 2014, Sánchez publicó un trabajo monográfico para optar al Título de Especialista en Ginecología y Obstetricia titulado “Predicción de la flujometría doppler de la arteria uterina para el desarrollo de preeclampsia en pacientes gestantes entre las 20 - 24 semanas con factores de riesgo en Hospital Bertha Calderón Roque Junio a diciembre 2014” cuyo objetivo fue determinar la capacidad del índice de pulsatilidad para predecir la preeclampsia en las pacientes gestantes en las 20 a 24 semanas que acudieron a la consulta de alto riesgo del Hospital Bertha Calderón Roque, el estudio fue realizado con 87 pacientes encontrándose que de las 85 pacientes en las cuales el índice de pulsatilidad fue anormal, solo el 87.4% presentaron preeclampsia.

En febrero del 2015, Rivera presentó un trabajo monográfico para optar al título de Especialista en Ginecología y Obstetricia titulado “Predicción con Índice de Pulsatilidad medio y Notch bilateral de Arterias Uterinas, para el desarrollo de Síndrome Hipertensivo Gestacional (SHG) en embarazadas de bajo riesgo que cursan el II y III trimestre de gestación, que acuden a consulta al HBCR en el período comprendido entre Agosto 2014 a Enero 2015” cuyo objetivo fue determinar la predicción con índice de pulsatilidad medio y notch bilateral de las arterias uterinas, para el desarrollo de síndrome hipertensivo gestacional. Se encontró que aquellas pacientes que presentaron un IPm normal, hasta en un 84% de estas pacientes no desarrollaron SHG, contra un 16% que a pesar de tener un índice de pulsatilidad normal sí desarrollaron enfermedad hipertensiva. Por otro lado, en el grupo de pacientes que presentaron un Índice de Pulsatilidad Anormal (>1.54) fue evidente que el 95.06% de pacientes sí desarrolló enfermedad hipertensiva, contra un 4.34% que no desarrolló enfermedad hipertensiva. Por lo tanto, el índice de pulsatilidad presenta 96% de sensibilidad y un 81% de especificidad para predecir el Síndrome Hipertensivo Gestacional.

3. Justificación

El ultrasonido doppler de arterias uterinas se ha propuesto como un método no invasivo que permite estimar el riesgo de desarrollar preeclampsia. Según la American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG, 2020), el doppler de arterias uterinas por sí solo tiene un bajo valor predictivo para la preeclampsia tanto de origen temprano como tardío.

La funcionalidad del presente estudio se enfoca en la utilidad del doppler de AtU en el abordaje de preeclampsia temprana, considerando que existen situaciones en las que el diagnóstico final de las gestantes a quienes se les realiza esta prueba puede diferir de las conclusiones reportadas en los hallazgos del doppler.

Al ser la preeclampsia una de las patologías obstétricas más frecuentes de la población nicaragüense, es necesario estudiar el doppler de AtU, la cual no vulnera el bienestar materno fetal. Además, en los últimos cinco años no se han publicado investigaciones en Nicaragua enfocadas en determinar la utilidad del doppler de arterias uterinas en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana.

La trascendencia de esta investigación beneficia a las pacientes embarazadas al contar con métodos de detección temprana ayudando a evitar el desarrollo de posibles complicaciones maternas y fetales. El personal de salud también se beneficia a partir de esta investigación al aportar evidencia local que favorece la optimización de recursos y orienta a la toma de decisiones médicas, como monitorizaciones más estrictas o intervenciones terapéuticas precoces.

Contribuye en la salud pública a mejorar la calidad de atención prenatal y fortalecer la prevención de complicaciones obstétricas graves. En relación a su enfoque teórico y relevancia metodológica, el estudio ofrece información científica y estadística al sector de la salud pública sobre este método asociado a la preeclampsia.

4. Planteamiento del problema

La preeclampsia al ser una de las principales causas de morbilidad tanto materna como fetal, requiere la implementación de herramientas diagnósticas para su detección temprana y prevención. Por lo tanto, métodos no invasivos, como el ultrasonido doppler de arterias uterinas, resultan útiles al evaluar la resistencia vascular uteroplacentaria para predecir complicaciones relacionadas con la insuficiencia placentaria, entre ellas, la preeclampsia.

No obstante, la utilidad clínica del ultrasonido doppler de arterias uterinas no siempre es concluyente puesto que existen casos en los que se obtienen resultados anormales y las pacientes no desarrollan preeclampsia, así como casos en los que pese a presentar un resultado normal, finalmente cursan con preeclampsia.

En el contexto del hospital Sermesa Masaya, donde este procedimiento es implementado para la atención de las mujeres embarazadas, resulta pertinente determinar si el ultrasonido doppler de arterias uterinas representa una herramienta diagnóstica confiable para la detección del desarrollo de preeclampsia. Este estudio permite determinar si el ultrasonido doppler de arterias uterinas puede emplearse como herramienta de apoyo para el diagnóstico de preeclampsia.

¿Cuál es la utilidad del doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana en gestantes atendidas en el Hospital Sermesa Masaya, enero - diciembre 2024?

5. Objetivos de investigación

Objetivo general

Determinar la utilidad del doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana en gestantes atendidas en el Hospital Sermesa Masaya, enero - diciembre 2024.

Objetivos específicos

- Caracterizar aspectos sociodemográficos y antecedentes clínicos de la población en estudio.
- Mencionar los hallazgos reportados en el doppler de las arterias uterinas en las gestantes en estudio.
- Identificar el diagnóstico final en las gestantes a quienes se les ha realizado el ultrasonido doppler.
- Evaluar el rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas.

6. Marco teórico

6.1. Preeclampsia

6.1.1. Definición de preeclampsia

Preeclampsia se define como presión arterial Sistólica ≥ 140 mmHg y/o presión arterial diastólica ≥ 90 mmHg de nueva aparición posterior a las 20 semanas de gestación con o sin proteinuria y/o evidencia de compromiso de órgano diana, donde se pueden ver afectados diferentes órganos como el cerebro, pulmón, riñón e hígado (MINSA, 2022).

6.1.1.1. Clasificación de preeclampsia

6.1.1.1.1. Clasificación con fines de pronóstico perinatal

6.1.1.1.1.1. Preeclampsia de inicio temprano

Se define como preeclampsia temprana aquella que es diagnosticada antes de las 34 semanas de gestación. Esta es la que se asocia principalmente a morbilidad materna y perinatal ya que representa un desafío el equilibrar la necesidad de lograr la maduración fetal intrauterino aun con los riesgos que significa para la madre y el feto llevar el embarazo a término (MINSA, 2022).

6.1.1.1.1.2. Preeclampsia de inicio tardío

La preeclampsia de inicio tardío es aquella que es diagnosticada durante o después de la semana 34 de gestación (MINSA, 2022).

6.1.1.1.2. Clasificación de acuerdo al grado de severidad

6.1.1.1.2.1. Preeclampsia

De acuerdo a la Sociedad Andaluza de Ginecología y Obstetricia (2023) es preeclampsia cuando presenta presión sistólica ≥ 140 y < 160 mmHg y/o diastólica ≥ 90 y < 110 mmHg.

6.1.1.1.2.2. Preeclampsia con criterios de severidad

De acuerdo al MINSA (2022) se diagnostica preeclampsia con criterios de severidad cuando presentan uno de los siguientes:

Parámetro	Manifestaciones
-----------	-----------------

Cifras tensionales	Presión arterial sistólica ≥ 160 mmHg y/o presión arterial sistólica ≥ 110 mmHg
Neurológico	Eclampsia, encefalopatía hipertensiva: dada por alteración del estado de consciencia, ceguera o escotoma visual persistente y/o cefalea refractaria; o evento cerebrovascular.
Cardiorespiratorio	Edema pulmonar, síndrome pleural intersticial y disminución de la saturación $< 94\%$.
Renal	Oliguria < 80 mL en 4 horas, creatinina ≥ 1.1 mg/dL o necesidad de terapia de sustitución renal.
Hematológico	Plaquetas $< 100 \times 10^9/L$, síndrome de HELLP o aumento de DHL > 600 U/L.
Hepático	ALT; AST dos veces por encima del valor normal o epigastralgia severa.
Fetales	Compromiso fetal grave o muerte fetal.
Desprendimiento de placenta	

6.2. Ultrasonografía doppler

6.2.1. Definición de ultrasonografía

La ultrasonografía, es una técnica diagnóstica que utiliza imágenes obtenidas mediante el ultrasonido para examinar diversas estructuras corporales como tendones, músculos, articulaciones, arterias y órganos internos. Por lo tanto, la ecografía resulta un medio útil para la identificación de patologías debido a su naturaleza no invasiva, sus excelentes capacidades de imagen y su facilidad de uso (Khalaf et al., 2025, 197).

6.2.2. Definición del ultrasonido doppler

El ultrasonido doppler es un tipo de ecografía diagnóstica que utiliza el efecto doppler para medir y visualizar el flujo sanguíneo. Las mediciones doppler mejoran la ecografía al utilizar

el efecto doppler para medir el movimiento. Este permite evaluar la velocidad relativa del transductor y el movimiento de las estructuras, usualmente sangre, ya sea en dirección hacia ella o alejándose de esta (Khalaf et al., 2025, 197).

6.2.2.1. Bases biofísicas del ultrasonido doppler

Ahora que se sabe que el doppler se fundamenta en la obtención de ondas sonoras, es necesario conocer también cómo se obtienen las ondas. Estas suelen generarse mediante cristales piezoeléctricos que se encuentran en los transductores de ultrasonido. Estos cristales vibran al exponerse a una corriente eléctrica lo que genera ondas sonoras con frecuencias específicas (Shah & Irshad, 2023).

De acuerdo a la física, “ultrasonido” se refiere a la radiación acústica que supera el rango auditivo humano que se encuentra entre 20 Hertz (Hz) a 20 kHz. El equipo utilizado en ecografía diagnóstica, los escáneres, suelen funcionar en el espectro de frecuencias de 2 a 18 megahertz, que supera el umbral auditivo humano de manera significativa (Khalaf et al., 2025, 197).

De acuerdo a Shah & Irshad (2023), cuando ondas sonoras se propagan a través del tejido, se encuentran con interfases tisulares en las cuales el sonido puede ser reflejado, dispersado, refractado o absorbido. Este proceso conlleva una pérdida de energía y a esto se le llama atenuación. La atenuación depende de la frecuencia de la onda, ya que aquellas más altas experimentan una mayor atenuación y por lo tanto, su penetración no es tan efectiva como las frecuencias más bajas. A medida que las ondas viajan a través del tejido, algunos ecos se reflejan hacia el transductor y al regresar interactúan con los cristales del mismo, causando la vibración y deformación. Esto a su vez genera una corriente eléctrica que se transmite de vuelta a la máquina, la cual procesa la información y crea una imagen.

Las imágenes formadas en escala de grises o modo de brillo (modo B) utilizan la amplitud de los ecos reflejados para representar la información en una imagen bidimensional, lo que explica que las ondas con mayor amplitud se vean más brillantes y aquellas con menor amplitud más oscuras.

Dado que las ondas sonoras se propagan a una velocidad promedio de 1540 m/s, la máquina determina la profundidad de los objetos utilizando el tiempo en que tardan las ondas en regresar al transductor.

6.2.2.1.1. El efecto doppler

La ultrasonografía doppler analiza la frecuencia del eco para determinar el movimiento relativo. El efecto doppler establece que la frecuencia relativa que percibe un objeto de escucha estacionario se desplaza según la velocidad de la fuente de sonido, según esta se acerca o se aleja.

Por lo tanto, si la fuente se aleja del dispositivo de escucha, la frecuencia disminuye y si se acerca, la frecuencia aumenta. En el contexto del ultrasonido, el transductor emite ondas sonoras a una frecuencia definida a un objeto en movimiento, como un eritrocito. Este objeto refleja una parte de las ondas que regresan al transductor y la frecuencia se modifica en función de la velocidad y la dirección del glóbulo rojo en movimiento.

Entonces es, en el ultrasonido según la función que se seleccione, el equipo puede utilizar el cambio de frecuencia para calcular cambios en la velocidad los cuales se muestran en diferentes tonos de color o se representan gráficamente (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.2. Modalidades del doppler

6.2.2.1.2.1. Doppler de color

En esta modalidad se superpone información sobre la velocidad de los objetos en movimiento sobre una imagen típica en modo B. Para esto, es necesario determinar un volumen de muestra para un área de interés. El equipo utiliza la frecuencia y amplitud de las ondas sonoras, con esta información, el equipo puede asignar diferentes colores según la dirección del flujo, lo que se conoce como desplazamiento de fase.

Comúnmente, el flujo que se acerca al transductor es designado con el color rojo y para el flujo que se aleja se utiliza el color azul. Además, el equipo es capaz de estimar la velocidad media del flujo en esa área basado en el desplazamiento de frecuencia medio del área que recibe las ondas del transductor, así el color asignado suele ser más claro para los objetos que se mueven más rápido y más oscuros para los más lentos (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.2.2. Doppler de potencia

En este caso, el doppler superpone información sobre la energía de las ondas de retorno, sobre una imagen en modo B. Mediante una interrogación pulsada sobre un volumen de muestra, el sistema determina un rango de ecos con frecuencias desplazadas debido al flujo, una vez determina esa información la máquina ignora la información referente a la frecuencia y únicamente utiliza la amplitud de estas ondas, entonces se les asigna un color donde las señales de mayor potencia aparecen en tonos más claros (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.2.3. Doppler espectral

Se utiliza para describir las imágenes doppler de onda pulsada (PW) y doppler de onda continua (CW). En estas formas, un rango de frecuencias que retorna al transductor es sometido a funciones automatizadas de la Transformada Rápida de Fourier, para convertir las frecuencias en velocidad y se grafican en función del tiempo (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.2.3.1. Doppler pulsado (PW)

Es utilizado para determinar la frecuencia desplazada en un área de interés. En este el equipo transmite pulsos cortos de ultrasonido y espera la llegada de los ecos de retorno. De esta forma, el doppler pulsado aísla los desplazamientos de frecuencia los cuales los representa en una gráfica, en donde la frecuencia está en el eje Y y el tiempo en el eje X. Si el operador introduce el ángulo doppler, el equipo puede calcular la velocidad y mostrarla en lugar en la frecuencia (Shah & Irshad, 2023).

Esta modalidad tiene una limitación importante debido a que necesita alternar entre la transmisión del pulso y la recepción de los ecos, existe un límite en el número de pulsos que puede enviar por segundo, lo que se conoce como frecuencia de repetición de pulsos (PRF). A mayor la velocidad del flujo, mayor debe ser la PRF para detectar con precisión los desplazamientos de frecuencia.

6.2.2.1.2.3.2. Doppler de onda continua (CW)

El doppler continuo (CW) se emplea para determinar los desplazamientos de frecuencia a lo largo de toda la trayectoria del haz en estudio. Utiliza dos transductores: uno transmite ondas de ultrasonido de manera continua y el otro recibe también de manera continua. De esta manera el sonido puede ser emitido y recibido sin interrupciones.

Una vez obtenidos los desplazamientos de frecuencia son filtrados y clasificados para colocar la velocidad en el eje Y y el tiempo en el eje X. La principal diferencia entre el PW y el CW es que este último no depende de pulsos de ultrasonido, por lo que medir velocidades muy altas sin presentar aliasing es posible (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.3. Optimización de la imagen doppler

6.2.2.1.3.1. Tamaño del volumen de muestra

En distintas modalidades del doppler como doppler pulsado o doppler a color es necesario determinar un área de estudio. Para esto, se muestra una caja dentro de la cual se realizará la interrogación. El tamaño de esta caja puede ser ajustado, aunque su forma dependerá del transductor utilizado. La caja debe optimizarse para que sea lo suficientemente grande como se requiera ya que interrogar un volumen de muestra más grande, aumenta el procesamiento necesario y disminuye la resolución (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.3.2. Ángulo doppler

En el doppler pulsado, es importante ajustar el ángulo doppler de las ondas sonoras incidentes para optimizar la información del flujo. La conversión de los desplazamientos de frecuencia depende del coseno del ángulo de incidencia, por lo que se recomienda un ángulo doppler menor a 60 grados para fines diagnósticos ya que pequeñas variaciones por debajo de este valor no producen cambios significativos en la velocidad calculada (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.3.3. Ganancia doppler

El ajuste de ganancia doppler modifica en el receptor la amplitud de las señales del retorno, sin afectar las propiedades de onda transmitidas al tejido. El objetivo es obtener una imagen con el flujo doppler claramente visible en la región de interés. Si la ganancia es demasiada alta, se corre el riesgo de obtener flujo de áreas no vasculares (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.3.4. PRF

Este parámetro cumple la función de modificar el rango de velocidades detectables en doppler pulsado o color. Un PRF más alto aumenta el rango de velocidades máximas que puede medirse, si ese límite es superado se produce aliasing con pérdida de información direccional y de velocidad (Shah & Irshad, 2023).

6.2.2.1.3.5. Filtro de pared

En doppler de color y pulsado, puede ser útil filtrar los desplazamientos de frecuencia y de bajo nivel que provienen del movimiento de tejidos blandos o paredes vasculares, para reducir el ruido. Si se ajusta demasiado, se eliminará información real de flujos de baja velocidad (Shah & Irshad, 2023).

6.2.3. Definición del doppler de arterias uterinas.

De acuerdo a Caito et. al., (2020) el ultrasonido doppler es un método no invasivo utilizado para examinar la circulación y los cambios en la resistencia al flujo útero-placentario.

6.2.3.1. Criterios para la realización del doppler de arterias uterinas

Rivera Mena et al., (2023) recomienda que la ecografía doppler sea practicada en pacientes con alto riesgo obstétrico dado que puede detectar a más del 80% de mujeres que pueden presentar complicaciones con un valor predictivo positivo del 71,4%. En contraste, en pacientes de bajo riesgo, la sensibilidad de detección alcanza un 33,3% con una especificidad del 92,8% y con valor predictivo positivo de 24,4%. En contraste, en pacientes con alto riesgo el Doppler realizado precozmente permitió detectar embarazos que predispone a PE con una sensibilidad del 61,5% y una especificidad del 63,8%.

En Nicaragua, de acuerdo al MINSA (2020), el embarazo de alto riesgo se define según presenten uno o más de los siguientes: muerte fetal o muerte neonatal previa (28 SG - 7 días de vida), antecedentes de 3 o más abortos espontáneos consecutivos, peso al nacer del último bebé menor de 2500 gr, peso al nacer del último bebé mayor de 4500 gr, antecedente de hospitalización por hipertensión arterial, preeclampsia o eclampsia, cirugías previas en el tracto reproductivo, diagnóstico o sospecha de embarazo múltiple, menos de 20 años de edad, más de 35 años de edad, isoinmunización Rh negativa en el embarazo actual o embarazo anterior, sangrado vaginal, masa pélvica, presión arterial diastólica de 90 mmHg o más durante el registro de datos, nefropatía, cardiopatía, consumo de drogas (incluido el consumo de alcohol) y/o cualquier enfermedad o afección médica severa/Obesidad mayor a 30.

6.2.3.1.1. Momentos de realización del doppler de arterias uterinas

6.2.3.1.1.1. Primer trimestre

El doppler realizado entre las 11.6-13.6 semanas de gestación (SDG) y como prueba positiva un percentil mayor de 95 para el diagnóstico de preeclampsia se encontró una sensibilidad de 40%, especificidad de 93,4%, valor predictivo positivo del 66,7% y valor predictivo negativo del 82,6% (Cruz-Hernández et al., 2025).

6.2.3.1.1.2. Segundo trimestre

En un estudio que determinó la relación entre la ultrasonografía doppler de arterias uterinas como predictor de preeclampsia y de resultados adversos maternos y perinatales se encontró que el ultrasonido doppler realizado entre las 20 a 26 semanas de gestación tiene una sensibilidad: 54,55%, especificidad: 86,43 % y VPN: > 90 % (Cairo et al., 2020).

6.2.3.1.1.3. Tercer trimestre

Es comúnmente realizado entre las 28-33.6 semanas de gestación, y al considerar un criterio como prueba positiva un percentil mayor de 95 para el diagnóstico de preeclampsia, se encontró que tuvo una sensibilidad de 75%, especificidad de 88,5%, valor predictivo positivo 68,2% y valor predictivo negativo de 91.5% (Cruz-Hernández et al., 2025).

6.2.4. Aspectos técnicos de la medición del ultrasonido doppler de arterias uterinas

6.2.4.1. Vías de evaluación del ultrasonido doppler

Con la ayuda de Doppler color, la rama principal de la arteria uterina se localiza fácilmente en la unión cérvico-corporal del útero. Las mediciones de velocimetría Doppler se realizan generalmente cerca de esta ubicación, ya sea por vía transabdominal o transvaginal. Las mediciones deben ser reportadas de manera independiente para las arterias uterinas derecha e izquierda (Bhide et al., 2021,).

6.2.4.1.1. Vía vaginal

La mayor proximidad a la arteria uterina hace que con la vía vaginal se consiga una onda de velocidad de flujo (OVF) de mejor calidad con un ángulo de insonación óptimo en el primer trimestre. A partir de la semana 12 el útero asciende a la cavidad abdominal y se pueden utilizar indistintamente ambas vías (Mazarico et al., 2020).

6.2.4.1.1.1. Técnica en vía vaginal en primer trimestre

El transductor se coloca en el fondo de saco anterior y posteriormente se moviliza lateralmente para visualizar el plexo vascular paracervical, al utilizar el Doppler color se identifica a la arteria uterina en su trayecto ascendente hacia el cuerpo uterino. Las mediciones se toman en este punto, antes de que la arteria uterina se divida en las arterias arcuatas, y el mismo proceso se repite en el lado contralateral. Se reconocen las arterias uterinas al identificar una velocidad de más de 50 cm/s, aspecto que las diferencia de la arteria cervicovaginal y arterias arcuatas (Bhide et al., 2021).

6.2.4.1.1.2. Técnica en vía vaginal en segundo trimestre

Una vez la paciente cuente con su vejiga vacía, debe adoptar una posición de litotomía dorsal, el transductor debe colocarse en el fondo de saco lateral para identificar a la arteria uterina a la altura del orificio cervical interno, utilizando el Doppler color. El mismo procedimiento debe repetirse para la arteria uterina contralateral. (Bhide et al., 2021). Desplazamientos hacia abajo pueden identificar erróneamente una rama cervical o hacia arriba una arteria arcuata (Mazarico et al., 2020).

6.2.4.1.2. Vía abdominal

A partir de las 20 semanas la vía abdominal es de elección. Durante el segundo trimestre, por vía abdominal se obtienen valores de pulsatilidad discretamente superiores a los obtenidos por vía vaginal, pero las diferencias son clínicamente irrelevantes (Mazarico et al., 2020).

6.2.4.1.2.1. Técnica en vía abdominal en primer trimestre

Se obtiene un corte sagital del útero y se identifica el canal cervical, preferiblemente la vejiga materna debe estar vacía. El transductor se mueve lateralmente hasta identificar el plexo vascular paracervical. Al usar Doppler color se identifica a la arteria uterina en su trayecto ascendente hacia el cuerpo uterino, tomando las mediciones en este punto antes de que la arteria uterina se divida en las arterias arcuatas. El mismo proceso se repite en el lado contralateral (Bhide et al., 2021).

6.2.4.1.2.2. Técnica en vía abdominal en segundo trimestre

El transductor es colocado longitudinalmente en la fosa ilíaca, paralelamente a la cresta ilíaca y pared uterina, identificando los vasos ilíacos. Con un movimiento sutil en sentido medial se

identifica la arteria uterina en una falsa imagen de cruce con la arteria ilíaca externa, debiendo estudiarse la arteria uterina 1-2 cm distal a este punto (Mazarico et al., 2020). En pocos casos, la arteria uterina se ramifica antes de la intersección con la arteria ilíaca externa, de ser así, se debe ubicar el volumen de muestra justo antes de la bifurcación de la arteria uterina. El mismo proceso se repite para la arteria uterina contralateral (Bhide et al., 2021).

6.2.4.2. Técnica de medición en el ultrasonido doppler de arterias uterinas

Mazarico et al., (2020) menciona que se debe identificar el vaso con Doppler color y utilizar escalas de velocidad altas ($> 60\text{cm/s}$) para la identificación selectiva del vaso, además, el zoom tiene que ser suficiente para que el área de interés ocupe $>50\%$ de la pantalla. El ángulo de insonación para las mediciones debe ser inferior a 30° , sin embargo, para otros autores como Bhide et al., (2021), la insonación óptima es la alineación completa con el flujo sanguíneo y ocurre cuando el ángulo de insonación es de 0° , porque garantiza mejores condiciones para evaluar velocidades y formas de ondas.

Se deben registrar tres o más ondas de velocidad de flujo consecutivas y de características similares para la medición, y la frecuencia de repetición de pulsos (PRF) del Doppler pulsado debe estar con una escala adecuada, de manera que las ondas ocupen al menos tres cuartas partes del eje vertical de la pantalla, con la línea de base en el cuarto inferior del eje. El tamaño de la muestra del Doppler debe ser equivalente al diámetro de la arteria y debe colocarse en el centro del vaso, y la velocidad de barrido debe permitir mostrar en pantalla 5-10 ondas (Mazarico et al., 2020).

6.2.5. Hallazgos en el doppler de arterias uterinas relacionados a la predicción de PE

Mazarico et al., (2020) propone que el flujo uterino anormal lo podemos analizar cuantitativamente (índice de pulsatilidad o IP) o cualitativamente (notch o muesca protodiastólica). Normalmente se utiliza solo la medición cuantitativa ya que ha demostrado mejor rendimiento clínico, se obtiene entonces el índice de pulsatilidad medio al sumar el IP de la arteria derecha con el IP de la arteria izquierda, dividiendo el total entre dos. Luego, se valora según las curvas de normalidad para la edad gestacional.

6.2.5.1. Índice de pulsatilidad de las arterias uterinas.

La diferencia entre la velocidad sistólica y diastólica en la flujometría Doppler, constituye la pulsatilidad. El índice de pulsatilidad (IP) se calcula de la siguiente manera: $IP = (VSM - VDF) / VM$, es decir (velocidad sistólica máxima - velocidad diastólica final) / velocidad media. (Cavoretto et al., 2022). El IP permite determinar si existe una alta o baja resistencia del vaso al paso del flujo sanguíneo. Normalmente el índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas disminuye a lo largo del embarazo como consecuencia de la disminución progresiva de la resistencia de la circulación uteroplacentaria conforme más semanas de gestación transcurren. Se considera que al obtener 3 formas de ondas consecutivas similares, se mide el IP y se calcula la medida tanto la arteria uterina izquierda, como derecha. (Molina et al., 2025)

6.2.5.1.1. Utilización del índice de pulsatilidad de las arterias uterinas como principal parámetro de evaluación.

Rojas y Rumipamba (2024) en su revisión bibliográfica, establecieron que las mujeres cuyo índice de pulsatilidad en las AU supera el percentil 95 durante el primer trimestre tienen un riesgo cuatro veces mayor de desarrollar preeclampsia en comparación con las que tienen un índice normal. Además, un IP superior al percentil 90 en el segundo trimestre se asocia con una probabilidad del 75% de desarrollar preeclampsia. Por otra parte, (Salgado, 2023) afirma que se obtiene la mejor capacidad diagnóstica del doppler de AtU con la medición del IP promedio por vía abdominal entre las 20 y 24 SG en población de alto riesgo para predecir PE temprana. Utilizando el percentil 95 como valor de corte se logra sensibilidad del 85% y especificidad del 95%.

6.2.5.1.2. Valores normales de IP de acuerdo a la semana gestacional

El índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas tiene una distribución normal según las semanas de embarazo y se considera anormal cuando es mayor que el percentil 95 (Molina et al., 2025). Los valores normales de IP de acuerdo a la semana gestacional se muestran en la figura 1 según Mazarico et al., (2020) .

6.2.5.2. Notch o muesca protodiastólica

Es la presencia de muesca protodiastólica, que se define como una reducción en las velocidades diastólicas tempranas, justo después del flujo sistólico pero antes del flujo diastólico máximo. La gravedad del notching se define por la diferencia entre las velocidades diastólicas tempranas más bajas y la máxima. (Bhide et al., 2021). La persistencia del notch en el segundo trimestre, es útil para la predicción de preeclampsia, y el riesgo clínico es mayor cuando el notch es bilateral (Luna, 2023).

6.2.5.3. Índice de resistencia

El índice de resistencia (RI), se calcula por medio de la fórmula $IR = (VSM - VDF) / VSM$ es decir (velocidad sistólica máxima - velocidad diastólica final) / velocidad sistólica máxima. (Khalighinejad, 2025). El IR a comparación del IP no toma en cuenta a la velocidad media, por lo cual no le permite reflejar con mayor precisión las variaciones del ciclo cardíaco, característica que sí posee el IP (Ciuti et al., 2024). De acuerdo a Salgado (2023), un $IR > 0.58$ en un doppler unilateral/bilateral es sensible para predecir el desarrollo de preeclampsia, considerando este valor anormal. Sin embargo, según Peñaherrera - Ron et al. (2020) si una de las dos arterias uterinas muestra un índice de resistencia mayor a 0,62 o tiene un notch a partir de la semana 24, es indicación de resultado anormal.

6.2.6. Relación entre la fisiopatología de la preeclampsia y los hallazgos en el doppler de arterias uterinas.

La funcionalidad del Doppler se basa en el principio del incremento de las resistencias vasculares por una invasión trofoblástica insuficiente, que impide la adecuada transformación de las arterias espirales en vasos de baja resistencia. Esta alteración impide el reemplazo de músculo liso arterial contráctil por tejido no contráctil, lo que ocasiona un incremento del flujo sanguíneo y disminución de la resistencia vascular (Alfaro et al., 2024).

Este proceso de remodelación debería completarse entre la semana 12 y la 19 pudiendo extenderse hasta la 24. Una invasión incompleta posterior a este periodo se manifiesta en el Doppler como velocidades diastólicas bajas y persistencia de un notch protodiastólico (Tudor et al., 2023).

7. Hipótesis de investigación

El doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre es útil en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana.

Hipótesis nula:

El doppler de arterias uterinas realizado en el segundo trimestre no es útil en el abordaje diagnóstico de preeclampsia temprana.

8. Diseño metodológico

8.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el servicio de ginecología y obstetricia en el Hospital Sermesa Masaya, ubicado en el Reparto Los Chilamates, Km. 28 carretera a Masaya 71344 Masaya, Nicaragua.

8.2. Tipo de estudio

Se realizó un estudio observacional, transversal analítico, retrospectivo, con enfoque cuantitativo.

8.3. Universo

El universo estuvo constituido por pacientes embarazadas a quienes se les realizó el tamizaje de índice de pulsatilidad de arterias uterinas mediante el ultrasonido doppler.

8.4. Muestra

Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula de openepi para poblaciones finitas considerando un intervalo de confianza del 95% con una frecuencia anticipada del 10%, considerando la prevalencia de preeclampsia en el medio, el tamaño muestral fue de 121.

Tamaño de la muestra para la frecuencia en una población

Tamaño de la población (para el factor de corrección de la población finita o fcp)(N):	933
frecuencia % hipotética del factor del resultado en la población (p):	10%/±5
Límites de confianza como % de 100(absoluto +/-%)(d):	5%
Efecto de diseño (para encuestas en grupo-EDFF):	1

Tamaño muestral (n) para Varios Niveles de Confianza

IntervaloConfianza (%)	Tamaño de la muestra
95%	121
80%	56
90%	89
97%	144
99%	191
99.9%	276
99.99%	345

Ecuación

Tamaño de la muestra $n = [EDFF * Np(1-p)] / [(d^2 / Z^2_{1-\alpha/2} * (N-1) + p * (1-p)]$

8.5. Estrategia muestra

Para definir la muestra se empleó un muestreo probabilístico en el cual todos los sujetos tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados, a su vez se hizo uso de un método de muestreo sistemático, en el cual se eligió uno al azar y luego uno cada 5° individuos.

8.6. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por cada paciente embarazada a quienes se le realizó el tamizaje de índice de pulsatilidad de arterias uterinas durante el periodo comprendido entre enero y diciembre de 2024.

8.7. Criterios de inclusión y exclusión

8.7.1. Criterios de inclusión

- Pacientes a las cuales se les realizó ultrasonido doppler de arterias uterinas en su segundo trimestre de embarazo.
- Pacientes que contaron con registro clínico completo que incluyó resultado del ultrasonido doppler y su desenlace diagnóstico, sea este la presencia o ausencia de preeclampsia.

8.7.2. Criterios de exclusión

- Pacientes que no tenían factores de riesgo que justificaran la realización del Doppler.
- Pacientes con diagnóstico de preeclampsia antes de la realización del Doppler.
- Pacientes con preeclampsia diagnosticada después de las 34 semanas de gestación.

8.8. Variables por objetivos

Objetivo específico #1: Caracterizar aspectos sociodemográficos y antecedentes clínicos de la población a estudio.

- Edad y grupo etario
- Procedencia
- Escolaridad
- Profesión
- Estado civil
- Antecedente patológico personal de preeclampsia

- Antecedente patológico familiar de preeclampsia

Objetivo específico #2: Mencionar los hallazgos reportados en el doppler de las arterias uterinas en las gestantes en estudio.

- IP de arterias uterinas
- IP medio de arterias uterinas > P95
- Edad gestacional

Objetivo específico #3: Identificar el diagnóstico final en las gestantes a quienes se les ha realizado el ultrasonido doppler.

- Preeclampsia temprana

Objetivo específico #4: Evaluar el rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas.

- Sensibilidad
- Especificidad
- Valor predictivo positivo
- Valor predictivo negativo

8.9. Matriz de operacionalización de las variables.

Variable	Definición operacional	Indicador	Valor	Escala
Objetivo #1: Caracterizar aspectos sociodemográficos y antecedentes clínicos de la población a estudio.				
Edad.	Número de años transcurridos desde el momento del nacimiento hasta el momento del	Cifra en años registrada en el expediente.	Años.	Cuantitativa continua.

	estudio.			
Grupo etario < 20 años	Personas que tienen menos de 20 años de edad.	Cifra en años registrada en el expediente.	- Presente - Ausente	Cualitativa nominal.
Grupo etario 20 - 35 años	Personas que tienen entre 20 y 35 años de edad.	Cifra en años registrada en el expediente.	- Presente - Ausente	Cualitativa nominal.
Grupo etario > 35 años	Personas que tienen más de 35 años de edad.	Cifra en años registrada en el expediente.	- Presente - Ausente	Cualitativa nominal.
Procedencia	Departamento de origen de los pacientes.	Procedencia registrada en el expediente.	Masaya Granada Managua Carazo Nueva Segovia	Cualitativa nominal.
Escolaridad	Nivel máximo de estudios formales que ha completado una persona dentro del sistema educativo.	Nivel máximo de estudios formales registrado en el expediente clínico.	- Primaria - Secundaria - Técnico - Universitario - Posgrado	Cualitativa ordinal.
Ocupación	Actividad laboral o función que desempeña una persona, remunerada o no, que le	Actividad laboral o función que desempeña la paciente registrada en el	Ocupación descrita en el expediente clínico.	Cualitativa nominal.

	permite contribuir al sustento del hogar.	expediente clínico.		
Estado civil	Condición legal o social que describe la situación conyugal de una persona.	Estado conyugal registrada en el expediente clínico.	- Soltera - Casada - Unión libre - Divorciada - Viuda	Cualitativa nominal.
Antecedente personal patológico de preeclampsia.	Haber presentado preeclampsia en el embarazo anterior.	Antecedentes personales patológicos registrados en el expediente clínico.	- Presente - Ausente	Cualitativa nominal.
Antecedente familiar patológico de preeclampsia.	Tener un familiar de primer grado (mamá/hermana) que haya presentado preeclampsia.	Antecedentes familiares patológicos registrados en el expediente clínico.	- Presente - Ausente	Cualitativa nominal.
Objetivo específico #2: Mencionar los hallazgos reportados en el doppler de las arterias uterinas en las gestantes en estudio.				
IP de arterias uterinas	Diferencia entre la velocidad sistólica máxima y la velocidad	Valor numérico del índice de pulsatilidad registrado en el	-IP medio uterino - IP derecho - IP izquierdo	Cuantitativa continua.

	diastólica final dividido entre la velocidad media.	informe mediante el estudio Doppler de arterias uterinas.		
IPm > percentil 95	El índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas tiene una distribución normal según las semanas de embarazo y se considera anormal cuando es mayor que el percentil 95.	Valor numérico del índice de pulsatilidad medio registrado en el informe mediante el estudio Doppler de arterias uterinas.	- Presente - Ausente	Cualitativa nominal.
Edad gestacional	Número de semanas transcurridas desde la concepción hasta el momento del estudio.	Cifra numérica registrada en el expediente clínico.	Semanas de gestación.	Cuantitativa continua.
Objetivo específico #3: Identificar el diagnóstico final en las gestantes a quienes se les ha realizado el ultrasonido doppler.				
Preeclampsia	Cifras de presión	Diagnóstico de	- Presente	Cualitativa

temprana	arterial sistólica ≥ 140 y < 160 mmHg y/o presión diastólica ≥ 90 y < 110 mmHg diagnosticada antes de las 34 semanas de gestación.	preeclampsia temprana registrado en el expediente.	- Ausente	nominal.
Objetivo #4: Evaluar el rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas.				
Especificidad	Capacidad de clasificar correctamente a un individuo que se encuentra sano.	Valor obtenido a partir del cálculo por medio de la fórmula.	Porcentaje obtenido.	Cuantitativa continua.
Sensibilidad	Capacidad que tiene toda prueba diagnóstica para detectar la enfermedad.	Valor obtenido a partir del cálculo por medio de la fórmula.	Porcentaje obtenido.	Cuantitativa continua.
Valor predictivo positivo	Es la probabilidad de padecer la enfermedad si se obtiene un resultado	Valor obtenido a partir del cálculo por medio de la fórmula.	Porcentaje obtenido.	Cuantitativa continua.

	positivo en el test.			
Valor predictivo negativo	Es la probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sano.	Valor obtenido a partir del cálculo por medio de la fórmula.	Porcentaje obtenido.	Cuantitativa continua.

8.10. Método de obtención de información

En el proceso de recolección de datos la fuente de información fue secundaria a través de los expedientes clínicos de los pacientes en estudio, haciendo uso de la técnica llamada revisión documental de los mismos. A su vez, se hizo uso de un instrumento de recolección, digitalizado en la plataforma de Google Forms, estructurado por los investigadores compuesto por cuatro acápite, que corresponden a variables sociodemográficas y antecedentes clínicos, hallazgos reportados en el doppler de arterias uterinas, desenlace diagnóstico de las pacientes y por último, elementos necesarios para la evaluación del rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas.

8.11. Plan de análisis

Análisis univariado	Análisis bivariado
• Edad • Grupo etario < 20 años • Grupo etario 20 a 35 años • Grupo etario > 35 años • Procedencia • Escolaridad • Profesión	• Grupo etario < 20 años / Índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas > Percentil 95 • Grupo etario 20 a 35 años / Índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas > Percentil 95 • Grupo etario > 35 años / Índice de

• Estado Civil • Antecedente personal patológico de preeclampsia. • Antecedente familiar patológico de preeclampsia. • Índice de pulsatilidad de arterias uterinas. • Índice de pulsatilidad medio de arterias uterinas > Percentil 95 • Edad gestacional • Preeclampsia temprana • Sensibilidad • Especificidad • Valor predictivo positivo • Valor predictivo negativo	pulsatilidad medio de las arterias uterinas > Percentil 95. • Grupo etario < 20 años / Preeclampsia temprana. • Grupo etario 20 a 35 años / Preeclampsia temprana. • Grupo etario > 35 años / Preeclampsia temprana. • Edad gestacional/ Índice de pulsatilidad media de las arterias uterinas > Percentil 95. • Antecedente personal patológico de preeclampsia/Preeclampsia temprana. • Antecedente familiar patológico de preeclampsia/Preeclampsia temprana. • Índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas > Percentil 95 / Preeclampsia temprana.
---	--

Análisis estadístico:

Una vez recolectada la información en la ficha recolección de datos, se creó una base de datos en el software estadístico SPSS versión 25 (Statistical Package for the Social Sciences). Se realizó un análisis descriptivo para el bivariado.

Se realizaron tablas de distribución de frecuencia absoluta y relativa para las variables cualitativas (grupo etario, procedencia, escolaridad, profesión, estado civil, antecedente patológico personal y/o familiar de preeclampsia, IPm > P95, preeclampsia temprana, verdaderos positivos, falsos positivos, verdaderos negativos y falsos negativos), mientras que para las variables numéricas (edad, edad gestacional, índice de pulsatilidad de arterias uterinas), se realizaron medidas de tendencia central como media, mediana, moda y medidas de dispersión como la desviación estándar. Se decidió abordar la variable de edad desde un

enfoque cuantitativo como cualitativo, siendo este último representado por los grupos etarios con la finalidad de facilitar los cruces de variables.

Se evaluó la distribución de normalidad de las variables numéricas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la pertinencia de pruebas paramétricas o no paramétricas, donde el valor de P fue de 0.000, demostrando que la distribución de los datos no fue normal.

Kolmogorov-Smirnov	
	Sig
IP medio	.000
Edad gestacional	.000

Se efectuó un análisis bivariado para evaluar las asociaciones estadísticas entre las distintas variables de estudio. Dado el tamaño muestral y la baja prevalencia del evento de preeclampsia en la población (n=8 casos positivos), se aplicó la prueba exacta de Fisher cuando las frecuencias esperadas en las tablas de contingencia fueron menor a 5, considerando una asociación estadísticamente significativa cuando el valor de P fue < 0.05 , indicando que los resultados no fueron obtenidos por el azar.

Además, a los análisis bivariados de variables cualitativas (grupos etarios con preeclampsia temprana, grupos etarios con $IPm > P95$, antecedente patológico personal de preeclampsia con preeclampsia temprana, antecedente patológico familiar de preeclampsia con preeclampsia temprana y el $IPm > P95$ con preeclampsia temprana), se les calculó el OR con un IC al 95% para determinar la fuerza y magnitud de asociación del riesgo de cada variable independiente. Respecto al cruce entre las variables cuantitativas (semana gestacional e IP medio), se realizó una prueba de correlación. Ante la distribución no paramétrica de los datos, se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (ρ) para evaluar la tendencia y dirección de la relación entre el valor numérico del índice de pulsatilidad (IP medio) y el avance de las semanas de gestación.

Finalmente, se determinó el rendimiento diagnóstico del Doppler de arterias uterinas mediante la construcción de tablas de contingencia de 2x2, que relacionó el índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas $>$ percentil 95 (variable predictora) con el desarrollo de preeclampsia temprana (variable de resultado). A partir de estos datos, se calcularon los indicadores de validez: sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN). La tabla utilizada fue:

IP medio $>$ 95	Preeclampsia temprana presente	Preeclampsia temprana ausente	Total
Presente	a (VP)	b (FP)	a+b
Ausente	c (FN)	d (VN)	c+d
Total	a+c	b+d	N

Donde:

- a = verdaderos positivos (IP $>$ P95 y preeclampsia presente)
- b = falsos positivos (IP $>$ P95 y preeclampsia ausente)
- c = falsos negativos (IP $\leq$ P95 y preeclampsia presente)
- d = verdaderos negativos (IP $\leq$ P95 y preeclampsia ausente)

Fórmulas utilizadas:

- Sensibilidad = verdadero positivo/(verdadero positivo+falso negativo)
- Especificidad = verdadero negativo/(verdadero negativo+falso positivo)
- Valor predictivo positivo = verdadero positivo/(verdadero positivo +falso positivo)
- Valor predictivo negativo = verdadero negativo /(verdadero negativo+falso negativo)

9. Consideraciones éticas

Este estudio fue sometido a la revisión y aprobación del Comité de Investigación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Americana UAM, y contó con la autorización de las autoridades hospitalarias y académicas del Hospital Sermesa Masaya. El estudio fue realizado por profesionales de la salud bajo la vigilancia de las autoridades sanitarias competentes. Además, los resultados obtenidos se utilizarán exclusivamente con fines educativos y científicos, los cuales buscan generar evidencia que favorezca la atención médica, la optimización de recursos y orientar la toma de decisiones médicas.

El estudio se llevó a cabo conforme a los principios científicos y éticos que sustentan la investigación médica, en concordancia con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2024), priorizando el respeto de los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia, autonomía, la confidencialidad y la dignidad de los participantes. Los datos de la investigación fueron obtenidos mediante la revisión de expedientes clínicos, los cuales serán identificados mediante números para garantizar el anonimato. A su vez, no se sometió a los participantes a ningún procedimiento que les cause algún daño. En cumplimiento de los principios éticos mencionados, se garantizó un manejo responsable, seguro y confidencial de la información en todas las fases de la investigación.

10. Resultados

En relación con las variables sociodemográficas, se encontró que la mayor parte de la población en estudio provenía del departamento de Masaya con un 90,9% (110), seguido por Managua con un 4,1% (5). Con menor frecuencia se registraron participantes de Granada con un 2,5% (3), Carazo con un 1,7% (2) y, en menor proporción, Nueva Segovia con un 0,8% (1). Respecto a la escolaridad de la población en estudio, la mayoría contaba con educación secundaria, representando el 54,5% (66). Le siguió el nivel universitario con el 37,2% (45). En menor proporción se registraron los niveles de primaria con el 5,0% (6), técnico con el 2,5% (3) y posgrado con el 0,8% (1). En cuanto a la ocupación, la mayoría correspondió a operarias, con un 31,4% (38). A continuación se ubicaron las amas de casa con un 15,7% (19), seguidas de las docentes con un 7,4% (9) y de las auxiliares de farmacia con un 6,6% (8). Posteriormente aparecieron las comerciantes con un 5,0% (6) y las secretarias/asistentes con un 4,1% (5). En menor proporción se registraron las estudiantes con un 1,7% (2). El grupo clasificado como “Otros” representó el 28,1% (34) **(Ver Anexo Tabla 1)**.

En relación a la edad, se registró un promedio de 30.36 ± 5.38 años. La mediana fue de 30 años, mientras que la moda correspondió a 28 años. El rango etario osciló entre los 18 y los 45 años **(Ver Anexo Tabla 2, Gráfico 1)**.

Respecto a la distribución por grupos etarios de la población en estudio, se observó que el grupo menor de 20 años representó el 1,7% (2), siendo la categoría con menor frecuencia. El grupo entre 20 a 35 años por su parte, constituyó el de mayor predominio con un 77,7% (94), y aquellas mayores de 35 años ocuparon el 20,7% (25) **(Ver Anexo Tabla 3, Gráfico 2)**.

En el grupo de gestantes menores de 20 años (2), ninguna presentó un IP medio $> P95$. Para este grupo, el valor de p fue 1.000 y el OR fue 1.05 (IC 95%: 1.01–1.10). En contraste, entre las gestantes de 20 a 35 años, el grupo mayoritario de la muestra, el 5.3% (5) presentó un IP medio $> P95$, mientras que el 94.7% (89) mostró valores dentro de la normalidad. En este grupo, el valor de p fue 1.000 y el OR fue 1.46 (IC 95%: 0.16–13.07). Finalmente, en las gestantes mayores de 35 años, el 4.0% (1) presentó un IP medio $> P95$, mientras que el 96.0% (24) mostró valores normales. El valor de p fue 1.000 y el OR fue 0.76 (IC 95%: 0.09–6.80) **(Ver Anexo Tabla 4, Gráfico 3, Gráfico 4 y Gráfico 5)**.

En el grupo de gestantes menores de 20 años (2), ninguna desarrolló preeclampsia temprana. En este grupo, el valor de p fue 1.000 y el OR fue 1.07 (IC 95%: 1.02–1.13). En las gestantes de 20 a 35 años, el 7.4% (7) desarrollaron preeclampsia temprana, mientras que el 92.6% (87) no lo hicieron; para este grupo, el valor de p fue 0.682 y el OR fue 2.09 (IC 95%: 0.25–17.79). Finalmente, en el grupo de gestantes mayores de 35 años, el 4.0% (1) presentó preeclampsia temprana, mientras que el 96.0% (24) no desarrollaron el diagnóstico. En este grupo, el valor de p fue 1.000 y el OR fue 0.53 (IC 95%: 0.06–4.52) **(Ver Anexo Tabla 5, Gráfico 6, Gráfico 7 y Gráfico 8).**

En relación con el antecedente personal de preeclampsia, este estuvo presente en el 5,8% (7) y ausente en el 94.2% (114). Por otro lado, el antecedente patológico familiar de preeclampsia se registró en el 9,9% (12) de la población y estuvo ausente en el 90,1% (109) **(Ver Anexo Tabla 6).**

En cuanto a los hallazgos del Doppler, se identificó un IP medio por encima del percentil 95 en el 5,0% (6) de la población en estudio, mientras que en el 95,0% (115) no lo presentó **(Ver Anexo Tabla 7, Gráfico 9).**

Respecto a la edad gestacional al momento del estudio de imagen, la media fue de 22.03 ± 2.802 semanas. Tanto la mediana como la moda corresponden a 22 semanas de gestación. El rango de edad gestacional osciló entre las 14 y 27 semanas de gestación. **(Ver Anexo Tabla 8, Gráfico 10).**

En cuanto a la correlación entre el índice de pulsatilidad medio y la edad gestacional al momento del estudio, el coeficiente de Spearman (ρ) fue de -0.126 y el valor de significancia bilateral (p) fue de 0.170. **(Ver Anexo Tabla 9, Gráfico 11).**

En relación al diagnóstico de preeclampsia temprana en la población estudiada, se evidenció que el 93,4% (113) no desarrolló la enfermedad, contra el 6,6% (8) que sí la presentó. **(Ver Anexo Tabla 10, Gráfico 12).**

Entre las gestantes con antecedente personal de preeclampsia, el 14.3% (1) desarrolló

preeclampsia temprana, mientras que 85.7% (6) no presentaron esta complicación. Por el contrario, entre las gestantes sin antecedente personal de preeclampsia, el 6.1% (7) desarrollaron preeclampsia temprana, mientras que el 93.9% (107) permanecieron sin complicaciones. El análisis estadístico respecto al valor de p fue de 0.388 y el OR fue de 2.55 (IC 95%: 0.27-24.19) **(Ver Anexo Tabla 11, Gráfico 13).**

Entre las gestantes con antecedente familiar de preeclampsia, el 16.7% (2) desarrollaron preeclampsia temprana, mientras que 83.3% (10) no. Por el contrario, entre las gestantes sin antecedente familiar de preeclampsia, el 5.5% (6) desarrollaron preeclampsia temprana, mientras que el 94.5% (103) no. El análisis estadístico respecto al valor de p fue de 0.180 y el OR fue de 3.433 (IC 95%: 0.61-19.31) **(Ver Anexo Tabla 12, Gráfico 14).**

Con el fin de evaluar el rendimiento diagnóstico del Doppler de arterias uterinas, se clasificaron los casos según los datos obtenidos en el estudio Doppler y el desenlace clínico. La mayoría correspondió a verdaderos negativos, con un 91,7% (111). Tanto los verdaderos positivos como los falsos negativos representaron un 3,3% (4) cada uno, mientras que los falsos positivos constituyeron el 1,7% (2) **(Ver Anexo Tabla 13, Gráfico 15).**

Para el cálculo de la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y valor predictivo positivo se hizo uso de una tabla tetracórica **(Ver Anexo Tabla 14).** A partir de estos datos, se determinó que el Doppler de arterias uterinas presenta sensibilidad del 50%, especificidad del 98%, valor predictivo positivo del 66.7% y valor predictivo negativo del 97%.

Con relación al cruce entre IP medio >P95 vs Diagnóstico de PE temprana, se evidenció que entre las gestantes con IP medio >P95 presente, un 66.7% (4) desarrollaron preeclampsia temprana y un 33.3% (2) no lo hicieron. En contraste, entre las gestantes con IP medio >P95 ausente, un 3.5% (4) desarrollaron preeclampsia temprana, mientras que 96.5% (111) no. Mediante este cruce se encontró el valor de p correspondió a <0.000 y el odds ratio (OR) fue de 55.50 (IC 95%: 7.75-397.48) **(Ver Anexo Tabla 15, Gráfico 16).**

11. Discusión de resultados

Los datos sociodemográficos de la población en estudio reveló que la distribución etaria se concentra alrededor de los 30 años. La edad promedio fue de 30.36 ± 5.38 años, con una mediana de 30 años y una moda de 28 años. Esto coincide con la categoría de grupos etarios, en donde, el grupo de 20 a 35 años es el predominante, constituyendo el 77,7% (94) de la población total. La prevalencia del índice de pulsatilidad medio (IP medio >P95) en este grupo fue la más alta, con un 5.3%; sin embargo, el valor de p (1.000) no evidencia asociación estadísticamente significativa, por lo que es probable que esta prevalencia esté influenciada por el tamaño muestral. Asimismo, el OR de 1.46 (IC95%: 0.16–13.07) presenta un intervalo de confianza amplio que incluye el valor nulo, lo cual respalda la ausencia de asociación entre las variables evaluadas.

Respecto al grupo menor de 20 años, el OR fue de 1.05 (IC95%: 1.01–1.10), con valores superiores a 1; sin embargo, esta estimación carece de confiabilidad, ya que no se registraron gestantes con IP medio >P95 en este grupo, probablemente debido al reducido tamaño muestral, lo que limita la posibilidad de establecer una asociación real. Además, el valor de p (1.000) no muestra significancia estadística.

Por su parte, el grupo mayor de 35 años presentó una prevalencia de IP medio >P95 del 4.0%; sin embargo, al igual que en los otros grupos, el valor de p no indica significancia estadística y el OR obtenido (0.76; IC95%: 0.09–6.80) tampoco resulta concluyente, debido a la amplitud del intervalo de confianza que incluye el valor nulo. Por lo tanto, no es posible establecer una asociación entre los grupos etarios y el desarrollo de preeclampsia temprana.

En términos generales, los resultados indican que la pertenencia a un grupo etario en específico no mostró una asociación estadísticamente significativa con la presencia de IP medio >P95. En concordancia con lo reportado por Fernández et al. (2024), se observó un predominio de gestantes con edades entre 20 y 34 años, con una edad promedio de 27,2 años, grupo en el que también se registró el mayor porcentaje de casos de preeclampsia. En contraste, la frecuencia fue menor en las adolescentes, quienes representaron el 7,7%.

En relación al cruce entre la prevalencia de preeclampsia temprana, similar al caso anterior, el grupo de 20 a 35 años fue el que presentó la mayor frecuencia de preeclampsia temprana con un 7,4% (7), seguido de mayores de 35 años que presentó un 4.0% (1), y por último, el grupo menor de 20 años que no registró ningún caso. Respecto al valor de p, en las tres categorías de grupos etarios no se encontró asociación estadísticamente significativa entre las variables.

Respecto al OR, en el grupo de 20 a 35 años, aunque el valor fue de 2.09, el intervalo de confianza del 95% (0.25–17.79) incluye el valor nulo. Por lo tanto, la asociación no es estadísticamente significativa y no es posible afirmar que exista una relación entre las variables evaluadas. Respecto al grupo menor de 20 años, el OR fue de 1.07 con un IC95% (1.02–1.13); sin embargo, este resultado debe interpretarse con cautela, ya que no se registraron casos de preeclampsia temprana en este grupo, lo cual limita la validez de la estimación y probablemente se deba al reducido tamaño muestral.

Por último, en el grupo mayor de 35 años, si bien el OR estimado fue de 0.53, el amplio IC 95% (0.06–4.52) que incluye el valor nulo sugiere alta imprecisión en la estimación. En consecuencia, no es posible establecer una asociación entre los grupos etarios y el desarrollo de preeclampsia temprana.

De acuerdo a Paredes-García et al. (2023) quienes realizaron una revisión bibliográfica, exponen que la edad resulta un factor de riesgo importante en el desarrollo de preeclampsia, especialmente los extremos, es decir, mujeres menores de 20 años y mujeres de edad avanzada, eran propensas a la patología. En mujeres de edad avanzada esto es una consecuencia de los daños que sufre el sistema cardiovascular con la edad, ya que pueden desarrollar esclerosis y con esto, afectar el aporte sanguíneo durante el embarazo, en contraste, para las pacientes más jóvenes (<20 años) la preeclampsia respondía a una mayor resistencia vascular de la porción muscular del útero, lo que resulta también en una irrigación deficiente dado que el sistema es inmaduro y no puede adaptarse a todos los cambios durante la gestación.

Cabe destacar que, en el presente estudio, no se encontró asociación entre los grupos etarios y las alteraciones del doppler ni el diagnóstico de PE temprana, pero estos hallazgos relacionados a la edad se pueden atribuir al reducido tamaño muestral de los grupos extremos y la baja prevalencia de casos en estos grupos tanto de alteraciones en el IP medio >P95 como el diagnóstico de PE temprana.

En cuanto a los hallazgos flujométricos, se identificó que el 5.0% (6) de la población estudiada presentó un IP medio superior al percentil 95. Este resultado se interpretó en el contexto de la edad gestacional al momento del estudio, cuya media fue de 22.03 ± 2.8 semanas. Este periodo coincidió con la ventana de máxima utilidad clínica descrita por Salgado (2023), quien estableció que la mejor capacidad diagnóstica del Doppler de arterias uterinas se obtiene mediante la medición abdominal entre las 20 y 24 semanas, momento en el cual el proceso de remodelación vascular fisiológico debería estar consolidado.

Este porcentaje de alteración en la prueba resultó inferior al reportado en centros especializados, por ejemplo Salgado (2023) en su investigación realizada en un servicio de Medicina Materno Fetal de tercer nivel en México, reportó alteraciones del índice de pulsatilidad en el 24.6% de las pacientes a la semana 21 de gestación. Esta diferencia se debió al perfil clínico de la población estudiada, ya que se realizó en una unidad de alta especialidad que concentra casos complejos.

Asimismo, al comparar con estudios regionales como el de Rodríguez Serret et al. (2020), quienes reportaron una tasa de IP alterado del 9.5%, el resultado obtenido del presente estudio también se situó por debajo. Esta diferencia pudo atribuirse principalmente al momento del tamizaje, ya que evaluaron pacientes en el primer trimestre (11-14 semanas), etapa donde las resistencias vasculares son fisiológicamente más altas. En contraste, el presente estudio evaluó en el segundo trimestre, siendo la media de 22 semanas, periodo en el cual la resistencia vascular uterina tiende a disminuir naturalmente por el avance de la invasión trofoblástica, reduciendo así la proporción de pacientes que superan el percentil 95 patológico.

La relación entre el IP medio y la edad gestacional se analizó mediante la prueba de correlación de Spearman. Los resultados mostraron un coeficiente de correlación de (ρ) de -0.126 con un valor p igual 0.170. Sin embargo, dado que el coeficiente es cercano a cero (0.126) y el valor p fue > 0.05 se concluyó que existe una correlación débil y no estadísticamente significativa en la muestra, por lo tanto, puede que los resultados hayan sido influidos por el azar. No obstante, el signo negativo confirmó una relación inversamente proporcional, es decir que a mayor edad gestacional, menor fue el índice de pulsatilidad.

Molina et al., (2025) también explicó que normalmente el índice de pulsatilidad medio de las arterias uterinas disminuye a lo largo del embarazo como consecuencia de la disminución progresiva de la resistencia de la circulación uteroplacentaria conforme más semanas de gestación transcurren.

En relación con el diagnóstico de preeclampsia temprana, en la población estudiada, se identificó una prevalencia del 6.6% correspondiendo a 8 casos. Si bien el número absoluto de casos fue reducido, la tasa de prevalencia obtenida se situó dentro del rango estimado globalmente por la OMS (2025), que reportó una afectación del 2 al 8% de los embarazos.

El 5,8% (7) de la muestra presentó el antecedente patológico personal de preeclampsia. De ellas, solo 1 desarrolló preeclampsia temprana (14.3%), mientras que, en el grupo de 114 gestantes sin antecedentes (94,2%), se registraron 7 casos (6.1%). Esto demostró que solo 1 de los 8 casos de preeclampsia (12.5%) ocurrió con antecedente personal previo.

El análisis bivariado entre el antecedente personal de preeclampsia y el desarrollo de preeclampsia temprana mostró un OR de 2.55 (IC95%: 0.27–24.19), lo que sugiere que las pacientes con historia previa tuvieron más del doble de probabilidad de recurrencia en comparación con aquellas sin antecedente. No obstante, la amplitud del intervalo de confianza, que incluye el valor nulo, limita la confiabilidad de esta estimación. Adicionalmente, el valor de p (>0.05) indica que la asociación no es estadísticamente significativa. Esta cuestión estadística se debe interpretar considerando una de las limitantes del estudio respecto al tamaño muestral, con solo 7 gestantes con antecedente personal y 8 casos totales de preeclampsia temprana.

No obstante, el hallazgo mantuvo coherencia con lo estipulado por el MINSA (2022), que establece al antecedente personal patológico como un factor de alto riesgo. Elawad et al. (2022), durante una revisión sistemática observaron que la evidencia global clasifica este antecedente como una asociación “Definitiva” ($OR > 3.0$). Bajo los criterios de dichos autores, el resultado obtenido en el presente estudio se ubicó en un rango de asociación “Probable” (OR entre 1.50 y 2.99), implicando que el antecedente conservó relevancia clínica en la población.

Por otro lado, Cairo González et al. (2021) encontraron una asociación significativa ($p=0.000$) entre el antecedente de preeclampsia y el desarrollo de la enfermedad en una muestra de 243 pacientes, resultado el cual difirió al del presente estudio. Esta diferencia se atribuyó principalmente al tamaño muestral, demostrando la alta fortaleza de esta asociación en poblaciones de mayor tamaño. No obstante, hay resultados a nivel regional que tuvieron similitudes con el presente estudio, por ejemplo en una investigación en Santiago de Cuba realizada por Rodríguez Serret et al. (2020) con 168 gestantes de muestra, reportaron un fenómeno similar donde ninguna de las pacientes que desarrollaron preeclampsia presentaba antecedentes personales de la enfermedad.

Respecto al antecedente familiar de preeclampsia, del 9.9% (12) de la muestra que lo presentó, solo un 16.7% (2) desarrollaron preeclampsia temprana, a diferencia del 90,1% (109) que no presentaron este antecedente, donde el 5.5% (6) casos de preeclampsia fueron observados. Esta distribución muestra que el 25% de los casos de preeclampsia temprana (2 de 8) ocurrieron en gestantes con antecedente familiar, a pesar de que este grupo representa menos del 10% de la muestra total.

El análisis bivariado entre antecedente familiar de preeclampsia y desarrollo de preeclampsia temprana mostró un OR de 3.43 ($IC\ 95\%: 0.61-19.31$) con un valor $p > 0.05$, indicando una asociación estadísticamente no significativa, y un intervalo amplio que contiene al valor nulo (1). De igual forma, no se encontró asociación y es posible que esta se haya visto limitada por el número reducido de casos de preeclampsia temprana.

El OR de 3.43 sugiere una asociación moderada a fuerte que es consistente con estudios como el de Alfaro Sánchez et al. (2024), quienes destacan que la participación genética en la patogenia de la enfermedad confiere a las mujeres con familiares de primer grado afectados un riesgo de dos a cinco veces mayor en comparación con aquellas sin antecedentes. En contraste, Elawad et al. (2022) reportaron al antecedente familiar como una asociación de tipo “Probable”, con un OR global habitualmente reportado de 1.68. El OR obtenido en el presente estudio duplicó esta estimación internacional, lo que sugiere que en la población estudiada, la historia familiar podría comportarse como un predictor más potente que el promedio global.

Los datos respecto a la evaluación del rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas mostraron una gran proporción de verdaderos negativos con un 91.7% (111), verdaderos positivos y falsos negativos ambos con un 3,3% (4) cada uno y falsos positivos con un 1,7% (2). A partir de estos datos, se obtuvieron los siguientes indicadores de rendimiento, iniciando por la sensibilidad de 50%, lo que indica que la prueba fue capaz de identificar a la mitad de las pacientes que desarrollaron preeclampsia. Lo siguiente es la especificidad, la cual fue del 98%, lo que indica que de todas las gestantes que no desarrollaron preeclampsia, la prueba pudo identificar correctamente a un 98%, por lo que se podría decir que es excelente para identificar a una persona que no tiene la enfermedad.

Respecto a los valores predictivos, la prueba obtuvo un valor predictivo positivo de 66,7%, lo que indica que dos de cada 3 gestantes con el IP anormal obtuvieron el diagnóstico de preeclampsia. Por último, el valor predictivo negativo fue de 97%, este resultado se traduce en que si el resultado es normal, es poco probable que se desarrolle la enfermedad.

Estos hallazgos contrastan con los de Cnossen et al. (2008) el cual mediante una revisión sistemática y metaanálisis bivariado encontró que, la sensibilidad y especificidad del índice de pulsatilidad tomado en el segundo trimestre como predictor de preeclampsia en pacientes con embarazos de bajo riesgo, obtuvo 42% y 91%, respectivamente. En cambio, para pacientes con embarazos de alto riesgo encontró que la sensibilidad fue de 39% y la especificidad del 78%, valores que difieren de los obtenidos en este estudio.

En otro estudio de cohorte, prospectivo y observacional de Panda et al. (2023), se encontraron hallazgos similares al presente estudio, en donde, la sensibilidad obtenida fue de 56,25%, la especificidad de 92,6%, valor predictivo positivo de 42,8% y el valor predictivo negativo del 95,5%, obteniendo que al utilizar el IP medio de arterias uterinas >P95 tomado entre las 14 y 20 semanas de gestación como predictor de preeclampsia temprana, se obtuvo una exactitud diagnóstica del 89.4%.

En cambio, en la revisión sistemática de Conza et al (2023), donde encontraron que la sensibilidad es menor del 50% y la especificidad mayor del 90%. En cuanto a los valores predictivos, reportaron bajo VPP y alto VPN, de acuerdo a la mayoría de artículos revisados. Por lo que afirmaron que este estudio no es un buen predictor de resultados perinatales o maternos adversos por su bajo VPP, pero para pacientes donde sus resultados son normales el VPN (>90%) presenta un alto nivel de confiabilidad.

En otro estudio, Díaz-García et al (2019), expone en su artículo de revisión que la sensibilidad se define como la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo, en cambio, la especificidad se define como la probabilidad de que la prueba sea negativa puesto que no se tiene la enfermedad. Ahora bien, de acuerdo a Pascual (2024), cuando una prueba con alta especificidad da un resultado positivo, permite asegurar con un alto grado de confianza que el individuo tiene la enfermedad, en cambio, cuando un test tiene alta sensibilidad y da un resultado negativo, permite asegurar con un alto grado de confianza que el individuo no tiene la enfermedad. Por lo tanto, el doppler de arterias uterinas debido a su alta especificidad indica que cuando se obtenga un resultado positivo, es decir, se encuentre el IP de arterias uterinas por encima del P95, permite asegurar con cierto grado de confianza que el individuo tiene la enfermedad, es decir, preeclampsia.

Por otro lado, Torregroza-Diazgranados y Torregroza-Castilla (2022), exponen que los requisitos de una prueba diagnóstica de tamizaje son: alta sensibilidad y especificidad de forma conjunta, alto nivel de seguridad y aceptabilidad, e idealmente, deben ser de bajo costo.

En consecuencia, dado que el doppler cuenta con una sensibilidad del 50%, el doppler de arterias uterinas no tiene buen desempeño como herramienta de tamizaje masivo. Sin

embargo, su elevada especificidad y valor predictivo negativo lo hacen útil para excluir riesgo de preeclampsia temprana en pacientes seleccionadas. Esto respalda su uso como prueba de tamizaje selectivo, tal como lo describe Bazán (2025), quien señala que este tipo de pruebas se aplican en poblaciones de alto riesgo y permiten identificar de manera temprana enfermedades en individuos con factores de riesgo específicos. De esta manera, el Doppler puede contribuir a un seguimiento más racional y dirigido, optimizando recursos y enfocando la atención en quienes presentan resultados anormales.

Esto va de la mano con lo expuesto por Rivera Mena et al., (2023) quien recomienda que la ecografía doppler sea practicada en pacientes con alto riesgo obstétrico dado que puede detectar a más del 80% de mujeres que pueden presentar complicaciones con un valor predictivo positivo del 71,4%. Por lo que es posible que el doppler de arterias uterinas sea considerada una prueba de tamizaje selectivo, la cual de acuerdo a Bazan (2025) consiste en pruebas cuya medición tiene por objetivo a población susceptible y a su vez, destinada a la prevención secundaria.

Continuando con la evaluación del rendimiento diagnóstico, destaca el cruce entre el IP medio $>P95$ y el diagnóstico de preeclampsia temprana, el valor de p (<0.000) es altamente significativo, lo que confirma que sí existe una asociación estadística entre tener IP medio anormal y el desarrollo de preeclampsia temprana. A su vez, el OR de 55.5 IC 95% (7.75 – 397.48) es un hallazgo que refuerza la asociación, ya que indica que aquellas gestantes con IP anormal, tuvieron 55.5 veces más probabilidades de desarrollar preeclampsia con respecto a aquellas con un IP normal.

En otro estudio, por Molina et al. (2025) se encontró que las pacientes cuyos resultados en el doppler fueron anormales, tuvieron hasta 4.5 veces más probabilidades de padecer preeclampsia con un (IC95%: 1.7-11.9), por lo que afirman también que el índice de pulsatilidad de arterias uterinas es un factor temprano de predicción de un desenlace adverso en pacientes con confirmación clínica de insuficiencia placentaria.

Sin embargo, la extrema amplitud del intervalo de confianza del 95% es un reflejo de la reducida prevalencia de preeclampsia y el escaso número de hallazgos patológicos (IP medio

>P95) en la muestra. Esta baja frecuencia de eventos que podría ser consecuencia del reducido tamaño muestral, interfiere con la precisión estadística, lo que sugiere que es posible que el valor de OR está probablemente sobreestimado.

No obstante, no puede descartarse la asociación, ya que incluso el límite inferior del intervalo de confianza, de 7.75 indica un riesgo significativamente mayor de desarrollar preeclampsia temprana en gestantes con Doppler uterino anormal. Este hallazgo es coherente con la fisiopatología de la enfermedad, que se basa en que la utilidad diagnóstica del Doppler se fundamenta en el incremento de las resistencias vasculares secundario a una invasión trofoblástica insuficiente, lo que impide la adecuada transformación de las arterias espirales en vasos de baja resistencia. La ausencia de dicho remodelado evita el reemplazo del músculo liso arterial por tejido no contráctil, favoreciendo el aumento de la resistencia vascular (Alfaro et al., 2024). En consecuencia, el incremento de la resistencia detectado mediante el Doppler respalda la asociación observada con la preeclampsia temprana.

Cabe destacar que, en la literatura actual no se cuenta con valores estandarizados que definen la exactitud diagnóstica del doppler de arterias uterinas que estén avalados por organismos de referencia. En 2018, la Sociedad Internacional de Ultrasonido en Obstetricia y Ginecología (ISUOG) publicó una guía práctica que comenta el rol del ultrasonido en cribado y seguimiento de la preeclampsia, en esta afirmó que el rendimiento del doppler de la arteria uterina es mejor para definir PE temprana, asimismo, menciona que al basarse únicamente en el IP de la arteria uterina, puede predecir hasta un 85% de los casos de PE de preeclampsia temprana.

Por lo tanto, recomendaron que el índice de pulsatilidad es el que debería utilizarse en el contexto de cribado de PE, pero, dado que este puede ser influenciado por los factores maternos, recomiendan valorarlo como parte de un cribado multifactorial, en lugar de utilizarlo como una prueba aislada e independiente con valores de corte absolutos.

12. Conclusiones

1. En cuanto a las características sociodemográficas, se observó que la mayoría de las gestantes en estudio procedían del departamento de Masaya (90,9%), contaban con educación secundaria (54,5%) y se desempeñaban principalmente como operarias de zona franca (31,4%). La media de edad fue de $30,36 \pm 5,38$ años, correspondiente al grupo etario de 20 a 35 años, en el cual se registró la mayor prevalencia tanto de IP anormal como de preeclampsia temprana; sin embargo, no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la edad y dichas variables. En cuanto a los antecedentes personales, el 5,8% presentaba antecedente de preeclampsia y el 9,9% reportó antecedente patológico familiar de esta enfermedad.
2. En cuanto a los hallazgos del Doppler de arterias uterinas, se identificó que la alteración del Índice de Pulsatilidad medio ($IP > P95$) se presentó únicamente en el 5.0% de las gestantes, mientras que la gran mayoría, 95.0% mostró valores normales, es decir un $IP > P95$ ausente. Este comportamiento se relacionó con el momento de la evaluación (media de 22 semanas), etapa en la cual la remodelación vascular fisiológica favorece la reducción de la resistencia. El análisis de correlación de Spearman mostró una relación inversamente proporcional entre el índice de pulsatilidad y la edad gestacional, es decir que la resistencia vascular disminuyó progresivamente conforme avanzó el embarazo en la población estudiada.
3. En relación con el diagnóstico final, se identificó una prevalencia de preeclampsia temprana del 6.6%. En el 5,8% de gestantes que presentaron un antecedente patológico personal, solo se reportó 1 caso en el que se desarrolló preeclampsia. Mientras que en el 9,9% de gestantes que presentaron un antecedente patológico familiar, se reportaron solo 2 casos en los que desarrollaron preeclampsia.
4. Los resultados obtenidos reflejan que el doppler de arterias uterinas por su alta especificidad es una prueba ideal para identificar a los sanos y en caso de obtener un resultado positivo, permite asegurar con cierto grado de confianza que el individuo

tiene la enfermedad. Además, dado que está recomendada para ser aplicada en poblaciones de alto riesgo, podría ser utilizada como prueba de tamizaje selectivo. Sin embargo, dada su baja sensibilidad, sería pertinente que esta prueba forme parte de un cribado multifactorial, en lugar de utilizarla de manera aislada como prueba diagnóstica.

13. Recomendaciones

Al Ministerio de Salud de Nicaragua:

- Establecer un sistema de clasificación de riesgo para la indicación de estudios Doppler que permita un uso racional del presupuesto y maximice el impacto clínico, asegurando que el recurso se destine a pacientes con la mayor probabilidad de beneficio significativo.

A las autoridades del hospital SERMESA Masaya:

- Implementar una prueba de tamizaje masivo, distinta al doppler de arterias uterinas, que sea altamente sensible, específica y costo-efectiva.
- Definir un protocolo que contenga los criterios para la indicación del estudio doppler de arterias uterinas para el tamizaje de preeclampsia con el fin de asegurar el uso racional del recurso y priorizar la prueba exclusivamente en gestantes con riesgo alto cuantificable.
- Incorporar del doppler de Arterias Uterinas en el segundo trimestre como herramienta de tamizaje selectivo, priorizando su valor por su capacidad de descartar la preeclampsia temprana y así optimizar los recursos de seguimiento en pacientes de bajo riesgo.
- Implementar el doppler de arterias uterinas como parte de un modelo de cribado multifactorial que valore factores de riesgo maternos, valores de presión arterial, y de ser posible, biomarcadores séricos para mejorar la precisión diagnóstica, tal como sugieren las guías internacionales.

A la facultad de ciencias médicas de la Universidad Americana (UAM):

- Promover un estudio de cohorte prospectivo y longitudinal que investigue la población gestante nacional con el objetivo de determinar los factores de riesgo maternos relacionados a las alteraciones en el doppler de arterias uterinas y el desarrollo de preeclampsia temprana.

14. Bibliografía

- ACOG. (2020, Junio). Gestational Hypertension and Preeclampsia ACOG Practice Bulletin, Number 222. *Obstetrics & Gynecology*, 135(6), 237-260.
10.1097/AOG.0000000000003891
- Alfaro, A., Cruz, M., & Ramírez, L. (2024). Índice de pulsatilidad y muesca protodiastólica: Predictores de riesgo para preeclampsia en pacientes embarazadas en una Unidad de Medicina Familiar. *Ciencia Latina*, 8(6), 4183-4200.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15153
- Bazan, C. N., Martenies, S., & Miranda, R. (2025). *Principles of epidemiology: A primer*. (P. Rodrigues, R. Hoopsick, & A. Schwingel, Eds.).
<https://iopn.library.illinois.edu/pressbooks/epidemiologyprimer/chapter/chapter-4-screening-and-diagnostic-tests/>
- Bhide, A., Acharya, G., Baschat, A., Bilardo., C. M., & Brezinka, C. (2021). ISUOG Practice Guidelines (updated): use of Doppler velocimetry in obstetrics. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 58(2), 331-339. <https://doi.org/10.1002/uog.23698>
- Cairo, V. d. I. M., Jiménez, S., Machado, H., Cardet, Y., Milán, I., & Rodríguez, L. (2020, 10 03). Ultrasonografía Doppler de arterias uterinas como predictor de preeclampsia y de resultados adversos maternos y perinatales. *Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia*, 48(1), 104 - 109. 10.1016/j.gine.2020.08.002
- Cavoretto, P., Salmeri, N., Candiani, M., & Farina, A. (2022). Reference ranges of uterine artery pulsatility index from first to third trimester based on serial Doppler measurements: longitudinal cohort study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 61(4), 474-480. <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/uog.26092>

- Ciuti, G., Monami, M., Ragghianti, B., Fabri, A., Bandini, G., Mercatelli, P., Edoardo, M., & Pignone, A. (2024). The resistive and pulsatility indices of the dorsal metatarsal artery for the screening of peripheral lower artery disease in patients with and without diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 213(1), 111732. 10.1016/j.diabres.2024.111732
- Cnossen, J., Morris, R., Riet, G., W.J., B., M., J. A., Coomarasamy, A., Zwinderman, A., Robson, S., Bindels, P., Kleijnen, J., & Khan, K. S. (2008, 03 11). Use of uterine artery Doppler ultrasonography to predict pre-eclampsia and intrauterine growth restriction: a systematic review and bivariable meta-analysis. *Canadian Medical Association Journal*, 178(6), 701-711. <https://doi.org/10.1503/cmaj.070430>
- Conza, A., Chamba, J., & Chiliquinga, S. (2023). Índice de pulsatilidad del Doppler de las arterias uterinas para predecir preeclampsia: revisión de literatura. *QhaliKay*, 7(1), 9-17. <https://doi.org/10.33936/qkrcs.v7i1.5398>
- Cruz-Hernández, M., Guerra, J. E., & Tavera, A. (2025, 06 25). Ultrasonido Doppler de arterias uterinas en primer y tercer trimestre de embarazo como diagnóstico predictivo de preeclampsia. *ARCHIVOS DE MEDICINA, SALUD Y EDUCACIÓN MÉDICA.*, 4(1). <https://archivosdemedicina.uat.edu.mx/index.php/nuevo/article/view/76/79>
- Díaz-García, L., Medina-Vera, I., García-de la Puente, S., González-Garay, A., & Murata, C. (2019, diciembre 14). Estudios de exactitud diagnóstica. *Acta pediátrica México*, 40(6), 342-357. <https://www.redalyc.org/journal/4236/423665716005/html/>
- Elawad, T., Scott, G., Bone, J. N., Elwell, H., Lopez, C. E., Filippi, V., Green, M., Khalil, A., Kinshella, M. W., Mistry, H. D., Pickerill, K., Shanmugam, R., Singer, J., Townsend, R., Tsigas, E. Z., Vidler, M., Volvert, M., Von Dadelszen, P., & Magee, L. A. (2022). Risk factors for pre-eclampsia in clinical practice guidelines: Comparison with the

- evidence. *BJOG An International Journal Of Obstetrics & Gynaecology*, 131(1), 46-62. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17320>
- Fernández Borbón, H., Serrano Pinet, M., Valdez Martínez, Y., & Ferragut, L. E. (2023, 09 01). Caracterización del Doppler patológico como predictor de preeclampsia. *ecimed*, 40. <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v40/1561-3038-mgi-40-e3098.pdf>
- International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology [ISUOG]. (2018, octubre 10). Role of ultrasound in screening for and follow-up of pre-eclampsia [Practice Guideline]. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 53(1), 7-22. 10.1002/uog.20105
- Khalaf, A. J., Alfayhan, A. S., Zaghir, A. R., Saeed, A. Y., Hasan, M. J., & Abdul Amir, M. A. (2025, marzo 31). Understanding the Physical Principles of Doppler Ultrasound. *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences (JUBPAS)*, 33(1), 196-205. https://www.researchgate.net/publication/390304096_Understanding_the_Physical_Principles_of_Doppler_Ultrasound
- Khalighinejad, P. (2025, July 11). *Resistive index (vascular ultrasound) | Radiology Reference Article*. Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/resistive-index-vascular-ultrasound>
- Luna, C. (2023). La ultrasonografía doppler para predicción y prevención de la preeclampsia. *Revista de Postgrados de Medicina*, 2(2), 14-25. <https://doi.org/10.62267/rev.post.med.v2i2.20>
- Mazarico, E., Meler, E., & Figueras, F. (2020, 06 01). *Protocolo: Doppler en Medicina Materno Fetal*. Medicina Fetal Barcelona. Retrieved September 13, 2025, from <https://fetalmedicinebarcelona.org/protocolos/protocolo-doppler/>

- Ministerio de Salud. (n.d.). *Mapa Nacional de la Salud en Nicaragua*. MINSA. Retrieved 08 29, 2025, from <https://mapasalud.minsa.gob.ni/>
- MINSA. (2022, Noviembre). *Síndrome Hipertensivo Gestacional*. MINSA. Retrieved agosto 26, 2025, from <https://www.minsa.gob.ni/sites/default/files/publicaciones/III-Sindrome%20hipertensi on%20gestacional.pdf>
- Molina, C., Berumen, M., Moreno, Ó., Borja, M., & Amaya, L. (2025, mayo 30). Doppler uterino anormal como predictor de preeclampsia en embarazos de alto riesgo. *Ginecología y Obstetricia de México*, 93(6), 193-202. <https://doi.org/10.24245/gom.v93i6.165>
- Organización Mundial de la Salud. (2025, abril 04). *Preeclampsia*. OMS. Retrieved 08 28, 2025, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pre-eclampsia>
- Ortiz, S., Agosto, M., Cedeño, S., Pin, F., Daza, K., Padilla, C., Ochoa, J., & Agosto, M. (2024). Utilidad del doppler de arteria uterina en el tercer trimestre del embarazo para detectar el riesgo de preeclampsia. *Reciamuc*, 8(1), 97-107. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(1\).ene.2024.97-107](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(1).ene.2024.97-107)
- Panda, S., Jante, V., Das, A., Shullai, W., Sharma, N., Basu, R., Baruah, P., Ruksana, M., & Gowda, N. (2023, 09 27). Unveiling Preeclampsia Prognosis: Uterine Artery Doppler Indices in Low-Risk Pregnancies. *Cureus*, 15(9). [pmc.ncbi.nlm.nih.gov. 10.7759/cureus.46060](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC107759/cureus.46060)
- Paredes-García, J. I., Salcedo-Cuadrado, J. J., & Maldonado-Rengel, R. (2023, 09 01). Factores de riesgo predisponentes al desarrollo de preeclampsia y eclampsia en el embarazo. *Permanyer*, 37(2), 72-79. 10.24875/PER.23000003

Pascual Huerta, J. (2024, 10 07). Sensibilidad, especificidad y valores predictivos (Parte II).

Revista Española de Podología, 35(1), 69-70. 10.20986/revesppod.2024.1698/2024

Peñaherrera - Ron, M., Villalobos, N., Morales - Villacís, R., Pacheco - Sáenz, J., & Valero -

Cedeño, N. (2020). Uso de doppler de las arterias uterinas como tamizaje precoz de preeclampsia y su manejo preventivo. *Polo del Conocimiento*, 5(6), 728-738.

10.23857/pc.v5i6.1991

Rivera Mena, M. J., Mercado González, A. F., Vega Cobos, M. d. C., & Vanegas Contreras,

G. M. (2023, enero 16). Doppler de arterias uterinas para tamizaje y prevención de preeclampsia. *TESLA Revista Científica*, 2(1), e119.

<https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e119>

Rodríguez Serret, J. E., Salmon Cruzata, A., Quintero Salcedo, S., & Leiva Pablo, L. N.

(2020, febrero 18). Gestantes con índice de pulsatilidad alterado en ecografía Doppler.

MEDISAN, 24(1), 65-75.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192020000100065

Rojas, A. S., & Rumipamba, Y. L. (2024, junio 28). Evaluación de la utilidad del Índice de

Pulsatilidad Arterial Uterina para el diagnóstico temprano de la preeclampsia. *[Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]*. Repositorio Digital UNACH.

Retrieved agosto 28, 2024, from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13315>

Salgado, J. (2023). Medición por flujometría Doppler de arterias uterinas como predictor

precoz de preeclampsia temprana durante las semanas 18-24 de gestación. *[Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]*.

<https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000855908>

- Shah, A., & Irshad, A. (2023, May 1). *Sonography Doppler Flow Imaging Instrumentation - StatPearls*. NCBI. Retrieved September 14, 2025, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK580539/#article-129468.s12>
- Torregroza-Diazgranados, E. D. J., & Torregroza-Castilla, J. P. (2022, 06 24). Pruebas diagnósticas de tamizaje. *Revista Colombiana de Cirugía*, 37(4), 673-683. <https://doi.org/10.30944/20117582.2105>
- Tudor, A., Novac, L., Camen, I., Manolea, M., Sandulescu, M., Vrabe, S., Serbanescu, M., Boldenau, M., Istrate-Ofiteru, A., & Dijmarescu, A. (2023). The Role of Uterine Artery Doppler in the Second and Third Trimesters for Prediction of Preeclampsia and Fetal Growth Restriction Developed as a Consequence of Placental-Mediated Diseases. *Current Health Sciences Journal*, 49(2), 251–256. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10541058/>

15. Anexos

Figura 1

Valores Normales del Doppler por Semana Gestacional

VALORES NORMALIDAD DOPPLER							
EG (s)	IPAU (p95) ¹	IPACM (p5)	ICP ² (p5)	PVS (1.5MoM) ³	IPDV (p95) ⁴	IPCVCI (p95) ⁵	IPmUt (p95) ⁶
20	2,01	1,37	0,83	38	0,89	0,81	1,61
21	1,96	1,4	0,91	40	0,88	0,78	1,54
22	1,9	1,45	0,99	42	0,87	0,75	1,47
23	1,85	1,47	1,06	44	0,86	0,72	1,41
24	1,79	1,5	1,12	46	0,85	0,68	1,35
25	1,73	1,51	1,18	48	0,83	0,66	1,30
26	1,69	1,52	1,23	50	0,82	0,64	1,25
27	1,64	1,53	1,27	52	0,81	0,62	1,21
28	1,6	1,53	1,30	55	0,80	0,60	1,17
29	1,58	1,53	1,33	58	0,79	0,57	1,13
30	1,54	1,52	1,35	61	0,78	0,55	1,10
31	1,5	1,51	1,36	64	0,76	0,53	1,06
32	1,48	1,5	1,36	67	0,75	0,52	1,04
33	1,46	1,47	1,36	70	0,74	0,50	1,01
34	1,43	1,43	1,35	73	0,73	0,48	0,99
35	1,42	1,4	1,33	76	0,72	0,47	0,97
36	1,41	1,37	1,31	80	0,71	0,45	0,95
37	1,4	1,32	1,28	84	0,70	0,43	0,94
38	1,4	1,28	1,24	-	0,68	0,41	0,92
39	1,4	1,21	1,19	-	0,89	0,40	0,91
40	1,4	1,18	1,14	-	0,88	0,39	0,90

1 Arduini D J Perinat Med 1990; 18: 165
2 Baschat AA UOG 2003; 21: 124
3 Mari G N Engl J Med 2000; 342: 9
4 Hecher K UOG 1994; 4: 381
5 Rizzo G UOG 1996; 7: 401
6 Gomez O UOG 2008; 32: 128

Nota. Adaptado de Título de la imagen, de Autor de la Imagen, año de publicación de la imagen, Fuente. Tipo de licencia.

Obtenida de: "Protocolo: Doppler en Medicina Materno Fetal", por E. Mazarico, E. Meler y F. Figueras, 2020, Medicina Fetal Barcelona. Disponible en:

(<https://fetalmedicinebarcelona.org/protocolos/protocolo-doppler/>).

Tabla 1*Variables sociodemográficas de la población en estudio*

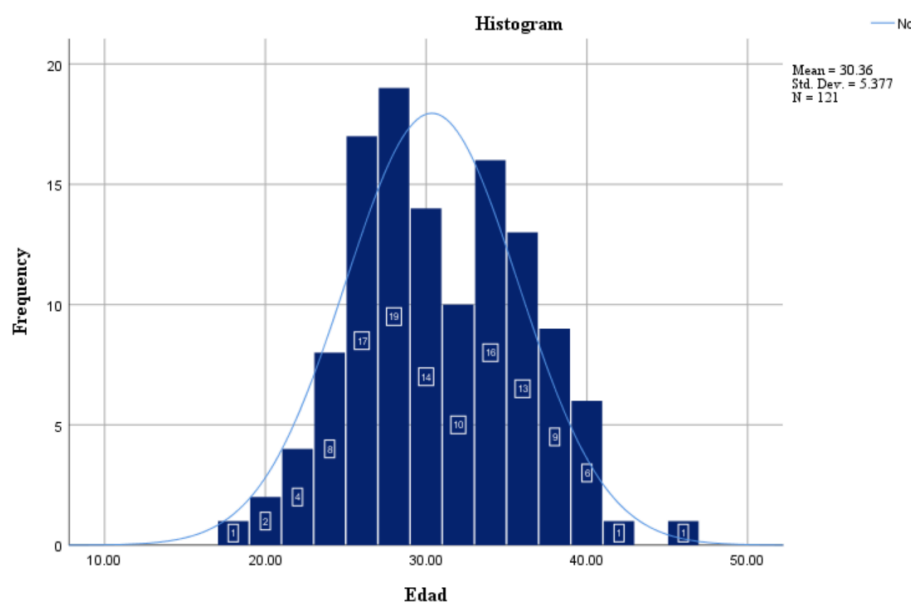
Variables sociodemográficas	Frecuencia	Porcentaje
Procedencia		
Masaya	110	90.9%
Managua	5	4.1%
Granada	3	2.5%
Carazo	2	1.7%
Nueva Segovia	1	0.8%
Escolaridad		
Secundaria	66	54.5%
Universitario	45	37.2%
Primaria	6	5.0%
Técnico	3	2.5%
Posgrado	1	0.8%
Ocupación		
Operaria	38	31.4%
Ama de casa	19	15.7%
Docente	9	7.4%
Auxiliar de farmacia	8	6.6%
Comerciante	6	5.0%
Secretaria/Asistente	5	4.1%
Estudiante	2	1.7%
Otros	34	28.1%
Total: 121		

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Tabla 2*Edad en la Población a estudio*

Variable	N	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad	121	30.36	30.00	28.00	5.377	18.00	45.00

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 1

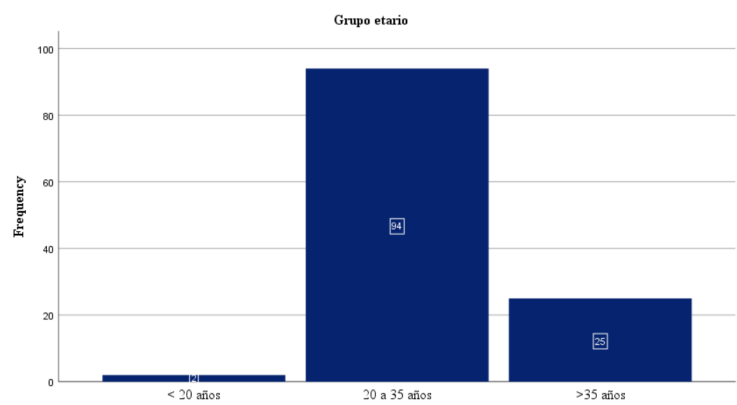
Fuente: Tabla 2.

Tabla 3*Grupos etarios de la población en estudio*

Grupo etario	Frecuencia	Porcentaje
< de 20 años	2	1.7%
20 a 35 años	94	77.8%
> de 35 años	25	20.7%
Total	121	

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 2



Fuente: Tabla 3.

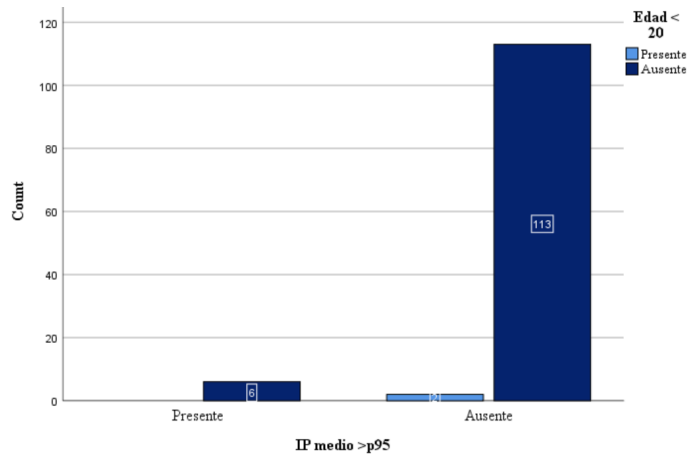
Tabla 4

Grupo etario vs IPm > P95

Edad	IPm> P95		Valor de P	OR	IC 95%
< 20 años	Sí n (%)	No n (%)	1.000	1.05	1.01-1.10
	Sí	2 (100.0)			
	No	113 (95.0)			
20-35 años			1.000	1.46	0.16-13.07
	Sí	89 (94.7)			
	No	26 (96.3)			
>35 años			1.000	0.76	0.09-6.80
	Sí	24 (96.0)			
	No	91 (94.4)			
Total: 121					

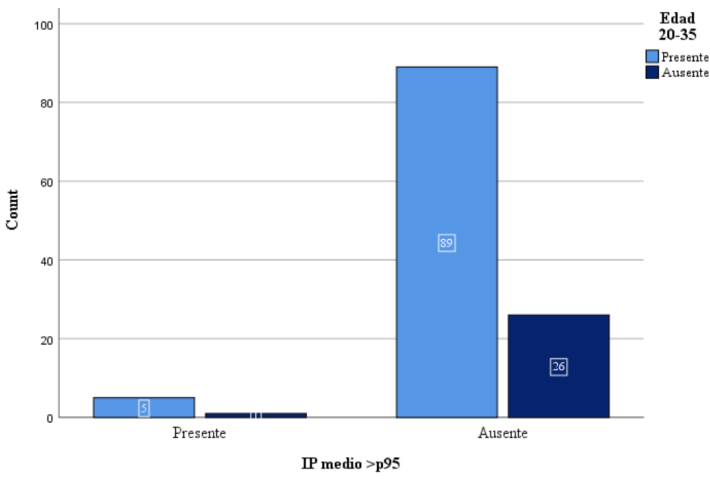
Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 3



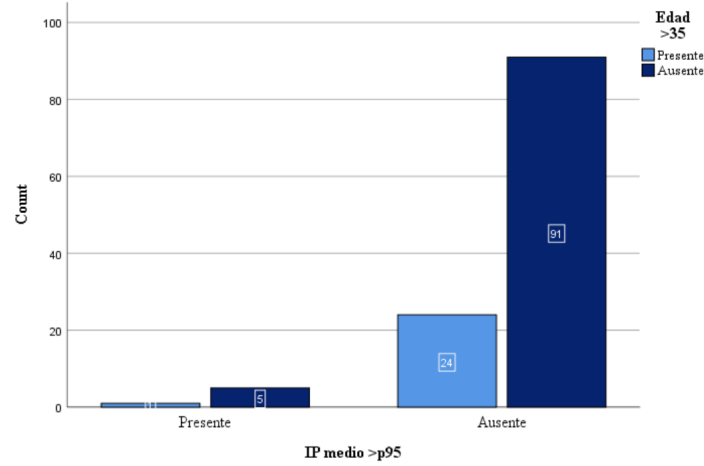
Fuente: Tabla 4

Gráfico 4



Fuente: Tabla 4

Gráfico 5



Fuente: Tabla 4

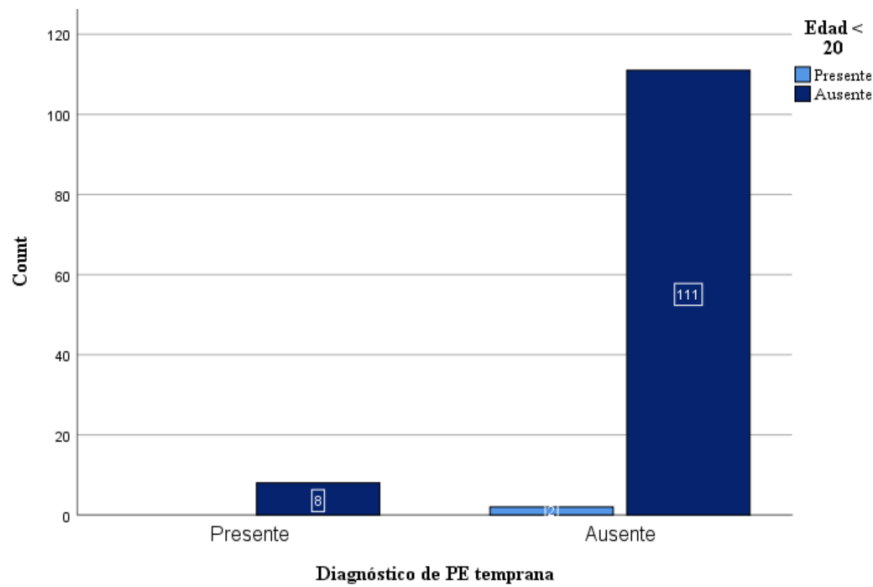
Tabla 5

Grupo etario vs Diagnóstico de PE Temprana

Edad	Preeclampsia temprana		Valor de P	OR	IC 95%
< 20 años	Sí n (%)	No n (%)	1.000	1.07	1.02-1.13
	Sí	0 (0.0)			
	No	2 (100)			
		8 (6.7)			
		111 (93.3)			
20-35 años			0.682	2.09	0.25-17.79
	Sí	7 (7.4)			
	No	87 (92.6)			
		1 (3.7)			
		26 (96.3)			
>35 años			1.000	0.53	0.06-4.52
	Sí	1 (4.0)			
	No	24 (96.0)			
		7 (7.3)			
		89 (92.7)			
Total: 121					

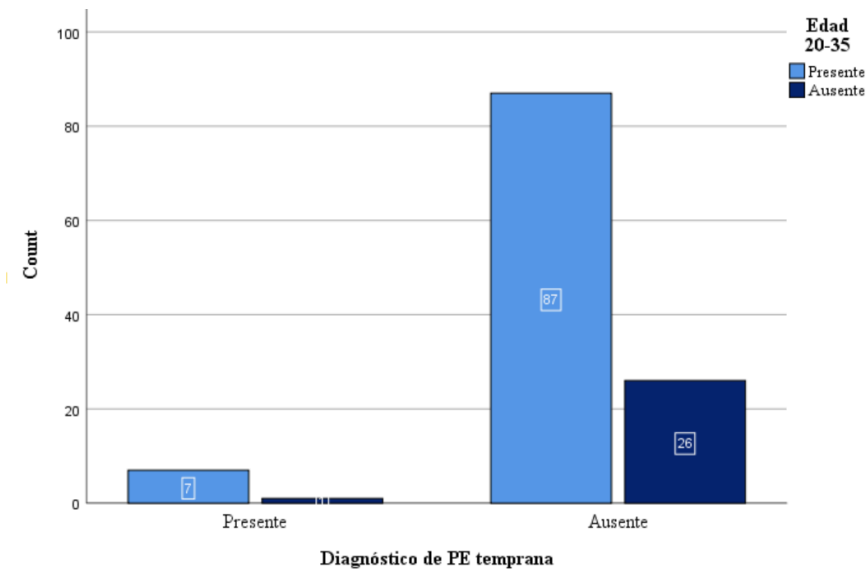
Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 6



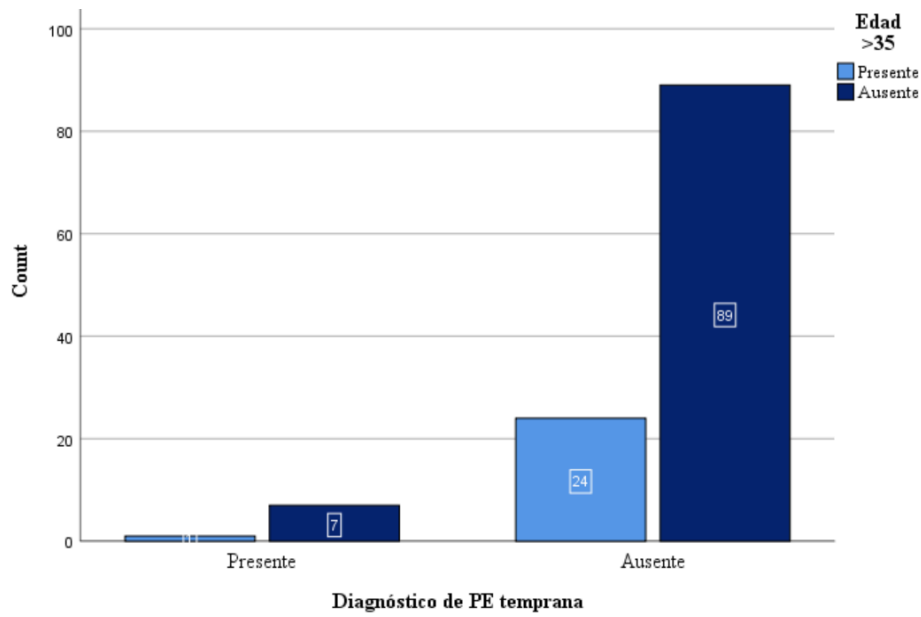
Fuente: Tabla 5

Gráfico 7



Fuente: Tabla 5

Gráfico 8



Fuente: Tabla 5

Tabla 6*Antecedentes clínicos de la población estudiada*

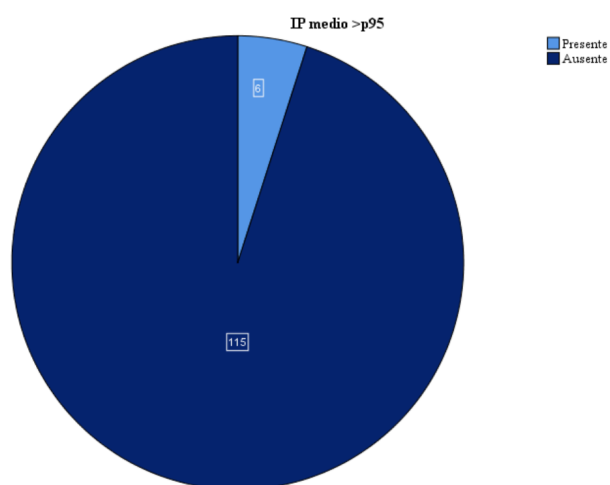
Antecedentes clínicos	Frecuencia	Porcentaje
Antecedente patológico personal de preeclampsia		
Presente	7	5.8%
Ausente	114	94.2%
Antecedente patológico familiar de preeclampsia		
Presente	12	9.9%
Ausente	109	90.1%
Total : 121		

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Tabla 7*Índice de pulsatilidad medio mayor al percentil 95 en la población en estudio*

IP medio > P95	Frecuencia	Porcentaje
Ausente	115	95.0%
Presente	6	5.0%
Total: 121		

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 9

Fuente: Tabla 7

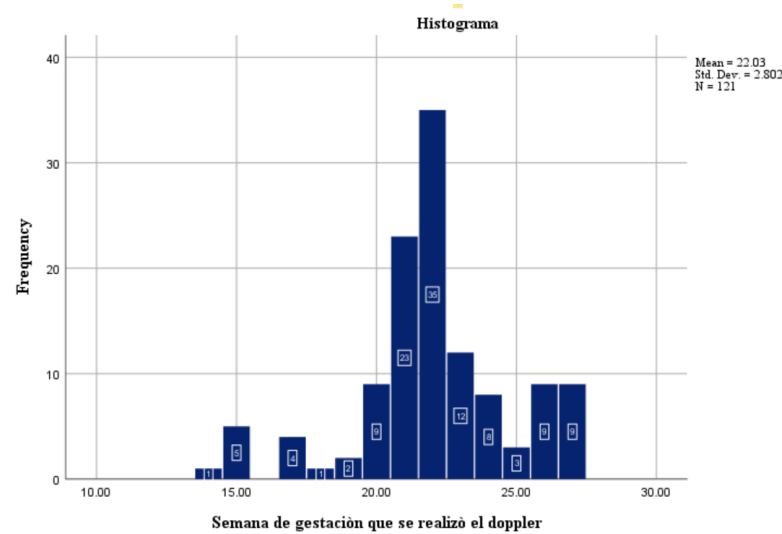
Tabla 8

Edad gestacional al momento de la realización del estudio de imagen.

Variable	N	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad gestacional	121	22.03	22.00	22.00	2.802	14.00	27.00

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 10



Fuente: Tabla 8.

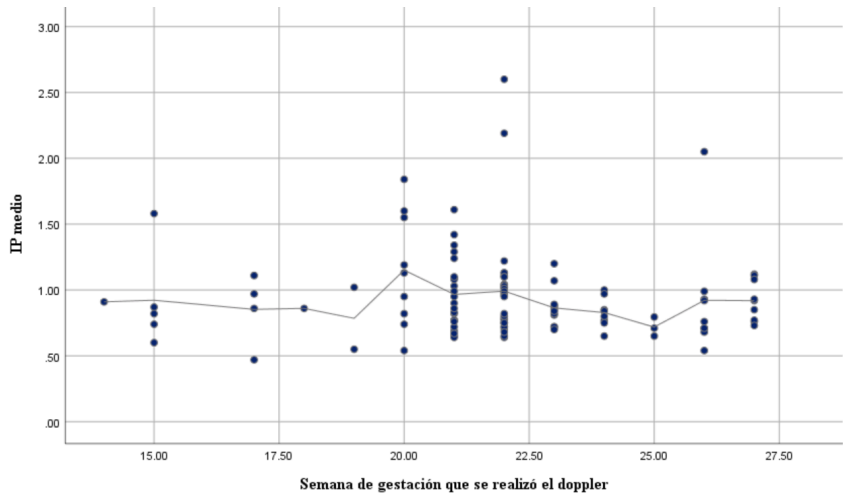
Tabla 9

Correlación de IP medio y edad gestacional.

Variable	N	Coefficiente de Spearman	Valor de P	Fuerza de correlación
IP medio	121	-0.126	0.170	Poca correlación

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 11



Fuente: Tabla 9.

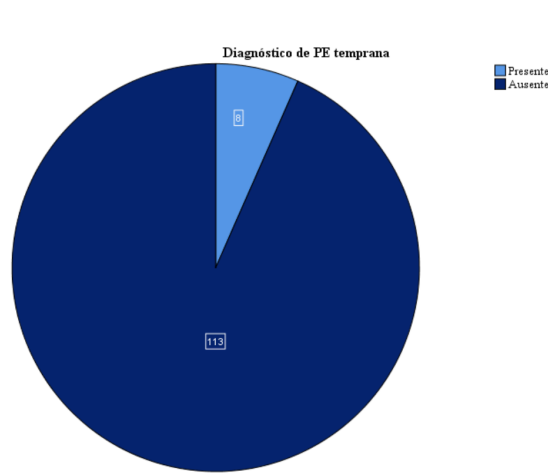
Tabla 10

Diagnóstico de preeclampsia temprana en la población en estudio

Preeclampsia temprana	Frecuencia	Porcentaje
Ausente	113	93.4%
Presente	8	6.6%
Total: 121		

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 12

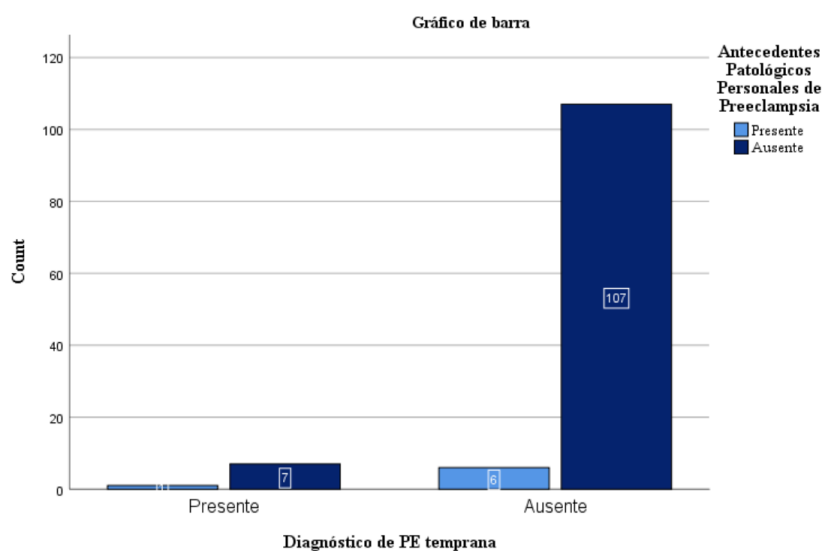


Fuente: Tabla 10

Tabla 11*Antecedente personal patológico de PE (APP) vs Diagnóstico de PE temprana.*

APP de PE	Preeclampsia temprana		Valor de P	OR	IC 95%
	Sí n (%)	No n (%)	0.388	2.548	0.268 - 24.192
Sí	1 (14.3)	6 (85.7)			
No	7 (6.1)	107 (93.9)			
Total: 121					

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 13

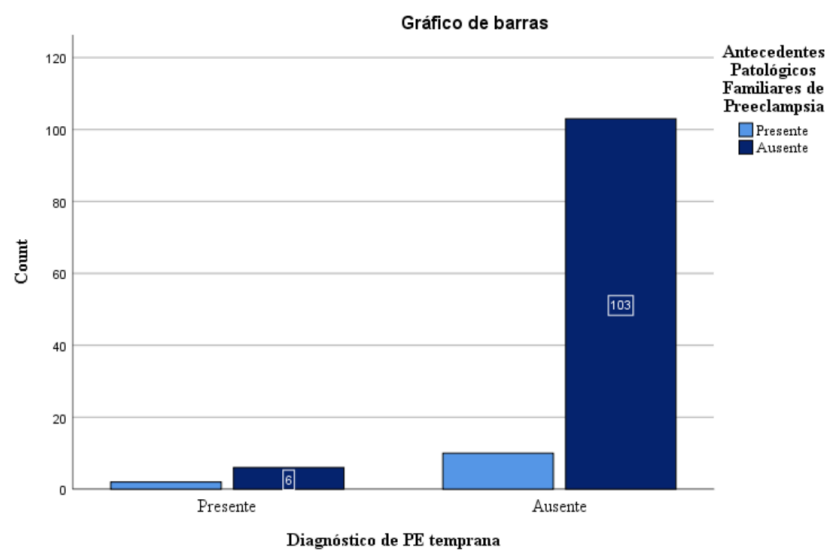
Fuente: Tabla 11

Tabla 12*Antecedente familiar patológico de PE vs Diagnóstico de PE temprana.*

AFP de PE	Preeclampsia temprana		Valor de P	OR	IC 95%
	Sí n (%)	No n (%)	0.180	3.433	0.611 - 19.308
Sí	2 (16.7)	10 (83.3)			
No	6 (5.5)	103 (94.5)			
Total: 121					

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 14



Fuente: Tabla 12

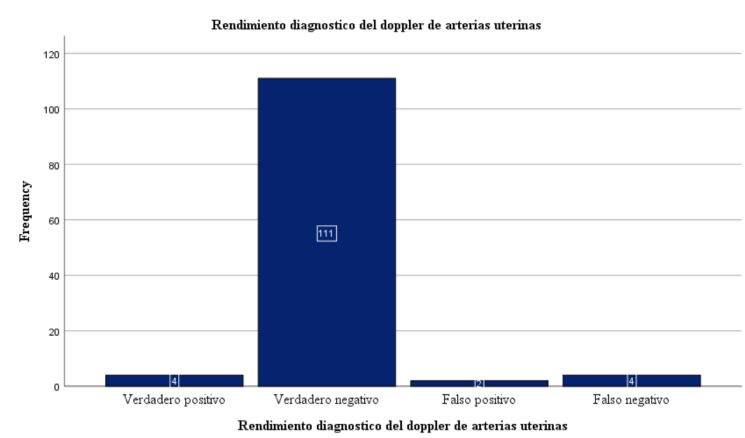
Tabla 13

Rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas en la población en estudio.

Resultado	Frecuencia	Porcentaje
Verdadero negativo	111	91.7%
Falso negativo	4	3.3%
Verdadero positivo	4	3.3%
Falso positivo	2	1.7%
Total: 121		

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Gráfico 15



Fuente: Tabla 13

Tabla 14

Tabla tetracórica

IP medio > P95	Preeclampsia temprana presente	Preeclampsia temprana ausente	Total
Presente	4 (a)	2 (b)	6 (a+b)
Ausente	4 (c)	111(d)	115(c+d)
Total	8 (a+c)	113 (b+d)	121 (N)

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Nota: Donde “a” corresponde a verdaderos positivos, “b” a falsos positivos, “c” falsos negativos y “d” verdaderos negativos.

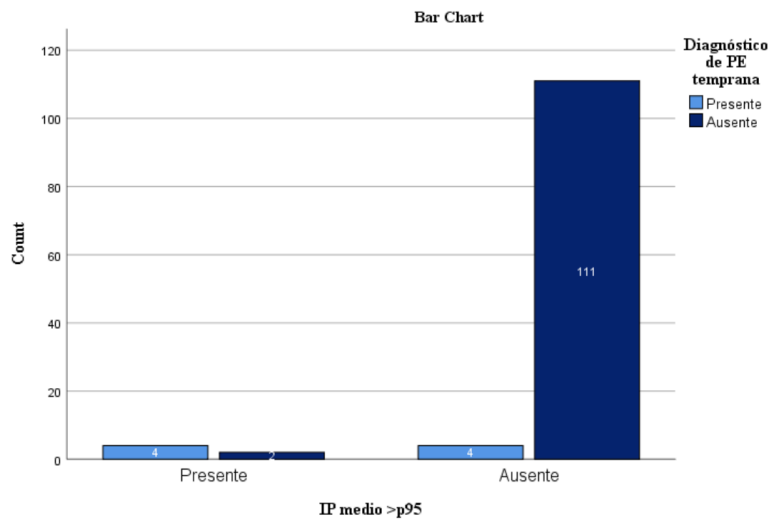
Tabla 15

IP medio > P95 vs Diagnóstico de PE temprana.

IPm > P95	Preeclampsia temprana		Valor de P	OR	IC 95%
	Sí n (%)	No n(%)	0.000	55.500	7.749 - 397.484
Sí	4 (66.7)	2 (33.3)			
No	4 (3.5)	111 (96.5)			
Total: 121					

Fuente: Ficha de recolección de datos

Gráfico 16



Fuente: Tabla 15

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Hospital Sermesa Masaya



Servicio de Ginecología y Obstetricia

Número de ficha: _____

Expediente: _____

Fecha: _____

1. Datos sociodemográficos

➤ Edad: _____

➤ Grupo etario

☐ < 20 años

☐ 20 a 35 años

☐ > 35 años

➤ Procedencia:

☐ Masaya

☐ Granda

☐ Managua

☐ Carazo

☐ Nueva Segovia

➤ Escolaridad

☐ Primaria

☐ Secundaria

☐ Técnico

☐ Universitario

☐ Posgrado

➤ Ocupación: _____

➤ Estado civil:

- ☐ Soltera
- ☐ Casada
- ☐ Unión libre
- ☐ Divorciada
- ☐ Viuda

➤ Antecedente patológico personal de preeclampsia

- ☐ Presente
- ☐ Ausente

➤ Antecedente patológico familiar de preeclampsia

- ☐ Presente
- ☐ Ausente

2. Resultados de flujometría doppler de arterias uterinas:

➤ Índice de Pulsatilidad de Arterias Uterinas:

- IP medio: _____
- IP derecho: _____
- IP izquierdo: _____

➤ Índice de pulsatilidad medio > P95

- ☐ Presente
- ☐ Ausente

➤ Edad gestacional: _____

3. Desenlace clínico final

➤ **Preeclampsia temprana:**

- ☐ Presente
- ☐ Ausente

4. Evaluar rendimiento diagnóstico del doppler de arterias uterinas

- ☐ Verdadero positivo (resultado anormal y desarrolló PE)
- ☐ Verdadero negativo (resultado normal y no tuvo PE)
- ☐ Falso positivo (resultado anormal y no desarrolló PE)
- ☐ Falso negativo (resultado normal y desarrolló PE)