



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA MEDICINA**

EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD  
ARTERIAL UTERINA PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA  
PREECLAMPSIA.

**Trabajo de Titulación para optar al título de  
MÉDICO GENERAL**

**Autor:**

Alexandra Sthefania Rojas Sanchez  
Yesenia Lizbeth Rumipamba Pullugando

**Tutor:**

Dr. José Luis Granizo Jara

**Riobamba, Ecuador. 2024**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Rojas Sánchez Alexandra Sthefania, con cédula de ciudadanía 060589637-2, autora del trabajo de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD ARTERIAL UTERINA PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA PREECLAMPSIA**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 21 de Junio 2024.



---

Alexandra Sthefania Rojas Sánchez

C.I: 0605896372

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Rumipamba Pullugando Yesenia Lizbeth, con cédula de ciudadanía 020218883-5, autora del trabajo de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD ARTERIAL UTERINA PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA PREECLAMPSIA**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 21 de Junio 2024.



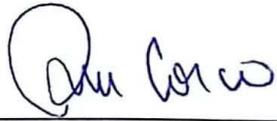
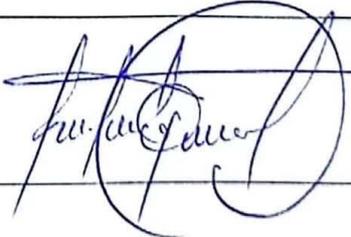
Yesenia Lizbeth Rumipamba Pullugando

C.I: 0202188835

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación: **EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD ARTERIAL UTERINA PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA PREECLAMPSIA**, presentado por Rojas Sánchez Alexandra Sthefania, con cédula de identidad número 060589637-2 y Rumipamba Pullugando Yesenia Lizbeth, con cédula de identidad número 020218883-5, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de sus autoras; no teniendo más nada que observar

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 25 de junio de 2024

Dra. Cecilia Casco Manzano	
<b>DELEGADO DEL DECANO</b>	
Dr. Pablo Guillermo Alarcón Andrade	
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO</b>	
Dra. Anabela Criollo	
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO</b>	
Dr. José Luis Granizo Jara	
<b>TUTOR</b>	

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD ARTERIAL UTERINA PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA PREECLAMPSIA**, presentado por Alexandra Sthefania Rojas Sanchez, con cédula de identidad número 0605896372 y Yesenia Lizbeth Rumipamba Pullugando, con cédula de identidad número 0202188835, bajo la tutoría de Dr. José Luis Granizo Jara; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 25 de junio del 2024

Dra. Cecilia Casco Manzano  
**DELEGADO DEL DECANO**



---

Dr. Pablo Guillermo Alarcón Andrade  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Dra. Anabela Criollo  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Dr. José Luis Granizo Jara  
**TUTOR**



---

## CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Comisión de Investigación y Desarrollo  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DE LA SALUD



Riobamba, 18 de junio del 2024  
Oficio N°006-2024-1S-TURNITIN -CID-2024

**Dr. Patricio Vásconez**  
**DIRECTOR CARRERA DE MEDICINA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**UNACH**  
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por el **Dr. José Luís Granizo Jara**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N°1230-D-FCS-ACADÉMICO-UNACH-2023, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa TURNITIN, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos de los estudiantes	% TURNITIN verificado	Validación	
					Si	No
1	1230-D-FCS-20-12-2023	Evaluación de la utilidad del Índice de Pulsatilidad Arterial Uterina para el diagnóstico temprano de la preeclampsia.	Rojas Sánchez Alexandra Sthefania Rumipamba Pullugando Yesenia Lizbeth	8	x	

Atentamente



PhD. Francisco Javier Ustáriz Fajardo  
Delegado Programa TURNITIN  
FCS / UNACH  
C/c Dr. Vinicio Moreno – Decano FCS

Av. Antonio José de Sucre, Km. 1.5  
Correo: franciscoustariz@unach.edu.ec  
Riobamba - Ecuador

**Unach.edu.ec**  
en reduniv.edu.ec



CIENCIAS DE LA SALUD SUDABLE recomienda utilizar ropa y calzado que cubra áreas expuestas a sol, gafas, gorra o sombrero para la realización de actividades al aire libre, que de preferencia se realicen en espacios con sombra entre las 10:00 y 15:00, crema fotoprotectora de amplio espectro resistente al agua todos los días y cada dos horas si hay exposición al sol. La protección solar y cuidado de la piel es nuestra responsabilidad, POR NUESTRA PIEL SUDABLE.



## **DEDICATORIA**

En este emocionante viaje hacia la culminación de mi formación, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a aquellos que han sido los cimientos sólidos en mi travesía académica. Dedicando este logro a mis padres y hermanos de los cuales he recibido apoyo incondicional y han sido la luz durante el camino para convertirme en médico. A pesar de las largas noches de estudio, las tensiones y las demandas del riguroso programa académico, siempre han estado allí, brindándome su amor, comprensión y aliento constante.

*Yesenia Lizbeth Rumipamba Pullugando*

Dedico este trabajo a mi familia, pilar fundamental de mi vida y fuente inagotable de amor y apoyo. A mis padres y hermanos por su papel fundamental en mi educación, por creer en mí desde el principio, por alentarme a perseguir mis sueños y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Han sido testigos de mis desafíos y logros, siempre ofreciendo palabras de aliento y sabios consejos. Sin ellos, este sueño no se habría hecho realidad.

*Alexandra Sthefania Rojas Sánchez*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro estimado tutor Dr José Luis Granizo, agradecemos su dedicación y paciencia en guiarnos a lo largo de este exigente proceso. Su orientación y estímulo constante han sido esenciales para nuestro progreso académico y desarrollo profesional, gracias por inspirarnos a ser mejores médicos y seres humanos.

A todos los pacientes que hemos tenido el honor de atender, por confiar en nosotras y permitirnos aprender de sus experiencias. Ustedes nos han enseñado la verdadera esencia de la medicina: la empatía, la compasión y el compromiso con el bienestar de los demás.

Agradecemos también a la Universidad Nacional de Chimborazo y al Hospital Carlos Andrade Marín por brindarnos el entorno propicio para el aprendizaje, la investigación y el crecimiento académico.

*Con profunda gratitud y cariño, Yesenia y Sthefania*

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo General .....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Preeclampsia .....	16
2.2 Ultrasonografía .....	19
2.2.1. Ecografía Doppler de las arterias uterinas .....	21
2.2.2. Recomendaciones de la Sociedad Internacional de Ultrasonido en Obstetricia y Ginecología para el cribado y seguimiento de la preeclampsia .....	24
3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	26
3.1. Tipo y diseño de investigación. ....	26
3.2 Técnicas de recolección de datos.....	26
3.3 Población de estudio y tamaño de muestra.....	26
3.4. Métodos de análisis, y procesamiento de datos .....	29

3.5. Elementos éticos de la investigación.....	29
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. RESULTADOS.....	30
Confiabilidad del IP AU para detectar la preeclampsia.....	30
Relación con el pronóstico de la preeclampsia.....	31
Variabilidad del IP AU a lo largo del embarazo .....	31
Impacto clínico y económico del uso del IP arterial uterino.....	31
4.2. DISCUSIÓN.....	32
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
5.1. CONCLUSIONES.....	34
5.2. RECOMENDACIONES .....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1.</b> Reflexión de una onda acústica y el principio básico de la aplicación del ultrasonido en imagenología. ....	20
<b>Ilustración 2.</b> Localización de la arteria uterina en Eco Doppler.....	22

## RESUMEN

La preeclampsia, una condición grave que afecta a embarazadas pasadas las 20 semanas de gestación, caracterizada por hipertensión ( $\geq 140/90$  mmHg) y proteinuria ( $\geq 300$  mg en 24 horas), con posibles repercusiones en varios órganos. El diagnóstico se basa en criterios clínicos y de laboratorio, el tratamiento varía según la gravedad y la etapa del embarazo.

La medición del índice de pulsatilidad arterial uterina (IP AU) mediante ecografía Doppler es una herramienta no invasiva y segura para evaluar el flujo sanguíneo en dichas arterias. El índice se calcula considerando la relación entre la velocidad del flujo sanguíneo y la resistencia arterial uterina, valores elevados de IP AU indican un mayor riesgo de preeclampsia, la ISUOG recomienda realizarla en dos momentos claves durante el embarazo: entre las 11 - 14 semanas y entre en la semana 20 y 24 de gestación.

El estudio realizado fue de tipo no experimental, descriptivo, de cohorte transversal y retrospectivo, basado en una revisión bibliográfica exhaustiva de bases de datos como Scielo, Scopus, pubmed y Google Académico. Se seleccionaron 27 artículos de alto impacto que aporten información relevante al estudio. Los resultados mostraron que un IP AU elevado está significativamente relacionado con un riesgo mayor de presentar preeclampsia. 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.

En conclusión, la medición del IP arterial uterino demostró ser eficaz para la detección temprana de la preeclampsia mejorando los resultados maternos-fetales, recomendándose integrar su uso en los protocolos clínicos de atención prenatal. Además, al estar combinada con otros marcadores su precisión diagnóstica se incrementa significativamente.

**Palabras clave:** Preeclampsia, Índice de Pulsatilidad Arterial Uterina, Ecografía Doppler, diagnóstico temprano.

## Abstract

Preeclampsia, a severe condition affecting pregnant women after 20 weeks of gestation, is characterized by hypertension ( $\geq 140/90$  mmHg) and proteinuria ( $\geq 300$  mg in 24 hours), with possible repercussions on various organs. Diagnosis is based on clinical and laboratory criteria, and treatment varies depending on the severity and stage of pregnancy.

Measurement of the uterine artery pulsatility index (UAPI) using Doppler ultrasound is a non-invasive and safe tool to assess blood flow in these arteries. The index is calculated considering the relationship between blood flow velocity and uterine arterial resistance, with higher UAPI values indicating a higher risk of preeclampsia. ISUOG recommends performing it at two critical times during pregnancy: between 11-14 weeks and between weeks 20 and 24. The study was non-experimental, descriptive, cross-sectional, and retrospective, based on an extensive literature review of Scielo, Scopus, PubMed, and Google Scholar databases. Twenty-seven high-impact articles providing relevant information were selected. The results showed that an elevated UAPI is significantly related to a higher risk of developing preeclampsia. Women whose pulsatility index in the uterine arteries exceeds the 95th percentile during the first trimester have a four-fold higher risk of developing preeclampsia compared to those with an average index. Additionally, a UAPI above the 90th percentile in the second trimester is associated with a 75% probability of developing preeclampsia.

In conclusion, the measurement of the uterine artery pulsatility index has proven to be effective for the early detection of preeclampsia, improving maternal-fetal outcomes, and its use is recommended to be integrated into clinical prenatal care protocols. Furthermore, when combined with other markers, its diagnostic accuracy increases significantly.

*Keywords:* Preeclampsia, Uterine Artery Pulsatility Index, Doppler Ultrasound, Early Diagnosis.

### Reviewed by:



**Yesenia Merino Uquillas**

**ENGLISH PROFESSOR**

**0603819871**

## **1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.**

La preeclampsia (PE) es una condición que afecta a muchas mujeres embarazadas a nivel mundial, siendo una de etiologías de morbilidad materno fetal. Esta condición se distingue por cifras elevadas de la presión arterial y proteínas en orina que aparecen posterior a la veintésima semana del embarazo. La etiología aún no se comprende completamente, pero se cree que está relacionada con anomalías placentarias que se manifiestan por una mayor resistencia al flujo sanguíneo dentro de las arterias uterinas.

El cribado en el primer trimestre (entre las once y catorce semanas) y el seguimiento durante entre las veinte y veinticuatro semanas de gestación (segundo trimestre) han demostrado ser métodos efectivos para identificar de manera temprana a embarazadas en riesgo, lo que posibilita la aplicación de medidas preventivas y la disminución de las complicaciones vinculadas a esta enfermedad. El IP AU se ha empleado como indicador para evaluar el riesgo de preeclampsia, mostrando valores más elevados en embarazadas que desarrollan esta condición en comparación con aquellas que no la presentan. Además, múltiples investigaciones han examinado que, durante cada uno de los tres trimestres del embarazo, el IP AU tiende a incrementarse en mujeres con preeclampsia.

La utilidad clínica del IP UT en el diagnóstico temprano de PE es un tema de gran interés en la actualidad. La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo evaluar la utilidad clínica del IP Arterial Uterino para el diagnóstico temprano de preeclampsia. Para ello, se llevó a cabo una revisión de la literatura médica existiendo correlacionando la capacidad predictiva del índice de pulsatilidad para prevención del PE.

Esta investigación es fundamental para mejorar la atención materno-fetal y reducir las complicaciones asociadas con la PE. Un diagnóstico temprano permitiría la implementación de estrategias preventivas y terapéuticas, lo que podría resultar en una significativa reducción de la morbilidad materna y neonatal. Se espera que los resultados respalden la inclusión del IP UT en las prácticas clínicas como herramienta de detección temprana de la preeclampsia.

En conclusión, el presente trabajo de investigación aborda un tema de gran relevancia para la medicina materno-fetal y tiene como objetivo contribuir al conocimiento científico sobre la preeclampsia y su diagnóstico temprano. Se espera que los hallazgos de esta tesis

proporcionen información valiosa que beneficie a las embarazadas y sus fetos mejorando la calidad de atención y reduciendo los riesgos asociados con esta complicación gestacional.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Evaluar la utilidad clínica del Índice de Pulsatilidad Arterial Uterina para el diagnóstico temprano de preeclampsia.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la exactitud diagnóstica de la ecografía Doppler utilizando el Índice de Pulsatilidad de las arterias uterinas para la detección temprana de la preeclampsia.
- Comparar trimestralmente la variabilidad del IP UT en el embarazo y su relación con el pronóstico de la preeclampsia.
- Investigar el impacto económico y clínico del uso del índice de pulsatilidad de las arterias uterinas como herramienta de detección temprana de preeclampsia en la práctica obstétrica.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1.Preeclampsia**

Los trastornos hipertensivos representan la complicación más común en el embarazo, afectando alrededor del 15% de mujeres gestantes y representan casi el 18% de la mortalidad materna a nivel mundial con un estimado de 70 000 fallecimientos por cada año.

La preeclampsia (PE) se presenta alrededor del 2 al 8 % de los embarazos en el mundo, mientras que en nuestro país en el 2023 la PE y eclampsia constituyen la primera etiología de defunciones maternas con aproximadamente el 27.53 %, seguidas de las hemorragias obstétricas y sepsis.(Pérez et al., 2019).

Conceptualmente la OMS (Organización Mundial de la Salud) define a la preeclampsia como la presencia de valores elevados de la tensión arterial siendo  $\geq 140/90$  mmHg, acompañados de proteínas en orina en cifras superiores o iguales a 300 mg en 24 horas, que aparecen en mujeres gestantes pasadas las veinte semanas de gestación previamente normotensas y puede asociarse con afectación de órganos blancos como el hígado, sistema nervioso, riñón , etc. (Dulay, 2022b).

A pesar de que la etiología no está totalmente dilucidada, se ha identificado factores que pueden influir en su desarrollo, incluyendo la edad joven, nuliparidad, primer embarazo después de los 35 años, obesidad previa al embarazo actual, embarazo múltiple, historia previa de preeclampsia, diabetes mellitus e hipertensión arterial sistémica. También, se ha visto implicado factores genéticos, placentarios, inmunológicos, infecciosos, nutricionales y ambientales. (Moreira Flores & Montes Vélez, 2022).

Sin embargo, su causa aún sigue siendo desconocida y multifactorial, la hipótesis más aceptada hasta el momento postula que la disfunción placentaria juega un papel central en la evolución de esta enfermedad, caracterizada por una inadecuada remodelación de las arterias espirales e insuficiente invasión trofoblástica de las arterias uterinas, lo que conlleva a un estado de hipoperfusión placentaria (Phipps et al., 2022).

Otra teoría refiere que la preeclampsia de inicio temprano se desarrolla en dos estadios. El primer estadio en que presenta antes de las veintésimas semanas involucra una pobre invasión placentaria en el miometrio y en la vasculatura uterina, y el segundo estadio como consecuencia de la limitada placentación se produce hipoxia placentaria que conlleva en daño al sincitiotrofoblasto y restricción del crecimiento fetal (Vial et al., 2020).

El eslabón entre el episodio hipóxico y síndrome clínico materno incluye una cascada de mecanismos secundarios incluyendo el desbalance entre factores proangiogénicos y antiangiogénicos, estrés oxidativo materno y disfunción endotelial e inmunológica (Lacunza & Avalos, 2022). Además, pueden contribuir la peroxidación lipídica de las membranas celulares inducida por radicales libres y la producción de TNF- $\alpha$  por las células del estroma vellositario, especialmente los macrófagos (Vial et al., 2020).

Todos estos mecanismos fisiopatológicos generan un amplio espectro de manifestaciones clínicas que van desde formas leves hasta cuadros graves que amenazan la vida materno fetal. Además de la hipertensión y proteinuria, puede haber signos de daño orgánico como cefalea, diplopía, epigastralgia, tinnitus, escotomas, edema agudo de pulmón, insuficiencia renal, disfunción hepática y plaquetopenia (Pérez et al., 2019). Así como afectaciones de restricción del crecimiento fetal, nacimiento pretérmino, desprendimiento de la placenta, síndrome de HELLP, eclampsia y en casos extremos la muerte maternofetal (Silva et al., 2022).

Esta patología se clasifica principalmente en dos categorías en base a la severidad de los síntomas y complicaciones asociadas. La PE leve presenta tensión arterial sistólica igual o superior a ciento cuarenta milímetros de mercurio, tensión arterial diastólica igual o sobre los noventa milímetros de mercurio, tomados por dos ocasiones en un lapso de tiempo de cuatro horas. Además, la presencia de proteinuria es un criterio diagnóstico esencial, con una excreción urinaria de proteínas de 0.3 g o más en una muestra de 24 horas. Estas pacientes generalmente son asintomáticas, por su condición puede ser manejada ambulatoriamente (American College of Obstetricians and Gynecologist, 2020).

En la preeclampsia grave incluye características más severas que ponen en riesgo la vida materna y fetal. Este tipo se diagnostica con valores iguales o superiores a 160 mmHg, o presiones diastólicas de 110 mmHg o más, tomadas en dos ocasiones separadas por al menos cuatro horas. Además, se presenta otros signos y síntomas como insuficiencia renal, con creatinina sérica superior a 1.1 mg/dL, edema pulmonar, afectación hepática con niveles de transaminasas al menos el doble del límite superior normal, síntomas neurológicos como cefaleas persistentes o alteraciones visuales; y trombocitopenia con un conteo de plaquetas inferior a 100,000/microlitro. La presencia de estos síntomas requiere hospitalización para un monitoreo continuo y en muchos casos la finalización del embarazo (American College of Obstetricians and Gynecologist, 2020).

El diagnóstico de la PE se basa en criterios clínicos y de laboratorio ya mencionados como hipertensión arterial, proteinuria y las manifestaciones clínicas de daño de órganos blanco: como trombocitopenia, aumento de enzimas hepáticas, edema pulmonar, cefalea, alteraciones visuales y problemas renales (Moreira Flores & Montes Vélez, 2022).

El tratamiento depende de la gravedad y semana de gestación. El manejo incluye control de la presión arterial, anticonvulsivantes con la administración de sulfato de magnesio (en casos de preeclampsia con síntomas de gravedad o sin síntomas de gravedad)(MSP,2016).

El único tratamiento curativo es la interrupción del embarazo, ya sea por vía vaginal o cesárea, dependiendo de la condición materna y fetal (American College of Obstetricians and Gynecologist, 2020).No obstante, el riesgo de parto prematuro se evalúa considerando edad gestacional, gravedad de la PE, sufrimiento fetal, restricción del crecimiento fetal y respuesta a otros tratamientos(Dulay, 2022a). En casos graves, se administran fármacos para tratar la hipertensión arterial y se realiza un parto o cesárea según sea necesario (Pérez et al., 2019).

En este sentido, es importante implementar medidas preventivas efectivas para reducir la incidencia de esta patología y minimizar sus complicaciones. El monitoreo regular de la tensión arterial y el peso durante el embarazo ayuda a detectar tempranamente, control de la obesidad y la diabetes mediante un estilo de vida saludable, seguimiento regular de la glucemia y si necesario recibir tratamiento médico.

Diversas organizaciones de salud sugieren diferentes dosis de ácido acetilsalicílico para la prevención de la preeclampsia, que varían entre 75 mg y 150 mg diarios desde la semana 12 de embarazo hasta el término, o hasta la semana 36-37 en casos de riesgo de hemorragia obstétrica según los factores asociados. La decisión de la dosificación es crucial y se basa en los factores de riesgo específicos para desarrollar PE especialmente en pacientes con alteraciones en la flujometría de AU. Organizaciones como FIGO, NICE y ISSHP recomiendan dosis de 150 mg, mientras que la OMS sugiere 75 mg debido a la falta de evidencia sobre el riesgo de hemorragia obstétrica y la efectividad de la dosis de ácido acetilsalicílico(Gracia, 2022).

A través de los avances médicos y tecnológicos, se han desarrollado métodos para diagnosticar y monitorear la salud materna y fetal, lo que resulta beneficioso para la detección y seguimiento efectivo de la preeclampsia. Estos métodos incluyen la utilización del Doppler de arterias uterinas entre las semanas once a catorce y entre las semanas veinte y veinticuatro de gestación para evaluar la resistencia vascular uterina, el análisis de la

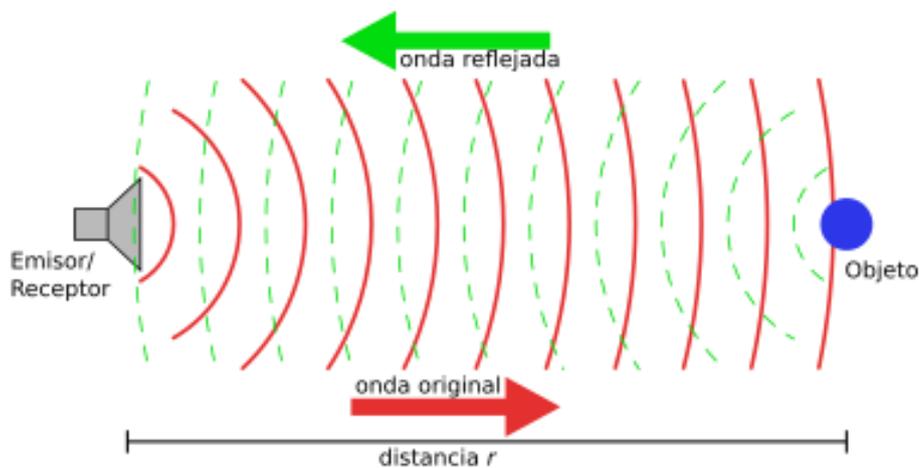
función cardíaca materna mediante la ecocardiografía y la resonancia magnética nuclear para la detección de posibles anomalías cardíacas relacionadas con la preeclampsia, como la disfunción ventricular izquierda. Además, la medición de biomarcadores maternos como la proteína C reactiva y la interleucina 6 que ofrecen indicios sobre la presencia y gravedad de la inflamación sistémica, un factor implicado en el desarrollo de la preeclampsia. (Calvo et al., 2020).

Actualmente la medición cuantitativa de la relación sFlt-1/PIGF sFlt-1 entre las semanas diecinueve y treinta y cuatro, predice a corto plazo la aparición de PE con un diagnóstico de inclusión o exclusión, valores elevados de la razón ( $>38$ ) indican un alto riesgo de desarrollar PE en las próximas semanas, mientras que valores bajos ( $<38$ ) permiten descartar la enfermedad (Cuadrado, 2022).

## **2.2 Ultrasonografía**

La ecografía, también conocida como ultrasonografía o sonografía, es una técnica de diagnóstico no invasiva que proporciona visualización en tiempo real del organismo humano. Su origen se remonta a la física, específicamente al descubrimiento del efecto piezoeléctrico por los hermanos Curie en 1880. Después de su desarrollo en la Segunda Guerra Mundial para detectar submarinos, se adaptó para uso médico en las décadas de 1950 y 1960, permitiendo visualizar estructuras internas sin cirugía. La tecnología ha avanzado significativamente, mejorando tanto en resolución como en capacidad diagnóstica, y se ha convertido en una herramienta esencial en la medicina moderna (Daquan, 2019).

El mecanismo de la ecografía se basa en la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia hacia el cuerpo humano, que se reflejan en los tejidos y órganos internos, generando ecos que son captados por el transductor y convertidos en imágenes visuales que representan las estructuras anatómicas. La piezoelectricidad es el mecanismo clave, donde los cristales piezoeléctricos en el transductor emiten y reciben ondas sonoras, transformándolas en señales eléctricas que configuran la imagen (Daquan, 2019).



**Ilustración 1.** Reflexión de una onda acústica y el principio básico de la aplicación del ultrasonido en imagenología.

**Fuente:** Wikipedia

La sonografía ofrece varios beneficios, incluyendo su capacidad no invasiva para obtener imágenes internas sin necesidad de cirugía y su seguridad al no emplear radiación ionizante, haciéndola adecuada para exámenes repetidos sin efectos a largo plazo. Además, su portabilidad facilita su uso en situaciones de emergencia y en unidades de cuidados intensivos. Sin embargo, también presenta desventajas, como la dependencia de la habilidad del operador para obtener imágenes de alta calidad y limitaciones en su capacidad de penetración, lo que reduce su eficacia para visualizar estructuras óseas o áreas profundas en pacientes con obesidad (Alex, 2023).

Actualmente, existen diversos tipos de transductores de ultrasonido que varían en frecuencia, tamaño y aplicación específica:

- El transductor lineal es ideal para estudios superficiales de alta resolución, generando imágenes rectangulares utilizando frecuencias entre 7,5 y 20 MHz. Se usa para estudios dermatológicos, testiculares, mamarios y musculoesqueléticos.
- El transductor convexo, con un arreglo de cristales curvilíneo, emite ondas en formato de abanico que permite estudios de mayor profundidad, aunque con menor resolución. Genera imágenes trapezoidales usando frecuencias entre 3,5 y 5 MHz. Se emplea principalmente para estudios abdominales, obstétricos y ginecológicos.
- El transductor sectorial tiene el origen del haz de ultrasonido en un punto único, permitiendo una mejor accesibilidad. Genera imágenes en abanico utilizando

frecuencias entre 3,5 y 5 MHz, siendo fundamental para visualizar el corazón, cerebro y abdomen a través de la ventana intercostal.

- El transductor endovaginal emite ondas de alta frecuencia y recoge los ecos que rebotan en los órganos pélvicos, creando imágenes detalladas del útero, ovarios y estructuras cercanas. Es especialmente útil para evaluar problemas ginecológicos y condiciones relacionadas con la salud reproductiva femenina (Soto, 2021)

### **2.2.1. Ecografía Doppler de las arterias uterinas**

El ultrasonido Doppler empezó a ganar popularidad en obstetricia en los años 1950. Sin embargo, fue en los años 1980 cuando el Dr. Campbell, ginecoobstetra británico, investigó su uso para evaluar el flujo sanguíneo en las AU. Campbell y su equipo demostraron que el Doppler podía detectar patrones anormales de flujo sanguíneo relacionados con complicaciones del embarazo (Otero-Rosales et al., 2022).

A medida que esta tecnología se hizo más accesible y precisa, los investigadores identificaron características específicas del flujo sanguíneo predictivas de complicaciones como la preeclampsia. En 1992, el Dr. Moser, un médico alemán, publicó "Doppler Ultrasound in Obstetrics and Gynecology", donde describió cómo medir el flujo sanguíneo en las AU y su relación con el riesgo de PE (Pianigiani, 2018).

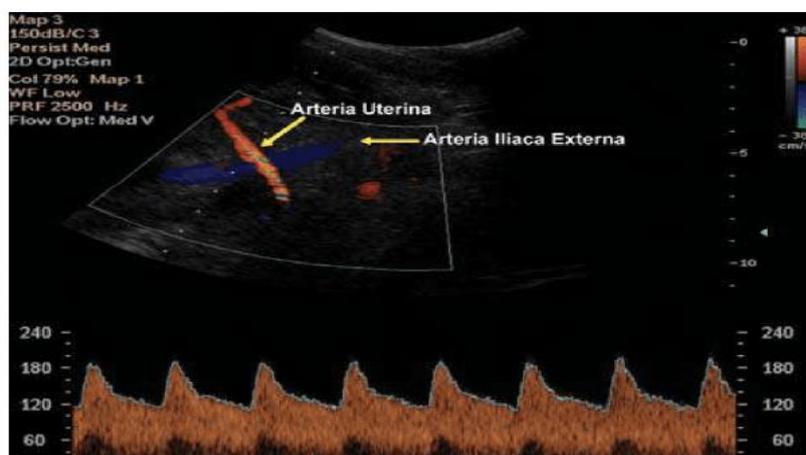
Durante las décadas de 1990 y 2000, varios estudios clínicos refinaron los criterios para utilizar el Índice de Pulsatilidad de las Arterias Uterinas (IP AU) como predictor de la preeclampsia. En 2003, el Dr. Coleman publicó "Vascularidad uterina", evaluando la utilidad de medir los índices de resistencia y pulsatilidad en pacientes con preeclampsia. En 2016, los Drs. Rivas, González y Guevara publicaron "Valores de referencia del índice de pulsatilidad de la arteria uterina durante el embarazo", estableciendo valores de referencia del IP AU entre las 11 y 40 semanas de gestación como: distribución por percentiles con percentil 95 en el primer trimestre (11-14 semanas) de 2,44 y en el segundo trimestre (21-24 semanas) de 1,71, correlación inversa con la edad gestacional según la ecuación de regresión  $IP\ Prom-Ute = 1,589 + (-0,023) \times \text{semana de gestación}$  con índice de correlación de Spearman  $\rho = -0,364$  ( $p < 0,001$ ,  $r^2 = 0,132$ ), y disminución de la prevalencia de muescas protodiastólicas en la onda de flujo de la arteria uterina al aumentar la edad gestacional, valores que pueden ser útiles clínicamente para detectar preeclampsia y/o restricción del crecimiento fetal en etapas tempranas del embarazo (Martinez, 2020).

Así también, el Hospital Clínic de Barcelona, liderado por Francesc Figueras, realizó el estudio "Molecular Study of the Maternal-fetal Interface in Preeclampsia", que se centró en la distribución por percentiles del IP promedio (IP Prom-Ute) en relación con la edad gestacional. En la actualidad, la International Sociedad de Ultrasonido en Obstetricia y Ginecología (ISUOG) ofrece pautas para el diagnóstico y tratamiento de la preeclampsia, enfocándose en la creación y validación de técnicas diagnósticas como la relación sFlt-1/PlGF y el Doppler de arterias uterinas (Pianigiani, 2018).

Los avances tecnológicos en ultrasonido, incluidos dispositivos Doppler más sensibles y precisos, han mejorado significativamente la medición confiable del IP AU. Estos avances también han facilitado la capacitación de los operadores, reduciendo la variabilidad entre observadores y aumentando la precisión de las mediciones (Otero-Rosales et al., 2022).

El IP AU se define como la relación entre la velocidad de flujo sanguíneo en la AU y la resistencia al flujo medido a través de la ecografía Doppler. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:  $IP = (\text{Pico sistólico} - \text{final diastólico}) / \text{velocidad media del flujo sanguíneo}$  (Humayun et al., 2023). El rango de referencia en el primer trimestre es en el percentil 50 ( $1,6 \pm 0,3$ ) o percentil 95 (2,35), mientras que en el segundo trimestre se mantienen en el percentil 50 ( $1,1 \pm 0,2$ ) o percentil 90 (1,45).

Un valor de IP elevado indica una mayor resistencia vascular uterina, considerándose anormal en el primer trimestre por encima del percentil 95 y en el segundo trimestre superior al percentil 90. Además, hay que tomar en cuenta que la variación según el trimestre de gestación se debe a que la resistencia al flujo sanguíneo que aumenta en el primer trimestre y disminuye al final del embarazo (Guzman et al., 2021).



**Ilustración 2.** Localización de la arteria uterina en eco Doppler

**Autor:** Néstor Medina Castro -Revista Ginecol Obst Mex

Es importante recalcar que debe interpretarse junto con otros factores de riesgo y hallazgos clínicos para evaluar el riesgo individual de cada paciente, así como la necesidad de seguimiento continuo e implementación de medidas preventivas para minimizar el riesgo (Oancea et al., 2020).

Numerosas investigaciones han evaluado el rendimiento diagnóstico del IP AU en la predicción de la PE. Un metaanálisis publicado en 2021 en la revista "Journal of Ultrasound in Medicine" encontró que el IP AU tenía una sensibilidad del 85% y una especificidad del 80% para predecir preeclampsia en mujeres embarazadas. Otro estudio publicado en 2019 en la revista "Ultrasound in Obstetrics and Gynecology" encontró que el IP AU tenía una sensibilidad del 90% y una especificidad del 85% para predecir preeclampsia en mujeres embarazadas entre las semanas 11 y 14 de gestación (Mena et al., 2023).

En el estudio de Poon et al. (2019), que adoptó un diseño de cohorte prospectiva con una muestra de 10,000 mujeres embarazadas, se encontró una sensibilidad del 85% y una especificidad del 75% para la predicción de PE. Mientras que un estudio multicéntrico realizado por O'Gorman en el 2020 con una muestra de 15,000 gestantes, observó que un IP AU elevado en el primer trimestre, junto con el análisis de biomarcadores, tenía una sensibilidad del 90% y una especificidad del 80%. Por otro lado, el estudio retrospectivo de Melchiorre en el 2021, que incluyó 8,000 mujeres embarazadas, confirmó que un IP AU en el percentil 95 es un predictor elevado de preeclampsia en el segundo trimestre, con una sensibilidad del 82% (Mena et al., 2023).

Aunque la mayoría de las investigaciones se han centrado en el primer trimestre, el Doppler de arterias uterinas también podría ser útil en etapas posteriores. Un metaanálisis reciente demostró que el IP medio de la AU en el segundo trimestre (20-24 semanas) presentaba una sensibilidad del 69% y especificidad del 92% para predecir PE (Cairo González et al., 2021).

Conocer el riesgo individual de las pacientes a través del IP AU permite implementar estrategias más efectivas para prevenir la preeclampsia. Esto incluye un seguimiento más riguroso, medidas preventivas como la administración de ácido acetil salicílico en dosis bajas (150 mg al día), vigilancia estrecha de los síntomas y una planificación adecuada del parto. Además, el uso del IP AU puede reducir la carga de la preeclampsia en los sistemas de salud al prevenir complicaciones graves y disminuir la necesidad de hospitalizaciones prolongadas y cuidados intensivos neonatales (Ilieva et al., 2020).

Desde un punto de vista económico, la implementación como herramienta de cribado en la práctica obstétrica es un aspecto importante para considerar, podría ser costo-efectiva al tener implicaciones significativas para la gestión de recursos y la calidad de la atención prenatal, reduciendo las tasas de hospitalización, complicaciones graves e incluso muertes materno-fetales asociadas a esta patología.

Sin embargo, su uso presenta ciertas limitaciones a tener en cuenta. La variabilidad interobservador es una de ellas, lo que subraya la necesidad de que los operadores estén altamente capacitados y experimentados para obtener mediciones precisas. Asimismo, la disponibilidad limitada de esta tecnología en algunos centros de salud, especialmente en áreas con recursos limitados, representa otra desventaja a considerar (Guzman et al., 2021).

### **2.2.2. Recomendaciones de la Sociedad Internacional de Ultrasonido en Obstetricia y Ginecología para el cribado y seguimiento de la preeclampsia**

La ISUOG proporciona directrices basadas en evidencia y consenso de expertos para el uso del ultrasonido Doppler en la evaluación y manejo de la preeclampsia. Estas directrices ofrecen orientación práctica y estandarizada a los ginecólogos, obstetras e imagenólogos para realizar cribados efectivos de PE (Pianigiani, 2018).

En el primer trimestre (entre la 11 a la 14 semana de gestación) sugiere usar el índice de pulsatilidad (IP) promedio de ambas arterias uterinas para detectar preeclampsia (PE). Un IP por encima del percentil 95 señala una resistencia anormal al flujo sanguíneo. La evaluación Doppler puede hacerse de manera transabdominal o transvaginal, según los recursos y preferencias locales. Este método tiene una sensibilidad del 27% para PE y del 60% para PE temprana. Además, recomienda realizar ecografías obstétricas para evaluar el crecimiento fetal y detectar posibles riesgos, incluyendo el retraso del crecimiento intrauterino (RCIU) y el parto prematuro (Pianigiani, 2018).

Mientras que en el segundo trimestre (entre la 20-24 semana de gestación) recomienda seguir utilizando el IP promedio de ambas arterias uterinas para el cribado Doppler en el segundo trimestre. En el tercer trimestre, no hay evidencia de ensayos aleatorizados que muestren un impacto significativo en los resultados maternos y fetales. Factores como el origen étnico, el IMC y antecedentes de PE pueden afectar el IP (Pianigiani, 2018).

Estas directrices se enfocan en la prevención y manejo de la PE, como la utilización del IP AU en el primer (11-14 semana) y segundo trimestre (20-24 semanas) del embarazo, la integración de factores maternos y biomarcadores para detectar mujeres gestantes en riesgo. La administración de dosis bajas de aspirina (150 mg al día) para minimizar la probabilidad de PE temprana y la aplicación de corticosteroides antes del parto. Asimismo, se sugiere llevar a cabo seguimientos ecográficos en casos de embarazos afectados, realizar monitoreo fetal en gestaciones gemelares, detección y tratamiento precoz de complicaciones para mejorar los resultados tanto para la madre como para el recién nacido. Se hace hincapié en la necesidad de adoptar un enfoque metodológico estandarizado para garantizar mediciones reproducibles, así como en la relevancia del cribado combinado para identificar a gestantes en riesgo (Pianigiani, 2018).

### **3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA.**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación.**

La investigación realizada fue un estudio no experimental, básico, con diseño descriptivo, de cohorte transversal y de tipo retrospectivo. Este estudio consistió en una revisión bibliográfica con el objetivo de actualizar los conocimientos relacionados con la utilidad clínica del Índice de Pulsatilidad de las arterias uterinas para el diagnóstico temprano de preeclampsia.

Este estudio tiene un alcance descriptivo y un enfoque cualitativo, basado en la descripción de elementos relacionados con la utilidad del IP AU para el diagnóstico temprano de preeclampsia.

#### **3.2 Técnicas de recolección de datos**

El estudio utilizó una combinación de técnicas de investigación, incluyendo la revisión documental de la literatura, lo que permitió acceder a una amplia variedad de información. Para facilitar la recopilación y categorización de esta información se utilizaron herramientas avanzadas de búsqueda de información científica como; descriptores de salud (DeCS) y operadores booleanos. Los DeCs implementados fueron: “Uterine Artery”, “Arteria Uterina”, “Pre-Eclampsia” y “Preeclampsia”, acompañado de los operadores booleanos (and/or), permitiendo focalizar la búsqueda de información en la problemática de investigación.

La revisión bibliográfica incluyó fuentes de información primarias, secundarias y terciarias. Se utilizaron artículos científicos publicados en revistas indexadas en bases de datos nacionales, regionales e internacionales de alto impacto, como Scielo, Scopus, PubMed, Embase, Medline, Elsevier y Google Académico.

#### **3.3 Población de estudio y tamaño de muestra**

El universo del estudio comprendió un total de 72 documentos, que incluían una variedad de fuentes como artículos científicos, revisiones sistemáticas, metaanálisis, guías terapéuticas, protocolos de actuación, libros de texto, consensos de actuación, presentaciones de casos, tesis de pregrado y posgrado y cualquier otro documento que proporcionara información relevante relacionada con la problemática de investigación.

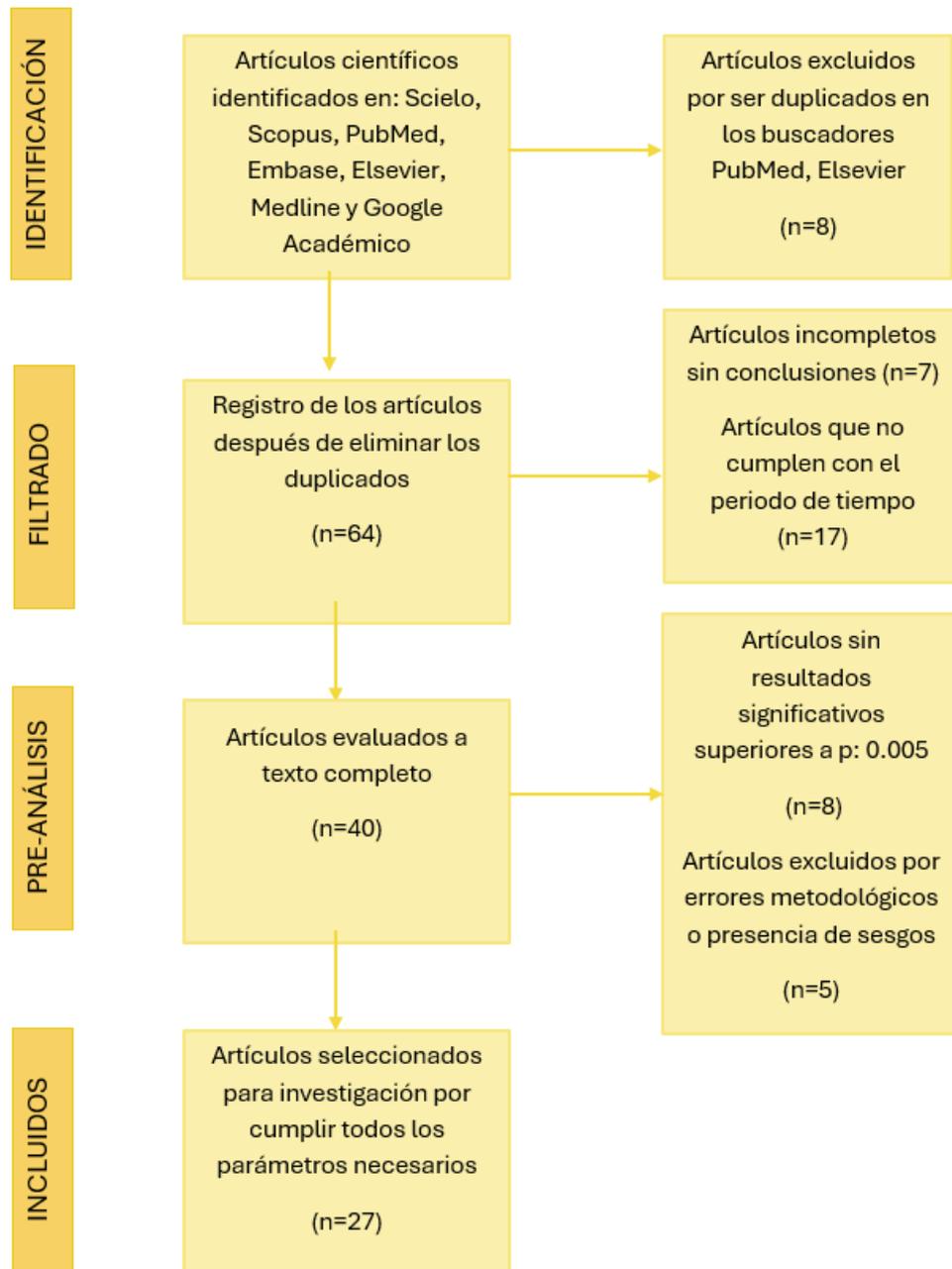
Además, se consideró la inclusión de otros documentos en la investigación, los cuales no estaban disponibles en línea, pero fueron utilizados como fuentes de información valiosa. Estos documentos incluyeron informes de trabajo, análisis de la situación de salud,

discusiones de casos, programas de intervención, entre otros. Se garantizó la correcta citación y referencia de cada uno de estos documentos conforme a las normativas empleadas en la investigación.

Después de completar el proceso inicial de identificación y selección de documentos, se determinó que un total de 27 documentos formarían parte de la muestra de investigación. Para su inclusión en el estudio, se establecieron los siguientes criterios:

- Tener una antigüedad no superior a 5 años en el momento de realizar el estudio, excepto en el caso de libros de texto, donde se amplió el período de publicación a 10 años.
- Además de abordar el tema de investigación identificado, proporcionaran información relevante para el logro de los objetivos de la investigación.
- Documentos cuyos enfoques metodológicos y estructura general no presentaban obstáculos que pudieran influir en sesgos de investigación.

- Se empleó un algoritmo específico para llevar a cabo la identificación inicial y la selección definitiva de documentos, el cual se detalla en la figura 1.



**Figura 1.** Flujograma de identificación y selección de documentos

**Fuente:** Rumipamba Yesenia, Rojas Alexandra

### **3.4. Métodos de análisis, y procesamiento de datos**

Una vez determinada la muestra de investigación, se llevó a cabo la lectura exhaustiva de cada uno de los documentos, abarcando su contenido en su totalidad en lugar de limitarse al resumen, como se hizo durante la selección del universo de investigación. Esta aproximación permitió explorar a fondo el contenido de cada documento y facilitó la identificación de la información pertinente y necesaria para alcanzar los objetivos establecidos.

Se creó una base de datos que recopiló toda la información relevante para la investigación. Con esta base de datos, se generaron los resultados del estudio, los cuales fueron posteriormente analizados y discutidos para llegar a conclusiones y recomendaciones. De esta manera, se lograron alcanzar los objetivos establecidos y se respondió a la pregunta de investigación formulada al principio del estudio.

### **3.5. Elementos éticos de la investigación**

En el marco de la ética de una investigación en el campo de las Ciencias de la Salud, se garantizó el respeto a los derechos de autor de cada documento empleado. La información se utilizó exclusivamente con propósitos investigativos, y en ningún momento se hicieron uso de datos que pudieran identificar a los participantes mencionados en los documentos de la muestra de investigación.

## **4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. RESULTADOS**

El análisis de los 27 artículos reveló de manera consistente que el IP AU es un marcador significativo para diagnóstico temprano de preeclampsia. A continuación, se exponen los resultados fundamentales de los estudios analizados.

#### **Confiabilidad del IP AU para detectar la preeclampsia**

Diversas investigaciones han evidenciado que un índice de pulsatilidad elevado y detección de una muesca diastólica de la AU en el estudio ecográfico durante el primer trimestre constituyen indicadores confiables de un riesgo aumentado para el desarrollo posterior de preeclampsia durante la gestación(Cairo González et al., 2021).

El estudio de la Clínica Universitaria de Ginecología y Obstetricia PHI en Skopje, analizó a 96 pacientes embarazadas, encontró que el IP es un parámetro confiable para predecir el riesgo de preeclampsia. El índice de pulsatilidad mostró una marcada elevación en pacientes que presentaron preeclampsia en contraste con aquellas que no la desarrollaron, evidenciando un valor predictivo del 71.4%(Ilieva et al., 2020).

En la revisión sistemática realizada por Mena en el 2023,comparó la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo del IP en diferentes trimestres del embarazo. Los resultados mostraron que el IP tiene una alta sensibilidad (82.1%) para predecir preeclampsia de inicio temprano, pero una baja especificidad, lo que indica la necesidad de combinar el IP con otros marcadores para una mejor predicción. Además, se observó que el IP AU por sí solo tenía una sensibilidad limitada, pero su utilidad aumentaba cuando se combinaba con biomarcadores séricos maternos y factores de riesgo clínicos (Mena et al., 2023).

Así también, otro estudio prospectivo mostró que un IP elevado entre las 11 y 14 semanas de gestación estaba fuertemente asociado con preeclampsia de inicio temprano. Este estudio utilizó curvas ROC para evaluar la capacidad predictiva del IP y encontró que la combinación del IP con otros factores como la presión arterial media (MAP) y el índice de masa corporal (IMC) mejoraba significativamente la precisión diagnóstica (Otero-Rosales et al., 2022)

### **Relación con el pronóstico de la preeclampsia**

La evolución del IP durante el embarazo mostró una correlación significativa con la severidad y el momento de aparición de la preeclampsia. Los valores elevados del IP en etapas tempranas del embarazo se asociaron con formas más severas de la condición (Mönckeberg et al., 2020). Un análisis retrospectivo realizado en Chile evaluó la efectividad del IP AU junto con factores de riesgo maternos. Los resultados mostraron que estos modelos pueden identificar aproximadamente un tercio de las pacientes que desarrollarán preeclampsia (Mohamed et al., 2021).

Otro estudio en una población mexicana analizó el flujo sanguíneo y la resistencia vascular en la arteria uterina, encontrando que la presión arterial, la paridad y la medición transvaginal afectan significativamente estos parámetros. Estos hallazgos sugieren que las mediciones personalizadas son importantes para el cuidado prenatal y pueden ser útiles para predecir la preeclampsia y otras complicaciones del embarazo (Otero-Rosales et al., 2022).

### **Variabilidad del IP AU a lo largo del embarazo**

La variabilidad del IP a lo largo de los diferentes trimestres también se analizó, encontrando que los valores del IP tendían a ser más elevados en pacientes que desarrollaban preeclampsia, tanto de inicio temprano como tardío. Estudios indicaron que la combinación del IP con la MAP y el IMC a las 11-14 semanas mejoraba la detección de casos de hipertensión inducida por el embarazo y preeclampsia en poblaciones de bajo riesgo (Shivrayan et al., 2022).

Otro estudio realizado en mujeres embarazadas de 11+0 a 13+6 semanas encontró que el IP AU es significativamente mayor en aquellas que desarrollarán trastornos hipertensivos del embarazo. Este estudio sugiere que el IP es un predictor significativo de la preeclampsia de inicio temprano, aunque su valor predictivo positivo es bajo y debería combinarse con otros predictores para mejorar la precisión (Ilieva et al., 2020).

La ecografía Doppler, combinada con la relación sFlt-1/PlGF, muestra promesa como herramienta para la gestión clínica y la predicción de síndromes hipertensivos (Chirilă et al., 2023).

### **Impacto clínico y económico del uso del IP arterial uterino**

La implementación del IP de la arteria uterina como herramienta de cribado temprano tiene implicaciones significativas tanto en términos clínicos como económicos. El diagnóstico

precoz de la preeclampsia a través del IP posibilita aplicar tratamientos a tiempo y disminuye los riesgos de morbilidad fetal (Ilieva et al., 2020). Además, se encontró que junto con otros marcadores puede reducir significativamente los costos asociados con el manejo de la preeclampsia al permitir intervenciones tempranas y personalizadas (Das et al., 2022).

Estudios revisados indicaron que la detección temprana mediante Doppler de la AU podría llevar a una mejor planificación y manejo del embarazo, reduciendo así la incidencia de complicaciones severas asociadas con la PE (Shivrayan et al., 2022). Así como, la identificación pronta de mujeres en riesgo permite una vigilancia más estrecha y el inicio oportuno de tratamientos preventivos, mejorando los resultados materno-fetales y optimizando los recursos sanitarios disponibles (Tarca et al., 2022).

Basado en la evidencia, se recomienda la implementación de programas de detección temprana de preeclampsia que utilicen el IP de las arterias uterinas como una herramienta estándar, ya que podría mejorar significativamente los resultados maternos y fetales (Mönckeberg et al., 2020).

Su implementación se justifica por los beneficios económicos a largo plazo, ya que permite identificar y tratar a las pacientes con mayor riesgo antes de que desarrollen complicaciones severas. Además, reducir la necesidad de intervenciones costosas y de cuidados intensivos para las madres y los recién nacidos, disminuyendo así los gastos médicos globales asociados con la gestión de esta condición (OPS, 2022).

De igual manera, la implementación de programas de detección temprana basados en el IP puede reducir los costos asociados a la atención de emergencias obstétricas y complicaciones graves de la preeclampsia, justificando así la inversión en tecnología y en la formación de profesionales para realizar ecografías Doppler de alta calidad. Esto es especialmente relevante en entornos con recursos limitados, donde la preeclampsia sigue siendo una causa principal de mortalidad materna (Mena et al., 2023).

## **4.2. DISCUSIÓN**

Los estudios examinados concuerdan en que IP AU es un indicador importante para detectar precozmente la preeclampsia. Los estudios destacaron una relación significativa entre un índice de pulsatilidad elevado y la probabilidad de desarrollar preeclampsia, particularmente al ser evaluado durante el primer trimestre gestacional. La mayoría de los estudios también

coincidieron en que combinar el índice de pulsatilidad (IP) con otros factores mejora notablemente la precisión del diagnóstico.

Estas investigaciones señalan al IP de las arterias uterinas como un indicador confiable para detectar precozmente la preeclampsia, resaltando la importancia del seguimiento regular para manejar y pronosticar adecuadamente esta condición. A pesar de esta generalidad, se observaron variaciones en los niveles de sensibilidad y especificidad informados en distintos estudios. Algunos encontraron que el IP solo tenía una sensibilidad limitada, mientras que otros destacaron su alta capacidad predictiva cuando se combinaba con otros marcadores.

Además, la metodología y el diseño del estudio influyeron en los resultados; algunos estudios utilizaron poblaciones de alto riesgo mientras que otros se centraron en poblaciones de bajo riesgo, lo que podría explicar algunas diferencias en los hallazgos. Las diferencias étnicas y demográficas entre las poblaciones estudiadas pueden afectar los valores de referencia del IP y su aplicabilidad universal.

Una diferencia notable adicional se observó en las recomendaciones sobre la capacitación y la estandarización de las mediciones. Mientras que ciertos estudios resaltaron la necesidad de una formación específica para garantizar la precisión de las mediciones del IP, otros no enfatizaron este aspecto. Además, algunos estudios optaron por mediciones transabdominales, mientras que otros prefirieron mediciones transvaginales. Estas disparidades en los métodos pueden influir en los resultados del IP y en su interpretación clínica.

## **5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1.CONCLUSIONES**

- La medición del IP de las arterias uterinas por ecografía Doppler, es un marcador significativo para la detección precoz de preeclampsia, los estudios demostraron la fiabilidad estableciendo que un IP superior al percentil 95 en el primer trimestre y un IP mayor al percentil 90 en el segundo trimestre se correlaciona con un mayor riesgo de desarrollar preeclampsia.
- La variabilidad del IP a lo largo del embarazo muestra que los valores tienden a ser más elevados en pacientes que desarrollarán preeclampsia, tanto de inicio temprano como tardío. Un IP elevado en las primeras semanas de gestación se asocia con formas más severas de preeclampsia. La evolución del IP durante el embarazo también correlaciona significativamente con la severidad y el momento de aparición de la preeclampsia. Esto denota la importancia de un monitoreo continuo y sistemático del IP durante el embarazo.
- El uso del IP de las arterias uterinas como herramienta de cribado temprano tiene importantes implicaciones clínicas y económicas. La detección temprana de preeclampsia permite intervenciones oportunas que mejoran los resultados perinatales y reducen la morbilidad materna y fetal. Además, la implementación de este método puede reducir significativamente los costos asociados con el manejo de preeclampsia al permitir intervenciones tempranas y personalizadas. La identificación temprana de mujeres en riesgo facilita una vigilancia más estrecha y el inicio de tratamientos preventivos, optimizando así los recursos sanitarios disponibles y justificando la inversión en tecnología y formación profesional para realizar ecografías Doppler de alta calidad.

### **5.2.RECOMENDACIONES**

- Para mejorar la precisión diagnóstica, se recomienda combinar el IP AU con marcadores clínicos, bioquímicos y biomarcadores séricos maternos durante el primer trimestre, ya que ha demostrado mejorar significativamente la predicción de preeclampsia.
- Se sugiere incorporar las normas ISUOG en la práctica médica diaria para la detección temprana de preeclampsia, dado que brindan un enfoque estandarizado y

fundamentado en la evidencia. Estas directrices establecen criterios precisos para la evaluación y el seguimiento de pacientes en riesgo, lo que mejora la exactitud del diagnóstico.

- Se aconseja integrar el uso del IP de la arteria uterina en los protocolos clínicos estándar para la atención prenatal. Esto implica realizar mediciones rutinarias en las consultas prenatales, en el primer trimestre entre la semana 11- 14 con la ecografía de malformaciones cromosómicas y en el segundo trimestre a las semanas 20 a 24 con la ecografía morfológica. Si se detectan alteraciones en el IP AU, se deberá realizar un seguimiento continuo para iniciar el tratamiento adecuado y prevenir posibles complicaciones asociadas.
- Es crucial que los estudios de ecografía Doppler con medición de IP de las arterias uterinas sean realizado por médicos especialistas ginecoobstetras o imagenólogos, con conocimientos en ecografía Doppler y se hallen en capacitación permanente. Esto garantizará la precisión de las mediciones y mejorará la eficacia de la herramienta como marcador predictivo.
- Es importante realizar estudios adicionales para continuar evaluando la efectividad del IP de la arteria uterina en diversas poblaciones y contextos clínicos. Además, investigar nuevas combinaciones de marcadores y su integración en modelos predictivos más complejos podría mejorar aún más la detección temprana de preeclampsia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aboufotouh, M. A., Abdelmoaty, M., & Gebreel, M. (2021). COMBINED FIRST TRIMESTER MATERNAL PLATELETS INDICES AND UTERINE ARTERY DOPPLER IN PREDICTION OF PRE-ECLAMPSIA IN PRIMIGRAVIDAE. *Al-Azhar International Medical Journal*, 2(8), 72-78. <https://doi.org/10.21608/aimj.2021.82382.1514>
- American College of Obstetricians and Gynecologist. (2020). Gestational Hypertension and Preeclampsia: ACOG Practice Bulletin, Number 222. *Obstetrics & Gynecology*, 135(6), e237. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000003891>
- Barati, M., Shahbazian, N., Ahmadi, L., & Masihi, S. (2014). Diagnostic evaluation of uterine artery Doppler sonography for the prediction of adverse pregnancy outcomes. *Journal of Research in Medical Sciences : The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 19(6), 515-519.
- Cairo González, V., Jiménez Puñales, S., Machado Benavides, H. L., Cardet Niebla, Y., Milián Espinosa, I., & Rodríguez Royero, L. (2021). Ultrasonografía Doppler de arterias uterinas como predictor de preeclampsia y de resultados adversos maternos y perinatales. *Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia*, 48(2), 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.gine.2020.08.002>
- Calvo, J. P., Rodríguez, Y. P., & Figueroa, L. Q. (2020). Actualización en preeclampsia. *Revista Medica Sinergia*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i1.340>
- Carbajal, G., & Martín, L. (2014). Actualización en la fisiopatología de la preeclampsia: Update. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60(4), 321-332.
- Chirilă, C. N., Mărginean, C., Chirilă, P. M., & Gliga, M. L. (2023). The Current Role of the sFlt-1/PIGF Ratio and the Uterine-Umbilical-Cerebral Doppler Ultrasound in Predicting and Monitoring Hypertensive Disorders of Pregnancy: An Update with a Review of the Literature. *Children (Basel, Switzerland)*, 10(9), 1430. <https://doi.org/10.3390/children10091430>
- Cuadrado, E. (2022). *Cociente SFLT1/PLGF en la preeclampsia*. [https://labgetafe.com/index.php?Itemid=660&catid=65&id=3196&lang=es&option=com\\_content&view=article](https://labgetafe.com/index.php?Itemid=660&catid=65&id=3196&lang=es&option=com_content&view=article)
- Cuenca-Gómez, D., De Paco Matallana, C., Rolle, V., Mendoza, M., Valiño, N., Revello,

- R., Adiego, B., Casanova, M. C., Molina, F. S., Delgado, J. L., Wright, A., Figueras, F., Nicolaides, K. H., Santacruz, B., & Gil, M. M. (s. f.). Comparison of different methods of screening for preterm pre-eclampsia: Cohort study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1002/uog.27622>
- Cureus | Prediction of Preeclampsia Using First-Trimester Uterine Artery Doppler and Pregnancy-Associated Plasma Protein-A (PAPP-A): A Prospective Study in Chhattisgarh, India | Article. (s. f.). Recuperado 24 de mayo de 2024, de <https://www.cureus.com/articles/84938-prediction-of-preeclampsia-using-first-trimester-uterine-artery-doppler-and-pregnancy-associated-plasma-protein-a-papp-a-a-prospective-study-in-chhattisgarh-india#!/>
- Daquan, X. (2019, febrero 16). *Física del Ultrasonido*. NYSORA. <https://www.nysora.com/es/temas/equipo/f%C3%ADsica-del-ultrasonido/>
- Das, E., Singh, V., Agrawal, S., Pati, S. K., Das, E., Singh, V., Agrawal, S., & Pati, S. K. (2022). Prediction of Preeclampsia Using First-Trimester Uterine Artery Doppler and Pregnancy-Associated Plasma Protein-A (PAPP-A): A Prospective Study in Chhattisgarh, India. *Cureus*, 14(2). <https://doi.org/10.7759/cureus.22026>
- Dayyabu, A. L., Yusuf, M., Galadanci, H., Ismail, A., & Danbatta, A. H. (2017). Uterine Artery Doppler Velocimetry for the Prediction of Preeclampsia among High-risk Pregnancies in Low-resource Setting: Our Experience at Aminu Kano Teaching Hospital, Kano, Nigeria. *Donald School Journal of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 11(3), 197-202. [https://doi.org/10.5005/jp-journals-10009\\_1523](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10009_1523)
- Diguisto, C., Le Gouge, A., Marchand, M.-S., Megier, P., Ville, Y., Haddad, G., Winer, N., Arthuis, C., Doret, M., Debarge, V. H., Flandrin, A., Delmas, H. L., Gallot, D., Mares, P., Vayssiere, C., Sentilhes, L., Cheve, M.-T., Paumier, A., Durin, L., ... Groupe de Recherche en Obstétrique et Gynécologie (GROG). (2022). Low-dose aspirin to prevent preeclampsia and growth restriction in nulliparous women identified by uterine artery Doppler as at high risk of preeclampsia: A double blinded randomized placebo-controlled trial. *PloS One*, 17(10), e0275129. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275129>
- Dulay, A. (2022a). *Preeclampsia y eclampsia—Ginecología y obstetricia*. Manual MSD versión para profesionales. <https://www.msmanuals.com/es-mx/professional/ginecología-y-obstetricia/anomalías-del-embarazo/preeclampsia-y-eclampsia>

- Dulay, A. (2022b). *Preeclampsia y eclampsia—Salud femenina*. Manual MSD versión para público general. <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/salud-femenina/complicaciones-del-embarazo/preeclampsia-y-eclampsia>
- Farid Fahim Hassan, S., Zakaria, A. E.-M., & Saeed Faraj, S. (2021). VALUE OF 3-D USS OF PLACENTAL VOLUME, UTERINE AND UMBILICAL ARTERY DOPPLER IN PREDICTION OF PRE-ECLAMPSIA. *Al-Azhar Medical Journal*, 50(3), 1945-1958. <https://doi.org/10.21608/amj.2021.178506>
- Garrido, L. (2023, noviembre 22). *¿Qué es la preeclampsia en el embarazo? ¿Por qué se produce?* Reproducción Asistida ORG. <https://www.reproduccionasistida.org/preeclampsia/>
- González-Navarro, P., Martínez-Salazar, G. G., García-Nájera, O., & Sandoval-Ayala, O. I. (2015). *Preeclampsia, eclampsia y HELLP*.
- Gracia, P. V.-D. (2022). Evidencias del Ácido Acetilsalicílico (Aspirina) en la prevención de la preeclampsia: Revisión narrativa. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 68(4). <https://doi.org/10.31403/rpgo.v68i2453>
- Gupta, U., Namdeo, P., & Patel, N. (2022). Role of Uterine Artery Doppler at 11-14 Weeks of Pregnancy in Early Prediction of Preeclampsia: A Prospective Cohort Study. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/57212.16591>
- Guzman, Y., Uriel, M., & Porras, A. (2021). *Uterine Artery Pulsatility Index as a Preeclampsia Predictor in the 3 Trimesters in Women with Singleton Pregnancies—PMC*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10183923/>
- Hantoushzadeh, S., Ahangari, R., Balaneji, S. S., Ghamari, A., Hashemnejad, M., & Piri, S. (2023). Correlation of Fetal Heart Rate, Uterine Artery Pulsatility Index, Pregnancy Associated Plasma Protein-A and Crown-Rump Length in Pre-eclampsia—A Prospective Cohort Study. *Maedica*, 18(1), 50-54. <https://doi.org/10.26574/maedica.2023.18.1.50>
- Hospital Central “Dr. Urquinaona”. Maracaibo. Venezuela, Reyna-Villasmil, E., Torres-Cepeda, D., Mejia-Montilla, J., Reyna-Villasmil, N., Rondón-Tapia, M., Fernández-Ramírez, A., & Briceño-Pérez, C. (2022). Índice de pulsatilidad de la arteria uterina y parto pretérmino inminente en pacientes sintomáticas. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*, 82(02), 189-197. <https://doi.org/10.51288/00820208>
- Humayun, P. A., Aziz, S., Arif, A., Afsheen, A., Arif, N., & Batool, S. (2023). Uterine Artery

- Doppler Pulsatility Index in the First Trimester as a Forecaster of Pre-Eclampsia in Primary Gravida. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, 73(1), Article 1. <https://doi.org/10.51253/pafmj.v73i1.8203>
- Ilieva, M. P., Antovska, V., & Pejkovska, M. K. (2020, enero 1). *Uterine artery pulsatility index as a relevant parameter in the prediction of preeclampsia. | Macedonian Pharmaceutical Bulletin / Makedonsko Farmaceutski Bilten | EBSCOhost*. <https://doi.org/10.33320/maced.pharm.bull.2020.66.01.007>
- IntraMed*. (s. f.). Recuperado 24 de mayo de 2024, de <https://www.intramed.net>
- Lacunza, R., & Avalos, J. (2022). Anti-angiogenesis en la fisiopatología de la preeclampsia. ¿la piedra angular? | *Revista Peruana de Investigación Materno Perinatal*. 2019, 8(4). <https://investigacionmaternoperinatal.inmp.gob.pe/index.php/rpinmp/article/view/173>
- Lubis, M. P., Hariman, H., Lumbanraja, S. N., & Bachtiar, A. (2019). The Role of Placental Growth Factor, Soluble Endoglin, and Uterine Artery Diastolic Notch to Predict the Early Onset of Preeclampsia. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(7), 1153-1159. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.154>
- M, K., S, D., Chanania, K., & AK, P. (2021). Role of Body Mass Index, Mean Arterial Pressure, and Uterine Artery Doppler at 11-14 Weeks in Prediction of Pregnancy-Induced Hypertension in Low-Risk Population. *International Journal of Current Research and Review*, 13, 63-70. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2021.13928>
- Magee, L. A., Pels, A., Helewa, M., Rey, E., Dadelszen, P. von, Magee, L. A., Audibert, F., Bujold, E., Côté, A.-M., Douglas, M. J., Eastabrook, G., Firoz, T., Gibson, P., Gruslin, A., Hutcheon, J., Koren, G., Lange, I., Leduc, L., Logan, A. G., ... Sebbag, I. (2018). Diagnosis, Evaluation, and Management of the Hypertensive Disorders of Pregnancy: Executive Summary. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 36(5), 416-438. [https://doi.org/10.1016/S1701-2163\(15\)30588-0](https://doi.org/10.1016/S1701-2163(15)30588-0)
- Martinez, L. (2020). *ÍNDICE DE PULSATILIDAD DE LA ARTERIA UTERINA ENTRE LAS 11 Y 14 SEMANAS DE GESTACIÓN, COMO PREDICTOR DE PREECLAMPSIA | Revista Médica Panacea*. <https://revistas.unica.edu.pe/index.php/panacea/article/view/332>
- Mena, M. J. R., González, A. F. M., Cobos, M. del C. V., & Contreras, G. M. V. (2023). Doppler de arterias uterinas para tamizaje y prevención de preeclampsia. *Tesla Revista Científica*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e119>

- Mohamed, H. M. E., Badawy, A. M. M., & Ismail, A. G. (2021). Screening of High-Risk Patient by Uterine Artery Doppler Analysis in The 1st Trimester to Predict Early Onset Pre-Eclampsia. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 84(1), 1852-1857. <https://doi.org/10.21608/ejhm.2021.177620>
- Mönckeberg, M., Arias, V., Fuenzalida, R., Álvarez, S., Toro, V., Calvo, A., Kusanovic, J. P., Monteiro, L. J., Schepeler, M., Nien, J. K., Martinez, J., & Illanes, S. E. (2020). Diagnostic Performance of First Trimester Screening of Preeclampsia Based on Uterine Artery Pulsatility Index and Maternal Risk Factors in Routine Clinical Use. *Diagnostics*, 10(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10040182>
- Moreira Flores, M. M., & Montes Vélez, R. S. (2022). Incidencia y severidad de la preeclampsia en el Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 8.
- Murillo, J. F. O., & Encalada, E. B. Q. (2015). *MANEJO DE LA PREECLAMPSIA: EVIDENCIA ACTUAL*. <https://www.semanticscholar.org/paper/MANEJO-DE-LA-PREECLAMPSIA%3A-EVIDENCIA-ACTUAL-Murillo-Encalada/7ef885f3135022e8a4c4ac0eaf86ba5e6c9d768e>
- Oancea, M., Grigore, M., Ciortea, R., Diculescu, D., Bodean, D., Bucuri, C., Strilciuc, S., Rada, M., & Mihiu, D. (2020). Uterine Artery Doppler Ultrasonography for First Trimester Prediction of Preeclampsia in Individuals at Risk from Low-Resource Settings. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 56(9), 428. <https://doi.org/10.3390/medicina56090428>
- OPS. (2022). *Evidencia y recomendaciones—Recomendaciones de la OMS sobre cuidados maternos y neonatales para una experiencia posnatal positiva—NCBI Bookshelf*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK589453/>
- Otero-Rosales, M. C., Olarte-Marín, C. D., Padilla-Serpa, J. D., Morales-Duarte, P. A., & Quintero-Roa, E. M. (2022). Utilidad de la evaluación USG Doppler de las arterias uterinas entre las semanas 11 y 13+6 y su aplicación en las calculadoras de riesgo para predecir preeclampsia. *MedUNAB*, 24(3), 375-383. <https://doi.org/10.29375/01237047.3953>
- Pérez, L. A. R., Cruz, L. A. R., Vega, M. D. V., Cruz, A. E. R., & Cruz, A. E. R. (2019). Preeclampsia—Eclampsia diagnóstico y tratamiento. *Revista Eugenio Espejo*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.37135/ee.004.07.09>
- Phipps, E., Prasanna, D., Brima, W., & Jim, B. (2022). Preeclampsia: Updates in Pathogenesis, Definitions, and Guidelines. *Clinical Journal of the American Society*

- of Nephrology*, 11(6), 1102. <https://doi.org/10.2215/CJN.12081115>
- Pianigiani, D. E. C. (2018). *Guías prácticas ISUOG: rol del ultrasonido en el cribado y seguimiento de la pre-eclampsia*.
- Poon, L., Shennan, An., & Hyett, J. (s. f.). *The International Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO) initiative on pre-eclampsia: A pragmatic guide for first-trimester screening and prevention—PubMed*. Recuperado 24 de mayo de 2024, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31111484/>
- Preeclampsia—Diagnóstico y tratamiento—Mayo Clinic*. (s. f.). Recuperado 23 de mayo de 2024, de <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/preeclampsia/diagnosis-treatment/drc-20355751>
- Salas Ramírez, B., Montero Brenes, F., & Alfaro Murillo, G. (2020). Trastornos hipertensivos del embarazo: Comparación entre la guía de la Caja Costarricense del Seguro Social del 2009 y las recomendaciones de la Asociación de Ginecología Obstetricia del 2019. *Revista Medica Sinergia*, 5(7), e532. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i7.532>
- Shivrayan, S., Vyas, J., Kuntal, C., Jakhar, B., & Poonia, V. (2022). The role of first trimester uterine artery pulsatility index as a predictor of hypertensive disorders of pregnancy in the department of obstetrics and gynaecology, Sawai Man Singh Medical College, Jaipur. *International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and Gynecology*, 11(11), 3110-3114. <https://doi.org/10.18203/2320-1770.ijrcog20222804>
- Silva, J. A. A., Vera, G. T. L., Proaño, J. D. V., & Vélez, M. E. S. (2022). Prevención de la preeclampsia y sus complicaciones. *RECIMUNDO*, 6(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(3\).junio.2022.409-420](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(3).junio.2022.409-420)
- Siricharoenthai, P., & Phupong, V. (2023). The first-trimester serum high-temperature requirement protease A4 and uterine artery Doppler for the prediction of preeclampsia. *Scientific Reports*, 13(1), 8295. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35243-z>
- Sociedad Argentina de Ginecología y Obstetricia., N. (2019). *Estados hipertensivos y embarazo. 2019*.
- Soto, E. (2021, abril 15). *Cómo elegir el transductor de ultrasonido adecuado*. <https://es.edm-imaging.com/2021/04/15/como-elegir-el-transductor-de-ultrasonido-adecuado/>

- Sufriyana, H., Wu, Y.-W., & Su, E. C.-Y. (2020). Prediction of Preeclampsia and Intrauterine Growth Restriction: Development of Machine Learning Models on a Prospective Cohort. *JMIR Medical Informatics*, 8(5), e15411. <https://doi.org/10.2196/15411>
- Tarca, A. L., Taran, A., Romero, R., Jung, E., Paredes, C., Bhatti, G., Ghita, C., Chaiworapongsa, T., Than, N. G., & Hsu, C.-D. (2022). Prediction of preeclampsia throughout gestation with maternal characteristics and biophysical and biochemical markers: A longitudinal study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 226(1), 126.e1-126.e22. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2021.01.020>
- Vial, F., Baka, N.-E., & Herbain, D. (2020). Preeclampsia. Eclampsia. *EMC - Anestesia-Reanimación*, 46(3), 1-19. [https://doi.org/10.1016/S1280-4703\(20\)43989-1](https://doi.org/10.1016/S1280-4703(20)43989-1)
- Xie, X., Chen, D., Yang, X., Cao, Y., Guo, Y., & Cheng, W. (2023). Combination of Maternal Serum ESM-1 and PLGF with Uterine Artery Doppler PI for Predicting Preeclampsia. *Journal of Clinical Medicine*, 12(2), 459. <https://doi.org/10.3390/jcm12020459>