



# Correlación entre ultrasonido pulmonar y variables de oxigenación gasométricas en pacientes con ventilación mecánica

Correlation between lung ultrasound and gasometric oxygenation variables in mechanically ventilated patients

Evenezer Gabino Montiel Vera,\* Jorge Hilarino Sánchez Cepeda,\* Jesús Salvador Sánchez Díaz,\*  
Karla Gabriela Peniche Moguel,\* José Manuel Reyes-Ruiz,\* María Verónica Calyeca Sánchez\*

## RESUMEN

**Introducción:** las enfermedades respiratorias representan una de las principales causas de morbimortalidad en México. La ventilación mecánica invasiva (VMI) es frecuentemente utilizada en pacientes críticos, pero requiere herramientas complementarias para monitorizar el estado pulmonar. El ultrasonido pulmonar (LUS) ha mostrado correlación con la tomografía y utilidad en la evaluación de la aireación, mientras que los índices gasométricos permiten valorar hipoxemia y pronóstico clínico. **Objetivo:** evaluar la correlación entre el puntaje de ultrasonido pulmonar (LUS) y los índices de oxigenación gasométricos en pacientes con VMI. **Material y métodos:** estudio prospectivo, observacional y transversal realizado en el Hospital de Especialidades No. 14, IMSS Veracruz, durante enero-diciembre 2024. Se incluyeron pacientes > 18 años con VMI  $\geq$  48 horas. Se midieron gasometrías ( $\text{PaO}_2$ ,  $\Delta(\text{A-a})\text{O}_2$ ,  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ,  $\text{PaO}_2/\text{PAO}_2$  e índice respiratorio) al ingreso, 24 y 48 horas, y en el mismo momento se aplicó protocolo de ultrasonido pulmonar en 12 zonas. Se analizaron asociaciones y correlaciones mediante pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas. **Resultados:** se incluyeron 38 pacientes, edad media  $53 \pm 17.8$  años, 52% hombres, mortalidad global 31.5%. Las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión (44.7%) y diabetes mellitus tipo 2 (15.7%). Variables ventilatorias como presión *plateau*, *driving pressure* y frecuencia respiratoria se asociaron con mortalidad ( $p = 0.008$ ,  $0.025$  y  $0.049$ ). El índice respiratorio elevado al ingreso y un LUS alto en cualquier medición se asociaron con los no sobrevivientes ( $p = 0.049$  y  $p = 0.026$ , respectivamente). Todos los índices gasométricos se correlacionaron significativamente con el LUS; la mejor correlación fue con  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ,  $\Delta(\text{A-a})\text{O}_2$  e índice respiratorio al ingreso ( $r > 0.70$ ). **Conclusión:** existe correlación significativa entre el LUS y los índices de oxigenación gasométricos en pacientes con VMI.  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  e índice respiratorio al ingreso mostraron la correlación más fuerte. El LUS, junto con las variables gasométricas, constituye una herramienta accesible y confiable para la evaluación y pronóstico en la UCI. **Palabras clave:** ultrasonido pulmonar, ventilación mecánica, índice respiratorio,  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , gasometría, UCI.

## ABSTRACT

**Introduction:** respiratory diseases remain one of the leading causes of morbidity and mortality in Mexico. Invasive mechanical ventilation (IMV) is frequently used in critically ill patients, but complementary tools are needed to monitor pulmonary status. Lung ultrasound (LUS) has shown correlation with computed tomography and usefulness in assessing lung aeration, while blood gas indices allow the evaluation of hypoxemia and clinical prognosis. **Objective:** to evaluate the correlation between lung ultrasound score (LUS) and blood gas oxygenation indices in patients under IMV. **Material and methods:** a prospective, observational, cross-sectional study conducted at Hospital de Especialidades No. 14, IMSS Veracruz, from January to December 2024. Patients > 18 years with IMV  $\geq$  48 h were included. Arterial blood gases ( $\text{PaO}_2$ , A-a gradient,  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ,  $\text{PaO}_2/\text{PAO}_2$ , and respiratory index) were measured at admission, 24 h, and 48 h, simultaneously with a 12-zone lung ultrasound protocol. Associations and correlations were analyzed using parametric and non-parametric statistical tests. **Results:** a total of 38 patients were included, mean age  $53 \pm 17.8$  years, 52% male, with an overall mortality of 31.5%. The

most frequent comorbidities were hypertension (44.7%) and type 2 diabetes mellitus (15.7%). Ventilatory variables such as plateau pressure, driving pressure, and respiratory rate were associated with mortality ( $p = 0.008$ ,  $0.025$ , and  $0.049$ , respectively). Higher respiratory index at admission and higher LUS scores at any measurement were significantly associated with non-survivors ( $p = 0.049$  and  $p = 0.026$ , respectively). All blood gas indices correlated significantly with LUS; the strongest correlations were found with  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , A-a gradient, and respiratory index at admission ( $r > 0.70$ ). **Conclusion:** there is a significant correlation between LUS and blood gas oxygenation indices in patients under IMV.  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  and respiratory index at admission showed the strongest correlation. LUS, combined with gasometric variables, represents an accessible and reliable tool for evaluation and prognosis in the ICU.

**Keywords:** lung ultrasound, mechanical ventilation, respiratory index,  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , blood gas analysis, ICU.

## Abreviaturas:

APACHE = Acute Physiology And Chronic Health Evaluation (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica)  
BLUE = bedside lung ultrasound in emergency (ecografía pulmonar al lado del paciente en una emergencia)  
COVID-19 = CoronaVirus Disease 2019 (enfermedad por coronavirus 2019)  
DP = Driving Pressure (presión de conducción)  
 $\text{FiO}_2$  = fracción inspirada de oxígeno  
IR = índice respiratorio  
LUS = Lung Ultrasound Score (puntuación de ecografía pulmonar)  
 $\text{PAO}_2$  = presión alveolar de oxígeno  
 $\text{PaO}_2$  = presión arterial de oxígeno  
 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  = índice presión arterial de oxígeno/fracción de oxígeno inspirado  
PEEP = presión positiva al final de la espiración  
SAPS = Simplified Acute Physiologic Score II (Puntuación Simplificada de Fisiología Aguda II)  
SARS-CoV-2 = Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus 2 (coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave)  
SDRA = síndrome de dificultad respiratoria aguda  
SOFA = Sequential Organ Failure Assessment (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica)  
UCI = Unidad de Cuidados Intensivos  
VM = ventilación mecánica  
VMI = ventilación mecánica invasiva  
 $\Delta(\text{A-a})\text{O}_2$  = diferencia alvéolo-arterial de oxígeno  
 $\Delta(\text{A-a})\text{O}_2/\text{PaO}_2$  = índice respiratorio

\* Hospital de Especialidades No. 14, Centro Médico Nacional «Adolfo Ruiz Cortines», Instituto Mexicano del Seguro Social. Veracruz, México.

Recibido: 19/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

**Citar como:** Montiel VEG, Sánchez CJH, Sánchez DJS, Peniche MKG, Reyes-Ruiz JM, Calyeca SMV. Correlación entre ultrasonido pulmonar y variables de oxigenación gasométricas en pacientes con ventilación mecánica. Med Crit. 2026;40(2):109-114. <https://dx.doi.org/10.35366/123472>

## INTRODUCCIÓN

Las patologías de vías respiratorias son de las principales causas de morbimortalidad en México, ubicándose entre las cinco principales razones de muerte.<sup>1</sup> En la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), la princi-

pal causa de ingreso suele ser sepsis.<sup>2</sup> La admisión médica (61%) es la razón más frecuente a diferencia de la quirúrgica (34%). El principal foco infección a nivel mundial es el pulmonar con 68%, seguido del abdominal con 22%.<sup>3,4</sup> En México, el choque séptico de etiología pulmonar representa la causa más común de ingreso a UCI a raíz de la emergencia sanitaria por SARS-CoV-2.<sup>5</sup> La ultrasonografía pulmonar descrita por Liechtenstein desde la década de los 90,<sup>6</sup> desarrolló un protocolo de ultrasonido pulmonar a la cabecera del paciente (BLUE [*bedside lung ultrasound in emergency*]), el cual, mediante la descripción de los artefactos, diagnosticó diferentes causas de insuficiencia respiratoria como: problemas obstructivos, edema pulmonar, neumonía, derrame pleural, neumotórax (sensibilidad 89% y especificidad 100%); con esto se demostró la utilidad de la ecografía para el diagnóstico rápido en pacientes con insuficiencia respiratoria.<sup>7</sup> El ultrasonido pulmonar utilizado de manera cuantitativa, evalúa los cambios en la aireación pulmonar a través de diferentes patrones sonográficos, analizando 12 áreas pulmonares. Los cuatro patrones son: patrón normal con líneas A y deslizamiento pulmonar, pérdida moderada de la aireación con múltiples líneas B, pérdida severa de la aireación con líneas B coalescentes y pérdida completa de la aireación con consolidación pulmonar. Dicha escala ha mostrado una correlación estadísticamente significativa con tomografía en pacientes con neumonía y SDRA (síndrome de distrés respiratorio agudo).<sup>8</sup> Los índices de oxigenación tienen utilidad para evaluar mecanismos de hipoxemia, severidad, tratamiento, evolución y pronóstico de los problemas pulmonares; existen invasivos y no invasivos. Dichos índices dependen de la presión atmosférica ( $P_{atm}$ ), la fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) y en los pacientes con ventilación mecánica (VM) de la presión media de la vía aérea ( $P_{aw}$ ).<sup>9</sup> Nuestro estudio tiene como objetivo valorar la posible correlación entre el ultrasonido pulmonar y los índices de oxigenación gasométricos en pacientes con ventilación mecánica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Diseño:** estudio de cohorte realizado en un solo centro, prospectivo, observacional y transversal. Se llevó a cabo en el Hospital de Especialidades No. 14, Centro Médico Nacional «Adolfo Ruiz Cortines», Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Veracruz, México, en el periodo comprendido de enero a diciembre del 2024. El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación local R-2023-3001-017 y la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) 17 CI 30 193 067. Estudio de no intervención, por lo que, el consentimiento informado

presente en el expediente médico es el de ingreso a la UCI. La investigación se realizó con base en la metodología *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) para estudios observacionales.<sup>10</sup>

**Población de estudio:** se realizó muestreo por conveniencia, se incluyeron pacientes ingresados a la UCI con ventilación mecánica invasiva (VMI) independientemente del diagnóstico.

**Criterios de inclusión:** edad  $\geq 18$  años, VMI por lo menos 48 horas.

**Criterios de exclusión:** pacientes tratados con ventilación mecánica no invasiva (VMNI), sujetos con máximo alcance terapéutico y mujeres con embarazo o puerperio.

**Criterios de eliminación:** casos con variables incompletas en el expediente o que concluyeran su tratamiento en otra terapia intensiva.

Para fines de este estudio, se consideraron sobrevivientes a los pacientes que fueron dados de alta de la UCI o al llegar al día 30 de estancia.

Se realizó gasometría arterial al ingreso, 24 y 48 horas, la cual fue procesada en equipo GEM Premier™ 4000. Se registraron los siguientes índices de oxigenación:<sup>9</sup>

1.  $PAO_2$  (presión alveolar de oxígeno).
2.  $\Delta(A-a)O_2$  (diferencia alvéolo-arterial de oxígeno).
3.  $PaO_2/FiO_2$  (presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno).
4.  $PaO_2/PAO_2$  (presión arterial de oxígeno/presión alveolar de oxígeno).
5.  $\Delta(A-a)O_2/PaO_2$  (índice respiratorio).

El ultrasonido pulmonar se realizó al tomar las gasometría con equipo ESAOTE, MyLab™ X8 Platform por médico especialista en medicina crítica con entrenamiento certificado. El protocolo pulmonar se realizó de la siguiente manera: a una profundidad de 10 a 15 cm, en cada hemitórax se evaluaron los siguientes puntos, comenzando por el lado derecho y con el marcador de la sonda hacia la cabeza del paciente:<sup>8</sup>

**Anterosuperior:** segundo espacio intercostal, línea medio clavicular (puntos 1 y 7).

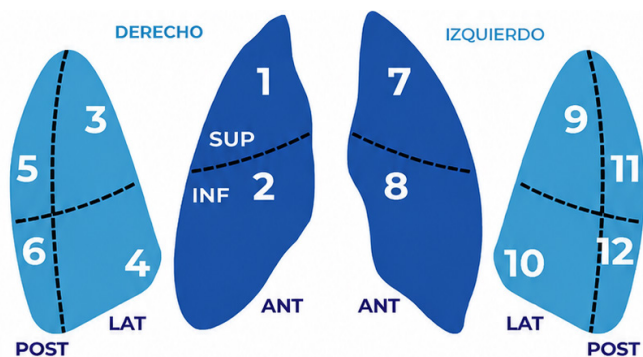
**Anteroinferior:** quinto espacio intercostal, línea medio clavicular (puntos 2 y 8).

**Laterosuperior:** segundo espacio intercostal, línea axilar anterior (puntos 3 y 9).

**Lateroinferior:** quinto espacio intercostal, línea axilar anterior (puntos 4 y 10).

**Posterosuperior:** segundo espacio intercostal, línea axilar media a posterior (puntos 5 y 11).

**Posteroinferior:** quinto espacio intercostal, línea axilar media a posterior (puntos 6 y 12) (*Figura 1*).



**Figura 1:** Puntos de medición en cada hemitórax de acuerdo a referencias anatómicas descritas: anterosuperior derecho e izquierdo (puntos 1 y 7), anteroinferior derecho e izquierdo (puntos 2 y 8), laterosuperior derecho e izquierdo (puntos 3 y 9), lateroinferior derecho e izquierdo (puntos 4 y 10), posterosuperior derecho e izquierdo (puntos 5 y 11), posteroinferior derecho e izquierdo (puntos 6 y 12).

En cada uno de los 12 puntos se aplicaron las siguientes calificaciones y se realizó la suma total:

**0 puntos (perfil A):** presencia de líneas A con menos de tres líneas B.

**1 punto (perfil B):** presencia de tres o más líneas B con separación  $> 3$  mm.

**2 puntos (perfil B):** presencia de tres o más líneas B con separación  $\leq 3$  mm.

**3 puntos (perfil C):** consolidación, señal de trituración o perfil A/B.

Los datos de las variables se obtuvieron y registraron al ingreso, 24 y 48 horas.

**Variables del estudio:** las variables obtenidas se clasificaron en generales: edad, sexo, comorbilidades: diabetes mellitus (DM), hipertensión arterial sistémica (HAS), enfermedad renal crónica (ERC), neumatía, cardiopatía, motivo de la VMI, días de VMI, días de estancia en UCI, SOFA (*Sequential, Organ, Failure, Assessment*), SAPS II (*Simplified Acute Physiology Score II*). Variables ventilatorias: presión *plateau* (Pplat), presión positiva al final de la espiración (PEEP), frecuencia respiratoria (FR), *driving pressure* (DP). Índices de oxigenación:  $PAO_2$  (presión alveolar de oxígeno),  $\Delta(A-a)O_2$  (diferencia alvéolo-arterial de oxígeno),  $PaO_2/FiO_2$  (presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno),  $PaO_2/PAO_2$  (presión arterial de oxígeno/presión alveolar de oxígeno) y  $\Delta(A-a)O_2/PaO_2$  (índice respiratorio). Variables ultrasonográficas: LUS (*Lung Ultrasound Score*).

**Análisis estadístico:** los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial. Se dividió a la población de acuerdo con el desenlace clínico durante su estancia en la UCI en: sobreviviente y no sobreviviente. Se empleó t de Student o U de Mann-

Whitney para la comparación de las medias o medianas de acuerdo al caso y distribución de la población en paramétrica y no paramétrica, respectivamente. Se empleó ANOVA de medidas repetidas para obtener la significancia estadística entre las variables de oxigenación y puntaje LUS obtenidos al ingreso, a las 24 y 48 horas de estancia en la UCI. Se calculó el grado de correlación de las dos variables de mayor interés (puntaje LUS y variables gasométricas) a través del coeficiente de correlación de Pearson o el de Spearman de acuerdo con la distribución de las variables en paramétricas y no paramétricas, respectivamente, para la variable dependiente (desenlace clínico). La significancia estadística se consideró con un valor de  $p \leq 0.05$ . Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS Statistics™ versión 26.0.

## RESULTADOS

Se reclutaron 38 pacientes durante el tiempo de recolección. Dentro de las características generales de la población destaca una media de edad de  $53 \pm 17.80$  años, índice de masa corporal (IMC) de  $25.93 \pm 5.1$  kg/m<sup>2</sup>, con promedio de estancia en la UCI de  $5.53 \pm 3.42$ . El sexo masculino conformó 52% de la muestra. La mortalidad global fue de 31.57% (n = 12). Las comorbilidades más frecuentemente encontradas fueron: hipertensión arterial sistémica con 44.73% (17 pacientes) y diabetes mellitus tipo 2 con 15.78%. De las variables ventilatorias, la presión *plateau*, DP y frecuencia respiratoria elevadas se asociaron con los no sobrevivientes con  $p = 0.008$ , 0.025 y 0.049, respectivamente; también las tres escalas pronósticas (SOFA, SAPS y APACHE) se asociaron con los no sobrevivientes con  $p \leq 0.05$ . Las características de la población se resumen en la [Tabla 1](#).

La gran mayoría (86.84%) de pacientes requirieron ventilación mecánica por causa no respiratoria. Al analizar la población de acuerdo con índices de oxigenación, un índice respiratorio más elevado a su ingreso se asoció estadísticamente a los no sobrevivientes de manera significativa ( $p = 0.049$ ), un puntaje de ultrasonido pulmonar elevado en cualquier momento de la medición también se asoció a los no sobrevivientes ( $p = 0.026$ ) ([Tabla 2](#)).

Se compararon los índices de oxigenación y LUS a su ingreso, 24 y 48 horas, observándose una reducción gradual de la  $PAO_2$ ,  $\Delta(A-a)O_2$ , índice respiratorio (IR) y LUS, con  $p = 0.000$ , 0.003, 0.033 y 0.002, respectivamente ([Tabla 3](#)).

Todos los índices de oxigenación se asociaron al resultado de LUS ( $p \leq 0.05$ ); sin embargo, los únicos con una correlación de Pearson mayor a 0.7 fueron:  $PaO_2/FiO_2$  de ingreso,  $\Delta(A-a)O_2$  de ingreso e IR de ingreso con 0.75, 0.72 y 0.76, respectivamente ([Tabla 4](#)).

**Tabla 1: Características generales de la población.**

	Total N = 38 Media ± DE	Sobrevivientes N = 26 Media ± DE	No sobrevivientes N = 12 Media ± DE	p
Sexo, n				0.825
Masculino	20	14	6	
Femenino	18	12	6	
Edad (años)	53.24 ± 17.80	49.92 ± 17.88	60.42 ± 16.05	0.652
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25.93 ± 5.10	24.90 ± 4.23	28.18 ± 6.23	0.300
Comorbilidades, n				
DM2	6	3	3	0.290
HAS	17	10	7	0.252
ERC	2	1	1	0.565
Neumopatía	1	0	1	0.136
Cardiopatía	1	0	1	0.136
Motivo de VMI, n				<b>0.012*</b>
Patología no respiratoria	33	25	8	
Patología respiratoria	5	1	4	
Días de estancia en UCI	5.53 ± 3.42	5.08 ± 3.03	6.50 ± 4.12	0.183
Días de VMI	5.87 ± 3.18	5.12 ± 2.71	7.50 ± 3.60	0.273
Variables ventilatorias				
Presión <i>plateau</i> (cmH <sub>2</sub> O)	19.18 ± 3.63	18.15 ± 3.01	21.42 ± 3.98	<b>0.008**</b>
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	6.16 ± 1.76	5.81 ± 1.38	6.92 ± 2.27	0.071
DP (cmH <sub>2</sub> O)	13.03 ± 2.79	12.35 ± 2.56	14.50 ± 2.81	<b>0.025**</b>
FR (rpm)	17.82 ± 2.17	17.35 ± 2.13	18.83 ± 1.99	<b>0.049**</b>
Puntajes pronósticos				
SOFA ingreso	8.34 ± 3.28	7.46 ± 3.19	10.25 ± 2.70	<b>0.013**</b>
SAPS II ingreso	46.95 ± 16.44	42.00 ± 15.21	57.67 ± 14.15	<b>0.005**</b>
APACHE ingreso	18.89 ± 7.54	16.65 ± 7.61	23.75 ± 4.71	<b>0.005**</b>

\* Prueba  $\chi^2$ . \*\* Prueba t de Student.

APACHE = *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation* (evaluación de fisiología aguda y salud crónica). DE = desviación estándar. DM2 = diabetes mellitus tipo 2. DP = *Driving Pressure* (presión de conducción). ERC = enfermedad renal crónica. FR = frecuencia respiratoria. HAS = hipertensión arterial sistémica. IMC = índice de masa corporal. PEEP = presión positiva al final de la espiración. rpm = respiraciones por minuto. SAPS II = *Simplified Acute Physiologic Score II* (Puntuación Fisiológica Aguda Simplificada II). SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment* (Evaluación Secuencial de Falla Orgánica). UCI = Unidad de Cuidados Intensivos. VMI = ventilación mecánica invasiva.

**Tabla 2: Índices de oxigenación y Lung Ultrasound Score (LUS) al ingreso, 24 y 48 horas.**

	Total N = 38 Media ± DE	Sobrevivientes N = 26 Media ± DE	No sobrevivientes N = 12 Media ± DE	p
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (mmHg)				
Ingreso	310.72 ± 126.69	326.81 ± 109.67	275.86 ± 157.22	0.255
24 h	336.58 ± 101.90	363.11 ± 88.06	279.10 ± 109.71	0.016
48 h	354.62 ± 160.11	367.34 ± 152.11	327.05 ± 180.09	0.479
PAO <sub>2</sub> (mmHg)				
Ingreso	275.92 ± 146.16	246.20 ± 113.47	340.30 ± 189.69	0.064
24 h	182.19 ± 120.02	174.27 ± 111.29	199.35 ± 140.85	0.557
48 h	164.39 ± 87.11	149.56 ± 44.61	196.53 ± 139.12	0.124
Δ(A-a)O <sub>2</sub> (mmHg)				
Ingreso	147.92 ± 138.96	120.32 ± 101.93	207.72 ± 188.77	0.071
24 h	83.66 ± 106.32	69.19 ± 83.35	115.02 ± 143.73	0.222
48 h	66.05 ± 78.08	50.64 ± 38.54	99.45 ± 123.90	0.073
Índice respiratorio				
Ingreso	1.57 ± 2.09	1.12 ± 1.16	2.56 ± 3.19	<b>0.049*</b>
24 h	0.98 ± 1.58	0.66 ± 0.59	1.70 ± 2.61	0.059*
48 h	0.70 ± 0.67	0.57 ± 0.51	0.98 ± 0.89	0.077
Puntaje LUS				
Ingreso	5.4 ± 6.82	3.65 ± 4.66	9.25 ± 9.16	<b>0.017*</b>
24 h	3.87 ± 5.08	2.54 ± 3.37	6.75 ± 6.93	<b>0.016*</b>
48 h	3.16 ± 4.47	2.08 ± 2.71	5.50 ± 6.47	<b>0.026*</b>

\* Prueba t de Student.

Δ(A-a)O<sub>2</sub> = diferencia alvéolo-arterial de oxígeno. DE = desviación estándar. LUS = *Lung Ultrasound Score* (puntuación de ecografía pulmonar). PAO<sub>2</sub> = presión alveolar de oxígeno. PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = presión arterial de oxígeno entre fracción inspirada de oxígeno.

**Tabla 3: Comparación de los índices de oxigenación y Lung Ultrasound Score (LUS).**

	Unidad de Cuidos Intensivos			p
	Ingreso Media ± DE	24 h Media ± DE	48 h Media ± DE	
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (mmHg)	310.72 ± 126.69	336.58 ± 101.90	354.62 ± 160.11	0.224
PAO <sub>2</sub> (mmHg)	275.92 ± 120.02**	182.19 ± 120.02	164.39 ± 87.11	<b>0.000*</b>
Δ(A-a)O <sub>2</sub> (mmHg)	147.92 ± 138.96**	83.66 ± 106.32	66.05 ± 78.08	<b>0.003*</b>
IR	1.57 ± 2.09**	0.98 ± 1.58	0.70 ± 0.67	<b>0.033*</b>
LUS	5.42 ± 6.82**	3.87 ± 5.08	3.16 ± 4.47	<b>0.002*</b>

Δ(A-a)O<sub>2</sub> = diferencia alveoloarterial de oxígeno. DE = desviación estándar. IR = índice respiratorio. LUS = Lung Ultrasound Score (puntuación de ecografía pulmonar). PAO<sub>2</sub> = presión alveolar de oxígeno. PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = presión arterial de oxígeno entre fracción inspirada de oxígeno.

\* ANOVA. \*\* Bonferroni.

## DISCUSIÓN

Observamos que un índice respiratorio (IR) elevado al ingreso se asoció con los pacientes no sobrevivientes, similar a lo reportado en un estudio reciente en pacientes con COVID-19 severo, en el cual se analizaron los índices de oxigenación de 175 pacientes en la UCI, el gradiente alveolar-arterial de oxígeno (GA-aO<sub>2</sub>), la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y el IR a las 96 horas se asociaron a mortalidad con p = 0.000.<sup>11</sup> Otros estudios también han mostrado que los índices de oxigenación pueden predecir el requerimiento de mayor soporte respiratorio no invasivo al momento de la liberación de ventilación mecánica.<sup>12</sup> Igualmente, el puntaje LUS fue elevado en los pacientes no sobrevivientes, resultado similar se registró en un estudio en pacientes con SDRA donde un LUS mayor de 19 se asoció a mayor mortalidad, además de correlacionarse con las escalas de falla orgánica (SOFA).<sup>13</sup>

Heldeweg y colaboradores reportaron una fuerte correlación entre el LUS y la tomografía computada (r = 0.795). Encontraron, además, que los hallazgos de afección pulmonar severa, evidenciados con LUS o tomografía, son predictores de una estadía prolongada en la UCI, pero no de mortalidad.<sup>14</sup> En cuanto al objetivo del estudio, se observó que hay correlación entre los índices de oxigenación gasométricos y el LUS. La mejor correlación fue con la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y el IR de ingreso (> 0.70); esto se debe probablemente a que la VMI con el uso de PEEP puede mejorar gradualmente la oxigenación, pero probablemente los cambios en el LUS sean más lentos. Un estudio reciente en pacientes con COVID-19 también mostró la correlación moderada (Spearman 0.42) entre el puntaje y las variables de intercambio gaseoso, con correlación negativa de LUS con la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y positiva de LUS con el delta de CO<sub>2</sub> posterior a la pronación, además reveló que LUS puede predecir la respuesta a la posición prono.<sup>15</sup> Estos hallazgos y los de nuestro estudio exponen la buena correlación entre las variables gasométricas y de ultrasonido, pudiendo ser de utilidad uno en ausencia del otro.

**Tabla 4: Correlación entre los índices de oxigenación y Lung Ultrasound Score (LUS).**

Variable	Coefficiente de correlación	Variable LUS	p
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>			
Ingreso	<b>-0.750</b>	Ingreso	0.000*
Ingreso	-0.475	48 h	0.003*
48 h	-0.326	Ingreso	0.046**
48 h	-0.408	48 h	0.011**
PAO <sub>2</sub>			
Ingreso	0.556	Ingreso	0.000**
Ingreso	0.361	48 h	0.026**
48 h	0.313	Ingreso	0.056
48 h	0.423	48 h	0.008**
Δ(A-a)O <sub>2</sub>			
Ingreso	<b>0.720</b>	Ingreso	0.000**
Ingreso	0.430	48 h	0.007**
48 h	0.345	Ingreso	0.034**
48 h	0.514	48 h	0.001**
índice respiratorio (IR)			
Ingreso	<b>0.768</b>	Ingreso	0.000**
Ingreso	0.511	48 h	0.001**
48 h	0.500	Ingreso	0.001**
48 h	0.638	48 h	0.000**

\* Spearman. \*\* Pearson.

Δ(A-a)O<sub>2</sub> = diferencia alvéolo-arterial de oxígeno. LUS = Lung Ultrasound Score (puntuación de ecografía pulmonar). PAO<sub>2</sub> = presión alveolar de oxígeno. PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno.

Desde nuestra apreciación, no nos queda duda que las modificaciones de los índices de oxigenación pueden predecir resultados y correlaciona con LUS para la evaluación pulmonar convirtiéndose en una opción. Debemos considerar que su evaluación no debería interpretarse como prueba diagnóstica medida únicamente en un solo punto del tiempo, sino a través de una línea de tiempo, junto a la evolución clínica del paciente. Resulta evidente la utilidad de los índices de oxigenación, pero necesitamos establecer puntos de corte en los problemas pulmonares.

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio se encuentran: el tamaño de muestra (N = 38) y haberse realizado en un solo centro. Además, la mayoría de

pacientes en este estudio requirió VMI por causa no respiratoria, ya que nuestra unidad tiene una alta tasa de ingresos de pacientes neurocríticos, así como postquirúrgicos; en contraste, una pequeña cantidad tenían problema pulmonar y éstos fueron los que presentaron mayor porcentaje de defunción (80%). De las fortalezas destacan: es una población heterogénea, todos los pacientes se encontraban en la UCI, intubados. Finalmente, el recurso gasométrico es asequible en la mayoría de los hospitales,<sup>16</sup> mientras que, el POCUS cada día está más disponible y los médicos no cardiólogos se capacitan de mejor manera para realizarlo.<sup>17</sup>

## CONCLUSIONES

Existe correlación entre los índices de oxigenación gasométricos y el LUS. La mejor correlación es con la  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  y el IR de ingreso ( $> 0.70$ ). Tanto LUS como los índices de oxigenación gasométricos pueden identificar problemas pulmonares y el pronóstico de pacientes con VMI. El recurso gasométrico, así como el ultrasonido, son herramientas asequibles en la mayoría de los hospitales y nos puede ayudar en la toma de decisiones, considerando que las alteraciones de la oxigenación se presentan frecuentemente en pacientes críticamente enfermos.

## REFERENCIAS

- Carrillo R, Carrillo JR, Carrillo LD. Estudio epidemiológico de la sepsis en unidades de terapia intensiva mexicanas. *Cir Ciruj*. 2009;77:301-308.
- Alberti C, Brun-Buisson C, Burchardi H, Martin C, Goodman S, Artigas A, et al. Epidemiology of sepsis and infection in ICU patients from an international multicentre cohort study. *Intensive Care Med*. 2002;28(2):108-121.
- Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med*. 2013;369(18):1726-1734.
- Sakr Y, Jaschinski U, Wittebole X, Szakmany T, Lipman J, Namendys-Silva SA, et al. Sepsis in Intensive Care Unit patients: worldwide data from the intensive care over nations audit. *Open Forum Infect Dis*. 2018;5(12):ofy313.
- Suárez V, Suarez Quezada M, Oros Ruiz A, Ronquillo De Jesús E. Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Rev Clin Esp*. 2020;220(8):463-471.
- Lichtenstein D, Axler O. Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit. Prospective study of 150 consecutive patients. *Intensive Care Med*. 1993;19(6):353-355.
- Lichtenstein D, Meziere G. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. The BLUE-protocol. *Chest*. 2008;134:117-125.
- Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, Arbelot C, Lu Q, Rouby JJ. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(3):341-347.
- Armstrong J, Guleria A, Girling K. Evaluation of gas exchange deficit in the critically ill. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain*. 2007;7(4):131-134.
- von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gotsche PC, Vandenbroucke JP; STROBE Initiative. The strengthening of reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *J Clin Epidemiol*. 2008;61(4):344-349.
- Peniche K, Sánchez J. Índices de oxigenación como marcadores evolutivos de lesión pulmonar aguda por SARS-CoV-2. *Respirar*. 2022;14(3):139-146.
- Scherer B, Ghanayem N, Guffey D, Castro D, Cossbu J, Afonso N. Impairment in preextubation alveolar gas exchange is associated with postextubation respiratory support needs in infants after cardiac surgery. *Crit Care Explor*. 2022;4(5):e0681.
- Lianhua L, Qian Y, Liming L, Jian G, Zhu L, Jiaqi H, et al. The value of lung ultrasound score on evaluating clinical severity and prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2015;27(7):579-584.
- Heldeweg MLA, Lopez Matta JE, Haaksma ME, Smit JM, Elzo Kraemer CV, de Grooth HJ, et al. Lung ultrasound and computed tomography to monitor COVID-19 pneumonia in critically ill patients: a two-center prospective cohort study. *Intensive Care Med Exp*. 2021;9(1):1.
- Heldeweg MLA, Mousa A, van Ekeren J, Lieveld AWE, Walburgh-Schmidt RS, Smit JM, et al. Lung ultrasound to predict gas-exchange response to prone positioning in COVID-19 patients: A prospective study in pilot and confirmation cohorts. *J Crit Care*. 2023;73:154173.
- Sánchez-Díaz JS, Peniche-Moguel KG, Rivera-Solis G, Martínez-Rodríguez EA, Del-Carpio-Orantes L, Pérez-Nieto Orlando R, et al. Monitoreo hemodinámico con dos gasometrías: "Una herramienta que no pasa de moda". *Rev Colomb Anestesiol*. 2021;49(1):e500.
- Acosta C, Acosta A, Tusman G. ultrasonido pulmonar en el manejo del paciente crítico. Conceptos básicos y aplicación clínica. *Rev Chil Anest*. 2020;49:640-667.

**Patrocinios:** los autores declaran no tener ningún tipo de patrocinio.

**Conflicto de intereses:** los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses relacionado con el estudio.

*Correspondencia:*

**Evenezer Gabino Montiel Vera**

**E-mail:** kiwi11\_12@hotmail.com