



Impacto de la implementación de un algoritmo diagnóstico ecográfico para la identificación de complicaciones materno perinatales asociadas a pacientes con preeclampsia severa en servicios especiales de salud hospital universitario de Caldas – SES-HUC.

Dagoberto Sánchez Sánchez
Mauricio Fernando Álvarez Candamil

Artículo de investigación presentado para optar al título de Especialista en Medicina

Crítica y Cuidados Intensivos

Asesores

Sandra Ximena Olaya Garay, Especialista en Ginecología y Obstetricia y Medicina
Crítica y Cuidados Intensivos

Fernando Arango Gómez, Magíster (MSc) en Epidemiología

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias de la Salud
Especialización en Medicina Crítica y Cuidados Intensivos
Manizales, Caldas, Colombia

2026

Citar/How to cite	Sánchez Sánchez D. y Álvarez Candamil ML. (1)
Referencia/Reference	(1) Sánchez Sánchez D. y Álvarez Candamil ML. Impacto de la implementación de un algoritmo diagnóstico ecográfico para la identificación de complicaciones materno - perinatales asociadas a pacientes con preeclampsia severa en servicios especiales de salud Hospital Universitario de Caldas [Trabajo de grado especialización]. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales; 2026.
Estilo/Style: Vancouver/ICMJE (2018)	



Especialización en Medicina Crítica y Cuidados Intensivos, VI

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como [ChatGPT], de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>

Universidad de Manizales: www.umanizales.edu.co

Revistas: <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

Fondo Editorial: <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Resumen

Introducción: La preeclampsia severa afecta entre el 2 % y el 4 % de los embarazos a nivel mundial y constituye una condición progresiva, impredecible y potencialmente fatal. Se asocia con cerca de 46 000 muertes maternas y aproximadamente 500 000 muertes fetales y neonatales cada año, con mayor impacto en países de ingresos bajos y medios. Esta carga global resalta la necesidad de optimizar la atención individualizada.

Objetivo: Evaluar el impacto de un algoritmo diagnóstico ecográfico para la identificación de complicaciones maternas y perinatales en pacientes con preeclampsia severa atendidas en Servicios Especiales de Salud, Hospital Universitario de Caldas (SES HUC).

Materiales y métodos: Se realizó un estudio cuasi experimental tipo antes-después en pacientes con diagnóstico de preeclampsia severa, definido según los criterios del American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG).

Resultados: Se incluyeron 60 pacientes, 30 en el grupo retrospectivo y 30 en el prospectivo. El grupo postintervención presentó menor edad gestacional (mediana 34,5 vs. 36 semanas; $p = 0,010$), lo que sugiere intervenciones más tempranas. Se observaron diferencias significativas en presión arterial sistólica (152,8 a 140,9 mmHg; $p < 0,001$), diastólica (93,5 a 80,4 mmHg; $p < 0,001$) y presión arterial media (108,3 a 100,8 mmHg; $p = 0,002$).

Conclusión: La ecografía multiorgánica, integrada con marcadores angiogénicos, constituye una herramienta accesible y potencialmente útil para optimizar la toma de decisiones clínicas y mejorar los desenlaces en pacientes con preeclampsia severa.

Palabras clave: preeclampsia severa, ultrasonido en el punto de atención, complicaciones materno-fetales.

Abstract

Introduction: Severe preeclampsia affects between 2% and 4% of pregnancies worldwide and is a progressive, unpredictable, and potentially life-threatening condition. It is associated with approximately 46,000 maternal deaths and nearly 500,000 fetal and neonatal deaths annually, with a disproportionately greater impact in low- and middle-income countries. This global burden underscores the need to optimize individualized clinical care.

Objective: To evaluate the impact of a diagnostic ultrasound algorithm for the identification of maternal and perinatal complications in patients with severe preeclampsia managed at Servicios Especiales de Salud, Hospital Universitario de Caldas (SES HUC).

Materials and Methods: A quasi-experimental before-and-after study was conducted in patients diagnosed with severe preeclampsia, defined according to the criteria of the American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG).

Results: Sixty patients were included, 30 in the retrospective group and 30 in the prospective group. The post-intervention cohort had a lower gestational age at evaluation (median 34.5 vs. 36 weeks; $p = 0.010$), suggesting earlier clinical interventions. Significant reductions were observed in systolic blood pressure (152.8 to 140.9 mmHg; $p < 0.001$), diastolic blood pressure (93.5 to 80.4 mmHg; $p < 0.001$), and mean arterial pressure (108.3 to 100.8 mmHg; $p = 0.002$).

Conclusion: Multiorgan ultrasound, integrated with angiogenic biomarkers, is an accessible and potentially valuable tool to optimize clinical decision-making and improve outcomes in patients with severe preeclampsia.

Keywords: severe preeclampsia, point-of-care ultrasound, maternal–fetal complications.

1 Introducción

La preeclampsia que complica del 2 al 4 % de los embarazos en todo el mundo, es progresiva, impredecible y grave. Se asocia con aproximadamente 46.000 muertes maternas y aproximadamente 500 000 muertes fetales y neonatales al año, la cual es mucho más frecuente de una manera desproporcionada en las mujeres de los países en vía de desarrollo (1).

En casos de preeclampsia prematura la cual es la que se diagnostica antes de la semana 34 de gestación, se ha evidenciado que hasta en un tercio de los casos se asocia con un riesgo mucho mayor de complicaciones maternas, fetales o neonatales que la preeclampsia a término (1,2).

En Colombia no estamos alejados de esta gran problemática mundial, dado a las limitaciones a los accesos de salud en algunas partes de nuestro territorio, el personal médico no tiene un adecuado entrenamiento en la detección temprana de la enfermedad, pues conocemos que la preeclampsia tiene un compromiso multisistémico lo cual impacta en desenlaces desfavorables para este grupo poblacional.

Con el advenimiento de la pandemia por COVID 19 se obtuvo un incremento significativo de la mortalidad materna en Colombia siendo la primera causa fatal de las causas indirectas; Sin embargo, los trastornos hipertensivos del embarazo y la hemorragia postparto se adjudicaron el segundo y primer lugar respectivamente en mortalidad materna (3).

A semana epidemiológica 53 del 2022 se notificaron 432 muertes maternas: 255 tempranas (ocurridas durante el embarazo, parto y hasta los 42 días de terminada la gestación), 124 tardías (ocurridas desde el día 43 hasta un año de terminada la gestación) y 54 por causas coincidentes (lesiones de causa externa); se presenta un descenso de aproximadamente 32 % en el número de muertes maternas respecto al 2021 (3,4).

Hay tener en cuenta que la tasa de mortalidad materna en nuestro territorio para el año 2022 estuvo sobre 42.4 casos por 100.000 nacidos vivos, sin embargo, dependiendo del departamento (Vichada, Chocó, Vaupés, Nariño) notamos que la tasa de mortalidad estuvo por encima de las 175.8 muertes maternas por cada 100.000

nacidos vivos. En Caldas esta tasa estuvo alrededor de 12.7 casos por cada 100.000 nacidos vivos, lo cual nos sitúa por debajo del promedio nacional (3).

Teniendo en cuenta que la preeclampsia es un síndrome que puede afectar de una manera directa o indirecta algunos órganos y/o sistemas tales como el riñón (proteinuria), hígado (elevación de transaminasas, hematoma hepático), sistema hematopoyético (hemólisis, leucocitosis y trombocitopenia), cerebro (convulsiones, ceguera cortical, hemorragia intracraneal e infarto), y circulación uteroplacentaria (restricción del crecimiento fetal, desprendimiento y muerte fetal), pulmón (discordancia entre ventilación y perfusión y síndrome de dificultad respiratoria del adulto), corazón (disfunción sistólica y diastólica), páncreas (pancreatitis), ojos (problemas de retina incluyendo desprendimiento), intestino delgado y grueso (isquemia), órganos endocrinos (glándulas suprarrenales, tiroides y paratiroides) y el sistema inmunitario (inflamación intravascular exagerada y cambios en las células B y T, así como en las células T reguladoras), por lo que estas disfunciones se detectan de una manera tardía ocasionando resultados fatales en la población gestante (5,8,12).

Durante muchos años se viene investigando sobre las posibles etiologías de los cuadros de preeclampsia los cuales ha sido muy variables, desde el desarrollo para pruebas bioquímicas tales como La PAPP-A y el PIGF en suero materno son dos marcadores bioquímicos que se han investigado ampliamente y han mostrado resultados prometedores en la predicción temprana de la preeclampsia (11,22).

La prueba de detección más prometedora para la preeclampsia es la IP de la arteria uterina, el cual se cree que el mecanismo subyacente para el desarrollo de la PE es una alteración de la invasión trofoblástica. La ecografía Doppler es un método no invasivo para evaluar el flujo de sangre a la placenta, identificando la perfusión placentaria deficiente, demostrada por el aumento de la PI de la arteria uterina, la cual está en íntima relación con el desarrollo de PE, apoyando la teoría de que esta enfermedad es ocasionada por un trastorno de la placentación. Sin embargo, para obtener mediciones confiables y precisas de la IP de la arteria uterina mediante ultrasonido Doppler, es esencial la capacitación adecuada de los ecografistas y el cumplimiento de los protocolos operativos estándar para obtener estas mediciones (7,10,15).

Teniendo en cuenta que la preeclampsia severa es la primera causa a nivel mundial de mortalidad materna, se hace necesario la implementación de un estudio ultrasonográfico que lleve a la detección temprana de complicaciones de tipo cardiovascular, neurológico, pulmonar y desenlaces fetales adversos, las cuales pueden ser intervenidas de forma temprana e impactando en la morbilidad y mortalidad materno-fetal. (1)

2 Metodología

2.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio cuasi experimental de antes y después. Las mujeres elegibles para ingresar al estudio debían cumplir los criterios de inclusión.

Se hizo un análisis retrospectivo de pacientes con preeclampsia severa con características similares, tratadas con la atención convencional teniendo en cuenta los desenlaces en la morbilidad (antes); posteriormente realizamos la atención de pacientes con preeclampsia severa mediante la implementación de un algoritmo ecográfico enfocado con el fin de comparar el impacto sobre los resultados a nivel materno fetal.

2.2. Población y muestra

Pacientes embarazadas con diagnóstico de preeclampsia severa que ingresaran a la unidad de cuidados intensivos obstétricos en SES Hospital de Caldas.

2.3. Criterios de inclusión

Pacientes embarazadas con diagnóstico de preeclampsia severa dentro del periodo comprendido entre el 1 de febrero de 2025 y el 31 de octubre de 2025, que cumplieran con los siguientes criterios:

- ✓ Pacientes con gestación >20 semanas
- ✓ Crisis hipertensiva PA $\geq 160/110$ mm/hg
- ✓ Paciente con síntomas neuro hipertensivos (cefalea, fosfenos, tinitus, epigastralgia)

Laboratorios

- ✓ Transaminasas > 70 u/l
- ✓ Trombocitopenia < 100.000
- ✓ Creatinina > 1.1 mg/dl
- ✓ Ldh > 600 u/l

2.4. Criterios de exclusión

Pacientes con embarazo gemelar o que no otorguen el consentimiento informado para la evaluación ecográfica.

2.5. Técnicas, procedimientos e instrumentos

Posterior a la firma del consentimiento informado se realizó una valoración ultrasonográfica detallada y enfocada por parte de médicos residentes de la especialización en medicina crítica y cuidado intensivo de cuarto año, las imágenes quedaron guardadas en medio virtual, las cuales fueron validadas por parte de 1 Médica obstetras con subespecialización en cuidado intensivo.

Se realizó el abordaje mediante las siguientes variables: (Medición del diámetro de la Vaina del nervio óptico, ecografía pulmonar extrapolada del protocolo LUS, ecocardiografía básica mediante la medición de ITV, relación E/A, diámetro de vena cava inferior VCI, Índice de Pulsatilidad (IP) de las arterias uterinas), exclusión y los datos fueron registrados en una base de datos diseñada en Microsoft Excel, en la que se consignaron las variables seleccionadas para el análisis.

Para la extracción de los datos de las pacientes del (antes), se hizo sobre una base de datos la cual fue facilitada por parte del comité de investigación del SES Hospital de Caldas y mediante un programa estadístico se realizó la aleatorización de este grupo de pacientes para poder realizar el análisis.

2.6. Cálculo del tamaño de muestra

Nuestra muestra fue a convenir dado que hay muy pocas investigaciones con un número reducido de pacientes que cumplan con estas características como las de nuestro estudio.

2.7. Análisis estadístico

Los datos se analizaron con Stata 16.1 (StataCorp, TX, USA). La distribución de normalidad de las variables continuas se evaluó mediante la prueba de T de Student (comparación de medias entre grupos), si no tenían distribución normal se realizó el análisis mediante prueba U de Mann–Whitney (comparación de medianas). Las variables categóricas se compararon mediante la prueba de chi cuadrado; cuando alguna celda presentó frecuencias esperadas menores de 5, se empleó la prueba exacta de Fisher. Un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

2.8. Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética Médica institucional del Hospital Universitario de Caldas (SES HUC). Para el grupo de intervención se obtuvo consentimiento informado por escrito de todas las participantes. Se garantizó la confidencialidad y protección de los datos conforme a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a la normativa nacional vigente para investigación en seres humanos. Dado que el grupo de antes que correspondió a un análisis retrospectivo de historias clínicas, no se requirió consentimiento, preservándose estrictamente la privacidad y el manejo seguro de la información.

3. Resultados

En total se analizaron 60 gestantes con diagnóstico de preeclampsia severa, 30 antes y 30 después de la implementación del algoritmo ecográfico en el servicio obstétrico del hospital. Las características sociodemográficas y obstétricas fueron globalmente

comparables entre grupos, sin diferencias significativas en edad, índice de masa corporal, raza, nivel socioeconómico, paridad, antecedentes de hipertensión o preeclampsia, diabetes, enfermedades inmunológicas y uso de ácido acetilsalicílico. La única diferencia estadísticamente significativa fue una menor edad gestacional al momento de la evaluación en el grupo posterior a la implementación (mediana 34,5 vs. 36 semanas; $p = 0,010$), lo que sugiere una tendencia a intervenir embarazos más tempranamente en el contexto del nuevo algoritmo. Tabla 1.

En cuanto a las variables de severidad, la implementación del algoritmo se asoció con una reducción significativa de las cifras tensionales. La presión arterial sistólica disminuyó de un promedio de 152,8 mmHg a 140,9 mmHg ($p < 0,001$), la diastólica de 93,5 mmHg a 80,4 mmHg ($p < 0,001$) y la presión arterial media de 108,3 mmHg a 100,8 mmHg ($p = 0,002$). No se observaron diferencias significativas en frecuencia cardíaca, gasto urinario, presencia de cefalea, fosfenos, tinnitus, epigastralgia, edemas ni en la frecuencia de crisis hipertensivas entre los dos periodos. Desde el punto de vista de laboratorio, los grupos fueron similares en hemoglobina, leucocitos, plaquetas, creatinina, aminotransferasas, gases arteriales y relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, con la excepción del lactato deshidrogenasa (LDH), que mostró una reducción modesta pero estadísticamente significativa tras la implementación (mediana 174,5 vs. 206,5 U/L; $p = 0,043$), compatible con un menor grado de hemólisis o daño tisular global. Tabla 2

Los hallazgos ecográficos del algoritmo aplicado en el grupo intervenido evidenciaron compromiso multiorgánico subclínico en una proporción relevante de pacientes. El diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) fue en promedio de $5,1 \pm 0,6$ mm en el ojo derecho y $5,0 \pm 0,6$ mm en el izquierdo, valores que se sitúan por encima de varios puntos de corte propuestos para hipertensión intracraneana en población obstétrica ($\approx 4,6\text{--}5,0$ mm) y son congruentes con los reportes de pacientes con preeclampsia severa y síntomas neurológicos. En el ultrasonido pulmonar, el 53,3% de las pacientes presentó al menos una línea B, con 13,3% mostrando ≥ 4 líneas B por campo, lo que sugiere aumento de agua extravascular pulmonar en un subgrupo no despreciable de gestantes. En la evaluación cardíaca, el integral tiempo-velocidad (VTI) tuvo una mediana de 19,5 cm (RIC 18–23) y la relación E/a una mediana de 1,3 (RIC

1,1–1,4), compatibles con función sistólica preservada y un patrón diastólico no francamente restrictivo, aunque en un contexto de poscarga elevada. 26. Tabla 3

La vena cava inferior mostró un diámetro promedio de $16,1 \pm 3,1$ mm, sin colapso excesivo, lo que sugiere un estado de volumen relativamente adecuado, con menor probabilidad de hipovolemia severa en la mayoría de las pacientes. El índice de pulsatilidad (IP) de las arterias uterinas presentó una mediana de 1,14 (RIC 0,58–2,07), lo que indica una población heterogénea con casos de alteración significativa del flujo uteroplacentario en el extremo superior de la distribución, concordante con la fisiopatología de la disfunción placentaria en la preeclampsia. En la pequeña submuestra con medición de factores angiogénicos, el 42,9% presentó elevación patológica de la relación sFlt-1/PlGF, lo que refuerza el vínculo entre el fenotipo clínico severo, la disfunción placentaria y los hallazgos ecográficos. 27. Tabla 3.

Respecto a los desenlaces maternos y perinatales, la frecuencia de hemorragia obstétrica fue baja en ambos grupos (6,7% vs. 0%; $p = 0,273$), sin diferencias en la vía del parto, predominantemente cesárea (83,3% antes vs. 81,5% después) ni en la mediana de estancia en UCI, que se mantuvo en 4 días. En el componente neonatal se observó un incremento estadísticamente significativo de la hospitalización del recién nacido tras la implementación del algoritmo (16,7% vs. 51,8%; $p = 0,005$), acompañado de una mayor proporción de Apgar al minuto 1 en el rango de 7–10 (59,3% vs. 30,0%; $p = 0,025$), sin diferencias en el Apgar al minuto 5 ni en el peso al nacer. La mortalidad perinatal fue baja en ambos grupos, con tres muertes en el periodo posterior y ninguna en el previo ($p = 0,100$), en un contexto de menor edad gestacional al parto y mayor proporción de recién nacidos que requirieron observación o manejo en unidades neonatales. Tabla 4

Tabla 1. Características clínicas y demográficas

		Antes		Después		<i>P</i>
		n	%	n	%	
Edad (años)						
	Promedio	30.5		28.4		0.184*
	Desviación estándar	6.9		4.9		
	IC95%	27.9 – 33.1		26.5 – 30.2		
Peso (kg)						
	Mediana	69		77		0.054†
	Rango intercuartil	62 - 84		70 - 93		
Talla						
	Promedio	157.1		159.8		0.070*
	Desviación estándar	5.4		5.7		
	IC95%	155.0 – 159.1		157.6 – 161.9		
IMC						
	Peso bajo	4	13.3	1	3.3	0.325‡
	Peso normal	8	26.7	5	16.7	
	Sobrepeso	10	33.3	15	50.0	
	Obesidad	8	26.7	9	30.0	
Raza						
	Blanca	11	36.7	16	53.4	0.351*
	Mestiza	17	56.7	13	43.3	
	Negra	2	6.7	1	3.3	
Estrato						
	1	10	33.3	8	26.7	0.227‡
	2	9	30.0	6	20.0	
	3	9	30.0	14	46.7	
	4	2	6.7	0	0.0	
	5	0	0.0	2	6.6	
Edad gestacional (semanas)						
	Mediana	36		34.5		0.010†
	Rango intercuartil	35 - 38		31 - 37		
Gravidez						
	1	12	40.0	16	53.3	0.502‡
	2	10	33.3	9	30.0	
	≥3	8	27.7	5	17.7	
Paridad						
	0	14	46.7	17	56.7	0.774‡
	1	11	36.7	9	30.0	
	≥2	5	16.6	4	13.3	
Abortos						
	0	24	80.0	25	83.4	0.731*
	1	6	20.0	4	13.3	
	2	0	0.0	1	3.3	
Vivos						0.882‡

	0	15	50.0	17	56.7	
	1	10	33.3	9	30.0	
	≥2	5	16.7	4	13.3	
Antecedente de HTA o preeclampsia						
	Si	3	10.0	4	13.3	1.000‡
	No	27	90.0	26	86.7	
Diabetes						
	Si	3	10.0	5	16.7	0.706‡
	No	27	90.0	25	83.3	
Enfermedad inmunológica						
	Si	2	6.7	2	6.7	1.000‡
	No	28	93.3	28	93.3	
Uso de ácido acetil-salicílico						
	Si	15	50.0	16	53.3	1.000‡
	No	15	50.0	14	46.7	

* Prueba t de Student

† Prueba Mann-Whitney U

‡ Prueba exacta de Fisher

Tabla 2. Variables de severidad de pre-eclampsia

		Antes		Después		P
		n	%	n	%	
Presión arterial sistólica						
Promedio		152.8		140.9		<0.001*
Desviación estándar		14.0		12.1		
IC95%		147.5 – 158.0		136.4 – 145.4		
Presión arterial diastólica						
Promedio		93.5		80.4		<0.001*
Desviación estándar		11.2		10.0		
IC95%		89.3 – 97.6		76.6 – 84.2		
Presión arterial media						
Promedio		108.3		100.8		0.002*
Desviación estándar		9.5		8.7		
IC95%		104.8 – 111.9		97.5 – 104.0		
Frecuencia cardíaca						
Promedio		86.4		89.6		0.266*
Desviación estándar		12.1		9.7		
IC95%		81.8 – 90.9		85.9 – 93.2		
SpO ₂						
Promedio		96.2		95.1		0.004*
Desviación estándar		1.2		1.5		
IC95%		95.7 – 96.6		94.5 – 95.7		
Gasto urinario (cc/kg/h)						
Mediana		1.3		1.1		0.160†
Rango intercuartil		0.9 – 1.8		0.9 – 1.3		
Reflejos osteotendinosos						
++		24	80.0	21	70.0	0.642‡
+++		5	16.7	7	23.3	
++++		1	3.3	2	6.7	
Cefalea						
Si		20	66.7	19	63.3	0.787§
No		10	33.3	11	36.7	
Disnea						
Si		0	0.0	8	26.7	0.002‡
No		30	100.0	22	73.3	
Epigastralgia						
Si		6	20.0	11	36.7	0.152§
No		24	80.0	19	63.3	
Fosfenos						
Si		15	50.0	12	41.4	0.506§
No		15	50.0	17	58.6	
Tinnitus						0.791§

	Si	12	40.0	11	36.7	
	No	18	60.0	19	63.3	
Edemas						
	Si	25	83.3	24	80.0	0.739S
	No	5	16.7	6	20.0	
Crisis hipertensiva						
	Si	24	80.0	24	80.0	1.000S
	No	6	20.0	6	20.0	
Leucocitos						
	Promedio	11.359		11.621		
	Desviación estándar	3156		2355		0.716*
	IC95%	10.180 – 12.537		10.741 – 12.501		
Hemoglobina						
	Mediana	12.6		12.7		0.548†
	Rango intercuartil	12.0 – 13.3		12.0 – 13.2		
Plaquetas						
	Mediana	227.500		247.500		0.054†
	Rango intercuartil	195.000 – 258.000		217.000 – 315.000		
Creatinina						
	Mediana	0.63		0.60		0.412†
	Rango intercuartil	0.56 – 0.80		0.51 – 0.77		
AST						
	Mediana	18.5		22.5		0.065†
	Rango intercuartil	14 - 21		17 - 30		
ALT						
	Mediana	13		18.5		0.091†
	Rango intercuartil	11 - 18		12 - 26		
LDH						
	Mediana	206.5		174.5		0.043†
	Rango intercuartil	175 - 232		157 - 212		
pH						
	Promedio	7.41		7.41		0.568*
	Desviación estándar	0.04		0.04		
	IC95%	7.39 – 7.42		7.40 – 7.43		
PaO ₂						
	Promedio	79.8		80.9		0.631*
	Desviación estándar	8.8		8.6		
	IC95%	76.5 – 83.1		77.7 – 84.1		
PaCO ₂						
	Promedio	26.2		25.3		0.308*
	Desviación estándar	3.4		3.3		
	IC95%	24.9 – 27.5		24.1 – 26.6		
HCO ₃						
	Promedio	18.4		18.0		<u>0.502*</u>

Desviación estándar		2.3	2.5	
IC95%		17.6 – 19.3	17.0 – 19.0	
Pa/FiO ₂				
	Promedio	384	386.2	0.834*
	Desviación estándar	41.0	41.2	
	IC95%	368.6 – 399.3	370.8 – 401.6	

* Prueba t de Student

‡ Prueba exacta de Fisher

§ Prueba chi cuadrado

† Prueba Mann-Whitney U

Tabla 3. Hallazgos ecográficos

	n	%
Diámetro de vaina del nervio óptico derecho		
Promedio	5.1	
Desviación estándar	0.6	
IC95%	4.8 – 5.3	
Diámetro de vaina del nervio óptico izquierdo		
Promedio	5.0	
Desviación estándar	0.6	
IC95%	4.8 – 5.3	
Ultrasonido pulmonar - Líneas B		
0	14	46.7
1-3	12	40.0
≥4	4	13.3
Integral tiempo-velocidad		
Mediana	19.5	
Rango intercuartil	18 - 23	
Relación E/a		
Mediana	1.3	
Rango intercuartil	1.1 – 1.4	
Vena cava inferior		
Promedio	16.1	
Desviación estándar	3.1	
IC95%	14.8 – 17.2	
Índice de pulsatilidad arteria uterina		
Mediana	1.14	
Rango intercuartil	0.58 – 2.07	

Factores angiogénicos 3 de 7 pacientes (42.9%) elevados

Tabla 4. Desenlaces maternos y perinatales

		Antes		Después		P
		n	%	n	%	
Hemorragia obstétrica						
	Si	2	6.7	0	0.0	0.273‡
	No	28	93.3	27	100.0	
Vía del parto						
	Vaginal	5	16.7	5	18.5	0.854§
	Cesárea	25	83.3	25	81.5	
Estancia en UCI (días)						
	Mediana	4		4		0.583†
	Rango intercuartil	3 - 5		3 - 6		
Muerte perinatal						
	Si	0	0.0	3	11.1	0.100‡
	No	30	100.0	24	88.9	
Apgar minuto 1						
	0-3	1	3.37	2	7.4	0.025‡
	4-6	20	66.7	12	33.3	
	7-10	9	30.0	16	59.3	
Apgar minuto 5						
	0-3	0	0.0	0	0.0	0.653‡
	4-6	2	6.7	3	7.4	
	7-10	28	93.3	27	92.6	
Necesidad de reanimación neonatal						
	Si	2	6.7	5	18.5	0.170‡
	No	28	93.3	22	81.5	
Hospitalización del recién nacido						
	Si	5	16.7	16	51.8	0.005‡
	No	25	83.3	14	48.2	
Peso del recién nacido						
	Mediana	2725		2650		0.166†
	Rango intercuartil	2570 - 2980		2080 - 2850		

‡ Prueba exacta de Fisher

§ Prueba chi cuadrado

† Prueba Mann-Whitney U

4. Discusión

Este estudio demuestra que la implementación de un algoritmo ecográfico multiorgánico en gestantes con preeclampsia severa identifica de forma sistemática alteraciones subclínicas neurológicas, pulmonares, cardíacas y uteroplacentarias, al tiempo que se asocia con una reducción de las cifras tensionales y de la LDH, sin cambios claros en la morbilidad materna inmediata y con un incremento en la hospitalización neonatal. La disminución significativa de la presión arterial sistólica, diastólica y media tras la adopción del algoritmo podría reflejar una conducta terapéutica más proactiva e individualizada, guiada por los hallazgos de POCUS (por ejemplo, ajuste de fluidos y antihipertensivos ante signos ecográficos de sobrecarga o disfunción diastólica), en línea con lo propuesto por revisiones recientes sobre el uso de ultrasonido en medicina materna crítica (28).

En relación con la evaluación neurológica, los valores de DVNO en torno a 5,0–5,1 mm concuerdan con los reportes de estudios en preeclampsia severa que muestran diámetros elevados respecto a gestantes normotensas, especialmente en pacientes con cefalea, alteración visual o signos de encefalopatía hipertensiva. Trabajos como el de Ismail et al. y series recientes en población obstétrica han propuesto umbrales entre 4,8 y 5,8 mm para sospechar incremento de la presión intracraneana, encontrando asociaciones con eclampsia y edema cerebral en neuroimagen, lo que respalda el uso de la DVNO como biomarcador de riesgo neurológico en este contexto. Los hallazgos de este estudio sugieren que un porcentaje relevante de gestantes con preeclampsia severa presenta un DVNO en rangos considerados de riesgo, incluso cuando los síntomas neurológicos son inespecíficos, lo que puede apoyar decisiones más tempranas sobre control intensivo de la presión arterial y oportunidad del parto (29).

En el componente pulmonar, la proporción de pacientes con ≥ 4 líneas B es similar a la descrita en series que han explorado el ultrasonido pulmonar en preeclampsia severa, donde se ha documentado aumento del agua extravascular pulmonar en 10–30% de las pacientes, muchas de ellas sin signos clínicos evidentes de edema pulmonar. Ambrožič y colaboradores, en estudios de ultrasonido cardiopulmonar en preeclampsia, describen una correlación entre el número de líneas B, la relación E/e' y la elevación de las presiones de llenado izquierdas, proponiendo el LUS como herramienta para

identificar precozmente pacientes en riesgo de edema agudo de pulmón, ajustar la reposición de fluidos y orientar el inicio o la intensificación de diuréticos. En el presente trabajo, la frecuencia moderada de líneas B sugiere que la sobrecarga hídrica significativa no es universal, pero sí suficientemente prevalente como para justificar el uso sistemático del LUS en la evaluación de estas gestantes (30).

Los hallazgos ecocardiográficos, con un VTI en torno a 19–23 cm y una relación E/a próxima a 1,3, se alinean con estudios que han mostrado, en preeclampsia severa, una función sistólica globalmente preservada, pero con alteraciones de la relajación y aumento de las presiones de llenado, especialmente en pacientes con hipertensión de larga data o mayor severidad clínica. Series observacionales de ecocardiografía en preeclampsia han documentado patrones de disfunción diastólica (aumento de E/e', reducción de e' y alteración del patrón de llenado mitral) asociados con desenlaces adversos materno-fetales, sugiriendo que la integración de estos parámetros en algoritmos clínicos podría ayudar a distinguir pacientes que se benefician de una estrategia de restricción de fluidos y tratamiento más agresivo de la hipertensión. En ese sentido, el presente estudio aporta evidencia de la factibilidad de incorporar sistemáticamente mediciones de VTI y relación E/a en el flujo asistencial, aun cuando el tamaño muestral limite la exploración de asociaciones directas con desenlaces (31).

La evaluación del estado de volumen mediante el diámetro de la vena cava inferior y su variación se enmarca en la creciente literatura sobre POCUS para la estimación de volemia en obstetricia crítica. La revisión de Bajwa et al. y publicaciones posteriores en crítica obstétrica señalan que la vena cava, combinada con el LUS y la ecocardiografía básica, permite evitar tanto la sobrecarga de volumen como la hipovolemia en preeclampsia, en un contexto donde la administración de fluidos debe ser particularmente cautelosa por el riesgo de edema pulmonar. En esta cohorte, el diámetro promedio de 16 mm, sin colapso extremo, sugiere que la mayoría de las pacientes se encontraban en un rango intermedio de llenado intravascular, lo que refuerza el valor del algoritmo como herramienta para mantener un equilibrio hemodinámico fino (28).

En el plano uteroplacentario, la mediana de IP uterino de 1,14 con un rango que se extiende hasta valores superiores a 2,0 coincide con los datos de estudios Doppler basados en población con preeclampsia, donde la presencia de IP elevado y muescas

protodiastólicas bilaterales se relaciona con restricción del crecimiento intrauterino, parto pretérmino y complicaciones perinatales. Además, la proporción de pacientes con alteración de la relación sFlt-1/PIGF en esta serie es congruente con estudios que muestran elevaciones significativas de marcadores antiangiogénicos en preeclampsia severa, los cuales se han incorporado a algoritmos de predicción de desenlaces adversos y decisiones de hospitalización o finalización del embarazo. La integración en un mismo algoritmo de DVNO, LUS, ecocardiografía básica, vena cava, Doppler uterino y marcadores angiogénicos representa un enfoque más completo que la mayoría de estudios previos, que suelen centrarse en uno o dos territorios (por ejemplo, solo DVNO o solo LUS) (32).

Respecto a los desenlaces clínicos, la ausencia de diferencias significativas en hemorragia obstétrica, estancia en UCI y mortalidad materna puede explicarse por el tamaño muestral limitado y por el hecho de que estas complicaciones son relativamente infrecuentes incluso en poblaciones de alto riesgo, lo que requiere grandes cohortes para detectar cambios pequeños, pero clínicamente relevantes. El aumento de la hospitalización neonatal, a pesar de la mejoría del Apgar al minuto 1 y de cifras tensionales mejor controladas, probablemente refleja la combinación de una edad gestacional menor al parto y una actitud más vigilante del equipo neonatológico, que puede haber optado por observación intensiva ante hallazgos ecográficos o biomarcadores sugestivos de compromiso placentario o hemodinámico fetal. Esta interpretación es coherente con la literatura que muestra que la implementación de protocolos de tamizaje intensivo en preeclampsia suele desplazar la carga de riesgo desde complicaciones maternas tardías hacia una mayor tasa de partos pretérmino y de ingreso neonatal, sin un cambio neto negativo en la supervivencia (33).

5. Fortalezas y limitaciones

Entre las fortalezas del estudio destacan el diseño antes-después en un mismo centro, la aplicación estandarizada de un protocolo ecográfico multiorgánico y la integración de variables clínicas, de laboratorio, hemodinámicas y perinatales, lo que permite una visión integral de la preeclampsia severa como entidad sistémica.

Entre las limitaciones se encuentran el tamaño muestral relativamente pequeño, la falta de cegamiento de los clínicos a los hallazgos ecográficos (lo que puede introducir sesgos de manejo), la disponibilidad limitada de mediciones de factores angiogénicos y la imposibilidad de atribuir causalidad directa entre la implementación del algoritmo y los desenlaces observados. No obstante, los resultados apoyan la hipótesis de que la evaluación ecográfica multiorgánica aporta información fisiopatológica relevante y potencialmente accionable en el manejo de la preeclampsia severa.

6. Conclusiones

La implementación de un algoritmo ecográfico multiorgánico en gestantes con preeclampsia severa permitió identificar de manera sistemática alteraciones subclínicas neurológicas, pulmonares, cardíacas y uteroplacentarias, coherentes con la fisiopatología de la enfermedad y con lo descrito en la literatura internacional (35).

La adopción del algoritmo se asoció con una reducción significativa de las cifras tensionales y de la LDH, sin un impacto claro en la morbilidad materna inmediata, pero con un aumento de la hospitalización neonatal en un contexto de menor edad gestacional al momento del parto.

Los valores de DVNO, el patrón de líneas B en el ultrasonido pulmonar, los parámetros ecocardiográficos básicos y el Doppler uterino fueron comparables a los reportados en otros estudios de preeclampsia severa, lo que respalda la validez externa de los hallazgos y la utilidad del POCUS como herramienta de monitorización hemodinámica y de riesgo (27,35).

La integración de POCUS neurológico, cardiopulmonar y uteroplacentario, junto con marcadores angiogénicos, constituye un enfoque novedoso que podría optimizar la estratificación de riesgo y la toma de decisiones respecto al momento del parto y la intensidad del soporte materno-fetal en preeclampsia severa (36).

Se requieren estudios prospectivos con mayor tamaño muestral, inclusión sistemática de marcadores angiogénicos y evaluación de desenlaces a largo plazo para determinar el verdadero impacto de este tipo de algoritmos ecográficos sobre la morbilidad y mortalidad materno-perinatal (34).

7. Agradecimientos

Agradecemos al SES Hospital Universitario de Caldas por permitir el uso de sus instalaciones, recursos virtuales y dispositivos biomédicos necesarios para el desarrollo del estudio.

Expresamos nuestra gratitud a los asesores metodológicos y temáticos, cuyo acompañamiento fue fundamental durante todas las etapas del proyecto y finalmente, agradecemos a nuestros docentes, quienes nos brindaron el tiempo, apoyo y espacio académico para llevar a cabo esta investigación.

Referencias

1. GBD 2015 Maternal Mortality Collaborators. Global, regional, and national levels of maternal mortality, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016;388:1775-812.
2. Magee LA, Nicolaides KH, Von Dadelszen P. Preeclampsia. *N Engl J Med*. 2022;386(19):1817-1832.
3. Instituto Nacional de Salud, Colombia. Informe de estadísticas sociodemográficas. Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 2020.
4. Garovic VD, Dechend R, Easterling T, Karumanchi SA, McMurtry Baird S, Magee LA, et al. Hypertension in pregnancy: diagnosis, blood pressure goals, and pharmacotherapy: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*. 2022;79(2):e21-e41.
5. Erez O, Romero R, Jung E, Chaemsaihong P, Bosco M, Suksai M, et al. Preeclampsia and eclampsia: the conceptual evolution of a syndrome. *Am J Obstet Gynecol*. 2022;226(2):S786-S803.
6. O'Gorman N, Nicolaides KH, Poon LC. The use of ultrasound and other markers for early detection of preeclampsia. *Women's Health*. 2016;12(2):199-207.

7. Bahado-Singh RO, Syngelaki A, Akolekar R, et al. Validación de modelos metabolómicos para la predicción de preeclampsia de inicio temprano. *Soy. J Obstet Gynecol.* 2015;213(4):530.e1–530.e1.
8. Hammad Y, Hasanin A, Elsakka A, Refaie A, Abdelfattah D, Rahman SA, et al. Thoracic fluid content: a novel parameter for detection of pulmonary edema in parturients with preeclampsia. *J Clin Monit Comput.* 2019;33(3):413-418.
9. Zieleskiewicz L, Contargyris C, Brun C, Touret M, Vellin A, Antonini F, et al. Lung ultrasound predicts interstitial syndrome and hemodynamic profile in parturients with severe preeclampsia. *Anesthesiology.* 2014;120(4):906-914.
10. Sterrett ME, Austin B, Barnes RM, Chang EY. Optic nerve sheath diameter in severe preeclampsia with neurologic features versus controls. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2022;22(1):224.
11. Dimitriadis E, Rolnik DL, Zhou W, et al. Preeclampsia. *Nat Rev Dis Primers.* 2023;9:8.
12. Say L, et al. Global causes of maternal death: a WHO systematic analysis. *Lancet Glob Health.* 2014;2:e323–e333.
13. DANE. Informes de estadística sociodemográfica aplicada. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; 2021. ISSN: 2805-6345.
14. Redman CWG, Staff AC, Roberts JM. Estrés del sincitiotrofoblasto en la preeclampsia: el punto de convergencia de múltiples vías. *Soy. J Obstet Gynecol.* 2015.
15. Staff AC. El modelo placentario de preeclampsia en dos etapas: una actualización. *J Reprod Immunol.* 2019;134-135:1–10.
16. Robertson WB, Brosens I, Dixon G. Lesiones vasculares uterinas maternas en las complicaciones hipertensivas del embarazo. *Perspect Nefrol Hipertens.* 2022;5:115–127.

17. Martínez-Varea A, Pellicer B, Perales-Marín A, Pellicer A. Relación entre la respuesta inmunológica materna durante el embarazo y la aparición de preeclampsia. *J Immunol Res*. 2014;210241.
18. Hu M, Li J, Baker PN, Tong C. Revisión de la preeclampsia: un trastorno metabólico de la placenta. *FEBS J*. 2022;289:336–354.
19. Elawad T, et al. Factores de riesgo de preeclampsia en las guías de práctica clínica: comparación con la evidencia.
20. Arngrimsson R, et al. Predisposición genética y familiar a la eclampsia y la preeclampsia en una población definida. *Hermano J Obstet Gynecol*. 1990;97:762–769.
21. Cappuccio FP. Etnicidad y riesgo cardiovascular: variaciones en personas de ascendencia africana y origen del sur de Asia. *J Hum Hypertens*. 1997;11:571–576.
22. Phipps E, Prasanna D, Brima W, Jim B. Preeclampsia: updates in pathogenesis, definitions, and guidelines. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2016;11:1102–1113.
23. Redman CW, Sargent IL, Staff AC. IFPA senior award lecture: making sense of pre-eclampsia - two placental causes of preeclampsia? *Placenta*. 2014;35(Suppl.):S20–S25.
24. Gyselaers W. Hemodynamic pathways of gestational hypertension and preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol*. 2022;226:S988–S1005.
25. Biswas J, Khatun N, Bandyopadhyay R, et al. Mediciones del diámetro de la vaina del nervio óptico mediante ecografía para diagnosticar la hipertensión intracraneal en la preeclampsia: un estudio observacional. *Rev Assoc Gynecol Turk*. 2023;24(1):5-11. doi:10.4274/jtgga.galenos.2022.2022-3-3.

26. Nagpal A, Pandey M, Kumar N. A comparative study of optic nerve sheath diameter and lung ultrasound score in healthy and preeclampsia parturients. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2025;72(8):501773. doi:10.1016/j.redare.2025.501773.
27. Bajwa SJS, Kurdi MS, Sutagatti JG, Bajwa SK, Theerth KA. Point-of-Care Ultrasound (POCUS) for the assessment of volume status and fluid management in patients with severe pre-eclampsia: A systematic review and meta-analysis. *Indian J Anaesth*. 2021;65(10):716-730. doi:10.4103/ija.ija_820_21.
28. Sterrett ME, Austin B, Barnes RM, Chang EY. Optic nerve sheath diameter in severe preeclampsia with neurologic features versus controls. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2022;22(1):224. doi:10.1186/s12884-022-04548-8.
29. Mowafy SMS, Elsayed M. Optic nerve sheath diameter versus extra-vascular lung water detected by ultrasound in volume status prediction in severe preeclampsia. *Egyptian J Anaesth*. 2020;36(1):184-193. doi: TEJA-2020-0080.
30. Ambrozic J, Brzan Simenc G, Prokselj K, et al. Lung and cardiac ultrasound for hemodynamic monitoring of patients with severe pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2017;49(1):104-109. doi:10.1002/uog.17331.
31. Expert Review. The role of lung and cardiac ultrasound for cardiovascular hemodynamic assessment of women with preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol MFM*. 2024;6(3):101306.
32. Cameron ST. Early medical abortion. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*. 2025;38:102588.
33. Martins JG, Waller J, Horgan R, et al. Point-of-care ultrasound in critical care obstetrics: A scoping review of the current evidence. *J Ultrasound Med*. 2024;43(2):340-353. doi:10.1002/jum.16425.
34. van der Zande JA. The role of point-of-care ultrasound (POCUS) in maternal medicine. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*. 2025;100:102599.