

# Metas de PEEP en el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda severo acorde a la PaFi para la población mexicana con base en la experiencia de la pandemia por SARS-CoV-2.

***PEEP goals in SIRA severe based on PaFi for the Mexican population based on the experience of the SARS-CoV-2 pandemic.***

José Carlos Campos Canchola\*

## RESUMEN

**Introducción:** dentro del daño inducido por el ventilador, uno de los mecanismos más importantes es el llamado «atelectrauma», en donde se produce de forma repetitiva el colapso y la reapertura de alveolos, principalmente en áreas donde la función del surfactante pulmonar está alterada, algo que es muy frecuente en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SIRA). Para evitar su desarrollo, el uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP) ha sido propuesto por varios autores. **Material y métodos:** pacientes ingresados a las terapias intensivas por SARS-CoV-2, con cuadro clínico de insuficiencia respiratoria aguda, compatibles con SIRA; en la mayoría de los casos, los pacientes a pesar de tratamientos sintomáticos cursaron con evolución tórpida hacia el deterioro, requiriendo intubación. Una vez en dicha situación crítica, se agregaron otras medidas de tratamiento, y con base en los resultados de la PaFi se desarrolló una nueva tabla. **Resultados:** se propone una nueva tabla de PEEP con base en la PaFi, el índice obtenido como alternativa en pacientes con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) severo. **Conclusión:** la tabla de PEEP/PaFi resultó útil en los pacientes con SIRA severo.

**Palabras clave:** presión positiva al final de la espiración, PaFi, atelectrauma, fracción inspirada de oxígeno.

## ABSTRACT

**Introduction:** within the damage induced by the ventilator, one of the most important mechanisms is the so-called «atelectrauma», where the collapse and reopening of alveoli occurs repetitively, mainly in areas where the function of the pulmonary surfactant is altered, something that is very frequent in patients with ARDS. To prevent its development, the use of positive end-expiratory pressure (PEEP) has been proposed by several authors. **Material and methods:** patients admitted to intensive care for SARS-CoV-2, with clinical symptoms of acute respiratory failure, compatible with ARDS; in most cases, patients, despite symptomatic treatments, presented with a torpid evolution towards deterioration, requiring intubation; once in this critical situation, other treatment measures were added, and based on the results of the PaFi, a new table was developed. **Results:** a new PEEP table based on the PaFi obtained as an alternative in patients with severe ARDS is proposed. **Conclusion:** the PEEP/FiO<sub>2</sub> table was useful in patients with severe ARDS.

**Keywords:** positive end-expiratory pressure, PaFi, atelectrauma, inspired fraction of oxygen.

\* Hospital General de Zona No. 83, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Hospital General «Dr. Miguel Silva», Secretaría de Salud (SSA). Médico especialista en Medicina del Enfermo en Estado Crítico. México.

Recibido: 09 de julio de 2024. Aceptado: 13 de junio de 2025.

Citar como: Campos CJC. Metas de PEEP en el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda severo acorde a la PaFi para la población mexicana con base en la experiencia de la pandemia por SARS-CoV-2. Rev ADM. 2025; 82 (4): 202-205. <https://dx.doi.org/10.35366/121012>



**Abreviaturas:**

COVID-19 = enfermedad por coronavirus 2019 (*COronaVirus Disease 2019*)  
 CPAP = presión positiva continua de la vía aérea (*Continuous Positive Airway Pressure*)  
 FiO<sub>2</sub> = fracción inspirada de oxígeno  
 PaFi = presión arterial de oxígeno y fracción inspirada de oxígeno [PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>]  
 PEEP = presión positiva al final de la espiración (*Positive End-Expiratory Pressure*)  
 SatO<sub>2</sub> = saturación de oxígeno  
 SIRA = síndrome de insuficiencia respiratoria aguda  
 TAC = tomografía axial computarizada

## INTRODUCCIÓN

**L**a presión positiva al final de la espiración (PEEP) es una maniobra mecánica que aumenta la capacidad residual funcional y previene el colapso de las vías respiratorias, de ese modo, reduce la atelectasia. La fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>) es la concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado.

Durante la Primera Guerra Mundial, el edema y la atelectasia fueron descritos en los heridos de guerra. Buford y Burbank designaron esta entidad como «*traumatic wet lung*». Moon, en 1948, en un artículo publicado sobre la patología del choque, describió hiperemia, edema, hemorragia y atelectasia pulmonar, sugiriendo que la causa era el daño al endotelio. En 1950, Jeakins reportó una entidad nosológica como atelectasia congestiva, considerando la sobrehidratación como causa. Sin embargo, la primera descripción del síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) fue hecha por Ashbaugh y colaboradores en 1967, cuando describieron un síndrome caracterizado por disnea, hipoxemia progresiva, infiltrados bilaterales observados en la radiografía de tórax y una disminución en la distensibilidad pulmonar en 12 pacientes que presentaron falla respiratoria después de sufrir traumatismo, choque, pancreatitis e infección viral. Al mismo tiempo Nash y colaboradores atribuyeron el daño pulmonar a la toxicidad del O<sub>2</sub> y a la ventilación.<sup>1</sup>

El daño alveolar difuso que caracteriza esta entidad se puede dividir en tres fases, que son secuenciales, pero que también pueden superponerse entre ellas:

1. Fase exudativa: comprende entre el cuarto y séptimo día a partir del inicio de la sintomatología. La característica más distintiva de esta fase son las membranas hialinas. Hay una extensa necrosis de los neumocitos tipo I, que se desprenden de la membrana basal. Los neumocitos tipo II son más resistentes y pueden diferenciarse del tipo I.

2. Fase proliferativa: después de 1 a 3 semanas, la superficie del parénquima se encuentra resbaladiza y pálida debido a la formación de tejido conectivo. Hay hiperplasia de los neumocitos tipo II, sin embargo, estas células presentan diferentes grados de atipia celular. La transición entre los neumocitos I y II es representada por células alargadas con microvellosidades cortas.
3. Fase fibrótica: de 3 a 4 semanas después del inicio del SIRA, el pulmón se encuentra completamente remodelado por tejido colagenoso y celular denso.<sup>2</sup>

El SIRA, con base en los resultados del PaFi (uno de los índices de oxigenación gasométricos más empleados y que hace referencia a la relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno [PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>]), se estadifica de la siguiente manera de acuerdo con la definición de Berlín:<sup>3</sup>

1. Leve: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 200 a 300 mmHg con PEEP o CPAP  $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ .
2. Moderado: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 100 a  $\leq 200 \text{ mmHg}$  con PEEP  $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ .
3. Grave: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>  $\leq 100 \text{ mmHg}$  con PEEP  $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ .

Varios estudios han demostrado cómo la ventilación mecánica puede inducir o agravar el daño pulmonar del paciente (*ventilator-induced lung injury*).<sup>3,4</sup> Dentro del daño inducido por el ventilador, uno de los mecanismos más importantes es el llamado «atelectrauma», en donde se produce de forma repetitiva el colapso y la reapertura de alveolos, principalmente en áreas donde la función del surfactante pulmonar está alterada, algo que es muy frecuente en pacientes con SIRA.<sup>4,5</sup> Para evitar el desarrollo de atelectrauma, el uso de PEEP ha sido propuesto por varios autores.<sup>4,5</sup> Además, su aplicación tiene otros efectos beneficiosos en la ventilación de pacientes con SIRA, produciendo mejoría en el intercambio gaseoso y en la función pulmonar mediante el incremento de la capacidad residual funcional, la inducción del reclutamiento alveolar, la redistribución del agua pulmonar extravascular, y todo ello, contribuiría a mejorar la relación ventilación-perfusión. Sin embargo, el uso de PEEP también tiene efectos adversos potenciales como la sobredistensión pulmonar.<sup>6</sup>

En pacientes con SIRA está ampliamente aceptado el uso de una ventilación mecánica con una estrategia protectora para el pulmón, mediante la aplicación de volúmenes corrientes bajos de 4-6 mL/kg de peso ideal,

y la limitación de la presión meseta por debajo de 30 cmH<sub>2</sub>O.<sup>7</sup> Este manejo está fundamentado en un estudio amplio de pacientes con SIRA, en donde la mortalidad empeoró cuando se utilizaron volúmenes corrientes altos de 12 mL/kg de peso ideal. En este estudio,<sup>8</sup> el nivel de PEEP aplicado se determinaba en función de la FiO<sub>2</sub> aplicada según una tabla prefijada, la cual no está avalada por estudios científicos, sino que fue desarrollada por los autores del estudio. Dicha tabla ni siquiera se deriva de estudios observacionales de la práctica clínica habitual, ya que, cuando nos remitimos a éstos, encontramos que los niveles de PEEP prefijados en la tabla son mayores que los aplicados en la práctica clínica habitual, tanto en general como en función de la FiO<sub>2</sub> que aplica al paciente.<sup>9,10</sup>

Actualmente, Gattinoni y colaboradores<sup>8</sup> demostraron que el porcentaje de pulmón reclutable medido por tomografía axial computarizada (TAC) a un mismo nivel de presión variaba entre un 5-60% en los distintos pacientes, con un 20% de pacientes en los que el reclutamiento no se lograba o era menor de un 5%. La medición de la cantidad de tejido pulmonar aireado mediante TAC está considerada como el estándar de oro para detectar reclutamiento alveolar. Los estudios basados en determinar el nivel de PEEP basado en mediciones mediante TAC de la cantidad de tejido pulmonar aireado a distintos niveles de PEEP han demostrado una mejoría en la oxigenación, así como una mayor mortalidad en aquellos pacientes con mayor proporción de pulmón reclutable.<sup>11</sup> No obstante, este método de determinar el nivel de PEEP no es fácilmente realizable dentro de la práctica habitual diaria de cualquier unidad por múltiples factores (disponibilidad del servicio de radio-diagnóstico, a la elevada radiación aplicada a los pacientes, el consumo de tiempo, recursos y, sobre todo, por el riesgo de aparición de complicaciones durante el traslado).<sup>12,13</sup>

Con base en eso, realizamos una tabla de PEEP/FiO<sub>2</sub>, de acuerdo con la PaFi obtenida, la evolución clínica y los datos radiográficos de los pacientes, frente a la aplicación de PEEP en función de la FiO<sub>2</sub> según la tabla del estudio ARDSNetwork (Red del síndrome de dificultad respiratoria aguda o SIRA).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se incluyeron los pacientes hospitalizados de cuatro sedes con cuadro clínico de dificultad respiratoria compatible con SIRA severo que requirieron intubación; dada la pandemia, un nuevo virus sin un tratamiento específico, alta morbilidad, tasa de mortalidad, una tabla previa de PEEP no concordante entre parámetros y con base en los resultados, se establecieron los criterios indicados en la *Tabla 1*.

**Tabla 1: Propuesta de PaFi/PEEP para seguimiento y extubación de pacientes en síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.**

PaFi	PEEP
< 150	12
> 150-200	10
> 200-220	9
> 220-230	8
> 230-240	7
> 240-250	6
> 250	5

PaFi < 150 = pronar.

PaFi > 200 por más de 24 horas: despronar.

No usar PEEP > 12.

PaFi = PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (índice de presión parcial de oxígeno arterial / fracción de oxígeno inspirado). PEEP = presión positiva al final de la inspiración (*Positive End-Expiratory Pressure*).

1. El FiO<sub>2</sub> se modificó con base en la PaFi y para alcanzar una saturación de oxígeno (SatO<sub>2</sub>) periférica > 88%.
2. Se siguió una estrategia protectora pulmonar mediante la aplicación de volúmenes corrientes entre 4-6 mL/kg de peso ideal con limitación de la presión meseta a 30 cm/H<sub>2</sub>O.
3. El uso de posición prono prolongado una vez que se encontraba SIRA severo con base en los criterios de Berlín y hasta obtener PaFi > 200 por más de 24 horas.
4. Uso de esteroide tipo dexametasona de 8 mg IV cada 24 horas por siete días.
5. Uso de bloqueador neuromuscular sólo en casos de difícil sedación.
6. Consideramos no usar PEEP altos > 12, dadas las fases del SIRA, dar un pH, hipoxemia e hipercapnia permisible, buscando regeneración y cicatrización pulmonar, en lo fisiológico posible, evitando más sobredistensión y otros tipos de lesión pulmonar.
7. Consideramos que el PEEP debe ser en promedio de 8-10 hasta la resolución del SIRA.

## RESULTADOS

Dada la pandemia, a pesar de las limitaciones, el fácil contagio y la alta tasa de mortalidad, se desconoce el número exacto de atención a pacientes con diagnóstico de COVID-19; sin embargo, fueron pacientes que a pesar de

tratamientos sintomáticos –como paracetamol, esteroides, oxígeno suplementario, antibióticos (cefalosporinas, quinolonas, macrólidos), anticoagulantes, inmunosupresores, nebulizaciones con salbutamol y budesonida– presentaron una evolución tórpida, con deterioro progresivo y eventual necesidad de ventilación mecánica. En estos casos, se implementaron estrategias como la posición en prono, el uso de bloqueadores neuromusculares, esteroides intravenosos y la aplicación de una nueva tabla de PEEP. Con esta intervención, se logró retirar del ventilador a 54 pacientes, de los cuales 32 fueron extubados; en el resto se requirió la realización de traqueostomía. Esta experiencia, recopilada en cuatro hospitales donde se aplicó y dio seguimiento a la tabla mencionada, plantea la necesidad de estudios adicionales, especialmente en contextos con recursos limitados.

## DISCUSIÓN

En esta última pandemia con afección pulmonar, la única escala para seguimiento de PEEP/FiO<sub>2</sub> era la ya propuesta por ARDSnetwork, la cual no siempre coincide la relación entre ambos parámetros, de acuerdo con la PaFi que se obtiene, por lo que, con base en el resultado de esta última, fue que se desarrolló una nueva tabla.

Es común que los pacientes con SIRA severo desarrollen un sinnúmero de complicaciones: infecciones nosocomiales, sepsis, debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos, entre otras; además, el uso de PEEP también tiene efectos adversos potenciales como son la sobredistensión pulmonar y la depresión circulatoria con caída en el gasto cardíaco.<sup>7</sup>

El SIRA es una enfermedad pulmonar aguda, inflamatoria y difusa, que condiciona incremento de la permeabilidad vascular, con el consecuente paso de líquido y su acumulación en los alveolos, lo que causa hipoxemia, puede ser de dos tipos intra o extrapulmonar, que, dependiendo de los síntomas clínicos y la respuesta al tratamiento inicial, puede requerir asistencia mecánica ventilatoria.<sup>2</sup>

## CONCLUSIÓN

Ante limitaciones de algunos hospitales por falta de insu- mos en general, condición clínica del paciente, riesgos en su traslado para continuidad de estudios, se propone la tabla descrita, ya que nos resultó útil en la pandemia, en cuanto a progresión y extubación de pacientes.

## REFERENCIAS

- Ware LB, Matthay MA. The acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2000; 342 (18): 1334-1349.
- Díaz de León PM, Mújica HMF, Olvera CA, González DJI, Montealegre RPA, Moreno SAA et al. Síndrome de insuficiencia respiratoria agudo (SIRA). Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int. 2004; 18 (1): 24-33.
- ARDS Definition Task Force; Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition. JAMA. 2012; 307 (23): 2526-2533. doi: 10.1001/jama.2012.5669.
- Lionetti V, Recchia FA, Ranieri VM. Overview of ventilator-induced lung injury mechanisms. Curr Opin Crit Care. 2005; 11 (1): 82-86.
- Tremblay LN, Slutsky AS. Ventilator-induced lung injury: from the bench to the bedside. Intensive Care Med. 2006; 32 (1): 24-33.
- Muscendere JG, Mullen JB, Gan K, Slutsky AS. Tidal ventilation at low airway pressures can augment lung injury. Am J Respir Crit Care Med. 1994; 149 (5): 1327-1334.
- Villar J. The use of positive end-expiratory pressure in the management of the acute respiratory distress syndrome. Minerva Anestesiol. 2005; 71 (6): 265-272.
- Gattinoni L, Carlesso E, Brazzi L, Caironi P. Positive end-expiratory pressure. Curr Opin Crit Care. 2010; 16 (1): 39-44.
- Acute Respiratory Distress Syndrome Network; Brower RG, Matthay MA, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2000; 342 (18): 1301-1308.
- Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart TE et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. JAMA. 2002; 287 (3): 345-355.
- Ferguson ND, Frutos-Vivar F, Esteban A, Anzueto A, Alía I, Brower RG et al. Airway pressures, tidal volumes, and mortality in patients with acute respiratory distress syndrome. Crit Care Med. 2005; 33 (1): 21-30.
- Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2006; 354 (17): 1775-1786.
- Pintado MC, de Pablo R. Aplicación individualizada de la presión positiva al final de la inspiración en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo. Med Intensiva. 2014; 38 (8): 498-501.

**Conflictos de intereses:** el autor declara no tener conflicto de intereses.

**Aspectos éticos:** se obtuvo la información con base en los consentimientos previamente firmados.

**Financiamiento:** el autor de este manuscrito no recibió financiación alguna para la realización del mismo.

### Correspondencia:

José Carlos Campos Canchola

E-mail: mamzanillo78@gmail.com