

Seminario de Apoyo  
Académico 2018-1  
Programa de Terapia  
Respiratoria

**AREANDINA**  
Fundación Universitaria del Área Andina

**COMPILADORES**

Daniel Felipe González R., Emilse Suárez, William Benavidez,  
Yesenia Díaz, Luz Fanny Guerrero, Martha Ofelia Ospina, Sonia Roncancio

# Seminario de apoyo académico 2018-1. Programa de Terapia Respiratoria

© Fundación Universitaria del Área Andina.  
Bogotá, 2019  
© Daniel Felipe González R., Emilse Suárez,  
William Benavidez, Yesenia Díaz,  
Luz Fanny Guerrero, Martha Ofelia Ospina,  
Sonia Roncancio

## **Fundación Universitaria del Área Andina**

Calle 71 No. 13-21, Bogotá, Colombia

Correo electrónico:

publicaciones@areandina.edu.co

## **Proceso editorial**

### **Coordinación editorial:**

Camilo Andrés Cuéllar Mejía

### **Corrección de estilo y diagramación:**

Proceditor Ltda.

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra y su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de la Fundación Universitaria del Área Andina y sus autores.



Seminario de Apoyo Académico 2018-1  
Programa de Terapia Respiratoria

---

Daniel Felipe González R.  
Emilse Suárez  
William Benavidez  
Yesenia Díaz  
Luz Fanny Guerrero  
Martha Ofelia Ospina  
Sonia Roncancio



Las memorias son un tipo de publicación que deriva de eventos académicos y científicos. Pueden abarcar varios temas dentro de un área del conocimiento. Son obras colectivas que cuentan con la participación de varios autores, y de carácter interinstitucional.

# Contenido

7 

Introducción

11 

Gases arteriales Equilibrio ácido-base, ventilación, oxigenación

DANIEL FELIPE GONZÁLEZ REYES

23 

Radiología (Lectura básica de radiología)

MD. WILLIAM FERNANDO BENAVIDEZ

47 

Técnicas de higiene bronquial (Técnicas en paciente adulto)

TR. EMILCE SUÁREZ RODRÍGUEZ

59 

Fisiología cardiaca (anatomía, ciclo cardiaco, presiones y circulación mayor y menor)

FT. YESSENIA DÍAZ

67 

Función pulmonar (espirometría, volúmenes y difusión)

TR. LUZ FANNY GUERRERO SALGADO

79 

Ventilación mecánica (curvas y bucles)

TR. SONIA YANIRA RONCANCIO POVEDA



## Introducción

**E**l Programa de Terapia Respiratoria, en compañía del comité académico e interdisciplinar de nuestros docentes, quienes cuentan con amplia experticia en temas del cuidado cardiorrespiratorio, construyeron los Seminarios de Apoyo Académico para el periodo 2018-1, en nueve módulos o ejes temáticos que corresponden, en su orden, al componente académico.

El estudiante en formación, en de su rol como profesional en el área de la terapia respiratoria, requiere continuamente adquirir conocimientos que le permiten desarrollar competencias para lograr un adecuado análisis de la condición fisiopatológica . Como parte Esto es fundamental del diagnóstico que le permite a nuestro estudiante tener una adecuada y oportuna atención terapéutica y que le facilite la toma de decisiones en su diario proceder.

En este documento se recoge la evidencia del desarrollo de los Seminarios de Apoyo Académico realizados por el Programa de Terapia Respiratoria en el periodo 2018-1. Al revisar estadísticamente la participación de los estudiantes a los seminarios se observa que el programa cuenta con 305 estudiantes, de los cuales asistieron a los seminarios de apoyo 153 , que equivalen al 50% del total de estudiantes del programa.



Tr. Daniel Felipe González Reyes

**T**erapeuta respiratorio egresado de la Universidad Manuela Bertrán. Actualmente soy estudiante de Maestría de Fisiología en la Universidad Nacional de Colombia, profesor de práctica de complejidad intermedia de la Fundación Universitaria del Área Andina y terapeuta respiratorio clínico de la Unidad de Cuidados Intensivos.

Mi experiencia profesional se divide en la Unidad de Cuidados Intensivos en las clínicas U+móvil IPS y La Colina, superior a tres años; y como parte del grupo de investigación de la Universidad Manuela Bertrán con producción académica publicada en revistas nacionales. He sido ponente en Curso Taller Sorba con el tema de tomografía de impedancia eléctrica.



# Gases arteriales

## Equilibrio ácido-base, ventilación, oxigenación

Daniel Felipe González Reyes

**Docente de Práctica Clínica, Fundación Universitaria del Área Andina.**

**Correo: [dgonzalez127@areandina.edu.co](mailto:dgonzalez127@areandina.edu.co)**

Los pacientes hospitalizados presentan varias patologías que comprometen la función normal de los órganos y los sistemas corporales, lo que refleja desórdenes en la gasometría arterial. Por esto, el terapeuta respiratorio debe realizar un análisis diario y sistemático de la gasometría arterial para fundamentar la toma de decisiones terapéuticas. Dichos procesos de interpretación de las variables de oxigenación, ventilación, transporte y consumo de oxígeno que nos aportan los gases sanguíneos no son sencillos y deben ser resultados de la correlación entre la exploración física, la condición patológica clínica y el enfoque escalonado de cada uno de sus valores fuera de la normalidad.

### Objetivos del seminario

- Fortalecer los conceptos del manejo y análisis de gases arteriales como paraclínico aplicado a los desarrollos de la clínica del paciente, con el fin de intervenir el área cardiopulmonar.
- Promover un espacio de socialización en el que se consoliden los métodos interpretativos de los gases arteriales.
- Crear competencias asertivas, críticas y actualizadas en la identificación de los métodos de obtención de una muestra de gases sanguíneos, así como las variables que influyen en el análisis, y que repercuten en su interpretación.

### Ponencias temáticas

La interpretación y el análisis de los gases sanguíneos son considerados una de las pruebas de mayor afinidad para determinar el estado de disfunción o funcionamiento de la actividad cardiopulmonar, puesto que es una medida de diagnóstico general, que resalta su utilidad y aplicabilidad en el contexto del paciente en estado crítico [1].

Su importancia radica en que es uno de los exámenes que guía de manera asertiva la intervención en pacientes con deficiencias en los procesos de oxigenación, ventilación, perfusión y equilibrio ácido base, ya que su interpretación da cuenta del estado de estos procesos indispensables para el transporte de oxígeno [2].

Al ser un elemento básico para el examen y para la intervención de los usuarios, es de vital importancia identificar su utilidad y la representatividad de sus resultados, así como todo aquello que influye o condicione la variación en el análisis y la interpretación.

De acuerdo con esto y teniendo en cuenta las postulaciones y la actualización permanente en dicho análisis derivado de la literatura, que sustenta los avances tecnológicos en el área de la atención en pacientes con dicha deficiencia, en los diferentes estados del (atención primaria, promoción y prevención) [3].

## Desarrollo de la ponencia temática

El equilibrio ácido-base hace referencia a unos valores normales en la concentración de hidrogeniones del líquido extracelular, dependiendo esta de los mecanismos compensadores, que se encuentran relacionados con el sistema respiratorio, para la eliminación o retención de  $\text{CO}_2$  por medio de la ventilación y el sistema renal, el  $\text{HCO}_3^-$  [1].

También es importante tener en cuenta las alteraciones del equilibrio ácido-base, que generalmente son secundarias a una patología preexistente, dentro de estas se encuentra la acidosis, que es el aumento de la concentración de hidrogeniones, que implican la disminución del pH y la alcalosis, que es la disminución de la concentración de hidrogeniones, lo cual implica un aumento del pH en los líquidos orgánicos. Además, existen cuatro alteraciones primarias, dentro de estas se pueden encontrar: acidosis respiratoria, alcalosis respiratoria, acidosis metabólica y alcalosis metabólica [2] [3].

A continuación, se describe cada una de las alteraciones primarias: [4]

- La acidosis respiratoria implica el aumento de la  $\text{PaCO}_2$  y la disminución del pH, esta es compensada cuando aumenta la concentración de  $\text{HCO}_3^-$ .
- La alcalosis respiratoria implica la disminución de la  $\text{PaCO}_2$  y aumento del pH.
- La acidosis metabólica implica la disminución del  $\text{HCO}_3^-$  y del pH.

- La alcalosis metabólica implica el aumento del  $\text{HCO}_3^-$  plasmático, al igual que del pH y la  $\text{PaCO}_2$ .

Por lo tanto, los ácidos son moléculas que pueden ceder o liberar iones hidrógeno; como los ácidos son un producto final del metabolismo deben ser excretados o amortiguados con el fin de alcanzar un pH normal. Por el contrario, las bases son sustancias que pueden aceptar un  $\text{H}^+$  y unirlo al hidrógeno [5].

Asimismo, el pH es el potencial de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ), que se encuentra inversamente relacionado con la concentración de hidrogeniones, la cual es muy importante en el equilibrio ácido-base, su valor normal es de 40 nEq/l para mantener un pH en 7,4. Para esto se debe tener en cuenta la siguiente ecuación;  $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = \log_{10} (1/[\text{H}^+])$  [2] [3].

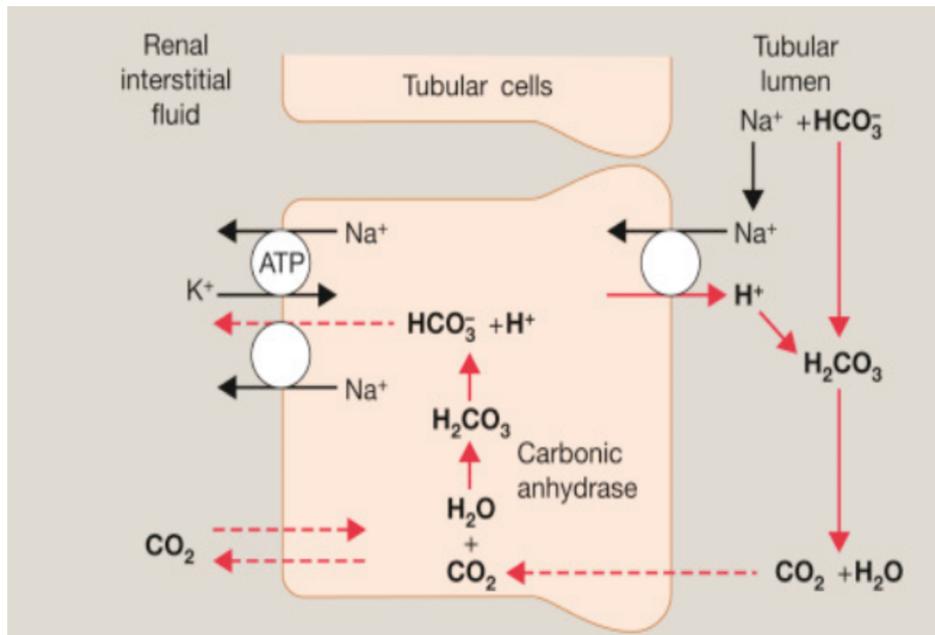
Adicional al pH, otros componentes que deben ser analizados en los gases arteriales son: la presión arterial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ), con el fin de revisar el componente respiratorio y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) como componente metabólico, además de observar la presión arterial de oxígeno ( $\text{PaO}_2$ ), la base exceso (BE), el lactato y la hemoglobina (Hb) [5].

Con relación a los parámetros de los gases arteriales se deben tener en cuenta: [6] [5].

- $\text{PaCO}_2$  : se puede observar el componente respiratorio, en caso de aumentarse se presenta una hipercapnia (hipoventilación) y, en caso de disminuirse, una hipocapnia (hiperventilación).
- La  $\text{PaO}_2$  : si está aumentada, puede indicar una hiperoxemia, y en caso de estar disminuida, una hipoxemia.
- El  $\text{HCO}_3^-$  es el componente metabólico que en caso de estar disminuido indica acidosis metabólica y, en caso de estar aumentado, una alcalosis metabólica.
- La base exceso valora la magnitud de la anormalidad metabólica.
- El lactato indica la hipo perfusión tisular.
- La hemoglobina indica la cantidad de Hb presente en la sangre para transportar el oxígeno.

FIGURA 1.

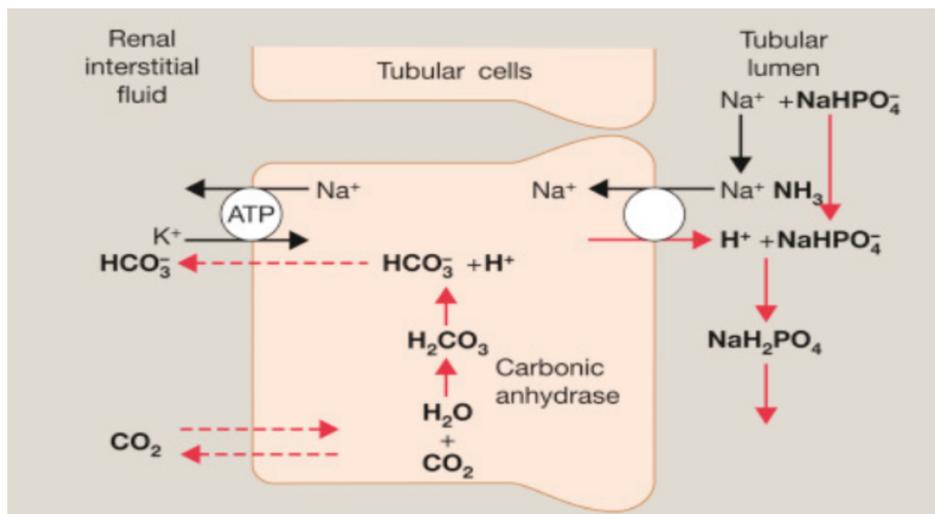
Reabsorción o excreción del bicarbonato filtrado en el túbulo proximal



Fuente: Fisiología renal, equilibrio ácido-base [4].

FIGURA 2.

Excreción de acidez titulable



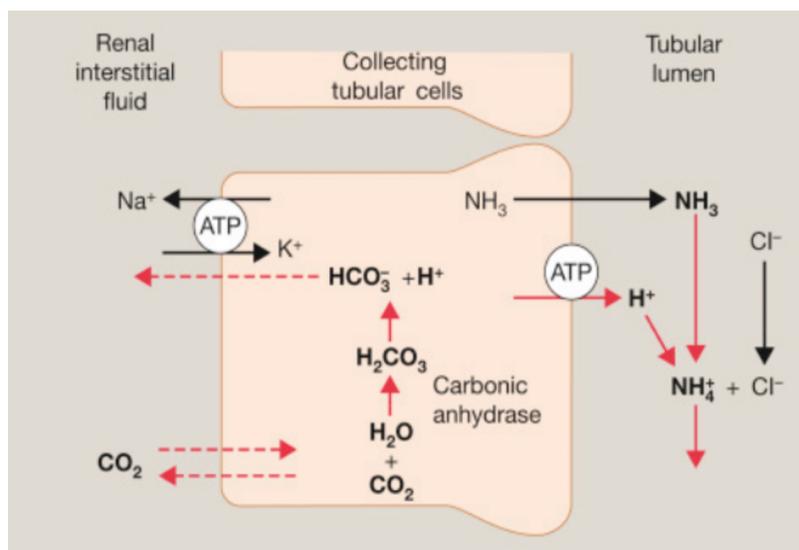
Fuente: Fisiología renal, equilibrio ácido-base [4].

Además de esto el organismo produce una gran cantidad de ácidos, por lo que debe haber un equilibrio ácido-base y para esto se tienen en cuenta los amortiguadores plasmáticos, respiratorios y renales.

Respecto a los amortiguadores plasmáticos, el 50% lo hace el bicarbonato, en el que los hidrogeniones, al aumentarse, se unen a él, esto implica el aumento de hidrogeniones captados por el amortiguador y, por ende, se produce una disminución de la concentración de hidrogeniones. En caso de presentarse una alteración, el  $\text{HCO}_3^-$  disminuye cuando hay un exceso en la excreción de ácidos no volátiles, lo cual aumenta la concentración de hidrogeniones, lo que produce una acidosis metabólica; por el contrario, cuando se produce más  $\text{HCO}_3^-$  de lo que se excreta entonces se aumentan sus valores y la  $[\text{H}^+]$  disminuye y produce una alcalosis metabólica [7].

Por lo que se refiere a los amortiguadores pulmonares, estos actúan en pocos minutos y la disminución del pH estimula en el tallo cerebral los quimiorreceptores e incrementa la ventilación y excreción de  $\text{CO}_2$ . Por el contrario, los amortiguadores renales se demoran más tiempo en actuar, dado que estos, por medio de tres mecanismos: reabsorción o excreción del bicarbonato filtrado, excreción de acidez titulable y excreción de amoníaco, deben excretar aniones de los ácidos no volátiles y reabsorber el bicarbonato [8] [7].

FIGURA 3.  
Excreción del amoníaco



**FIGURA 4.**  
Valores normales en Bogotá

<b>pH</b>	<b>7,43 ± 0,02 [7,39 – 7,47]</b>			<b>Hombres</b>
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	33,5 ± 2,6 [28,3 – 38,7]			
<b>HCO<sub>3</sub></b>	21,9 ± 1,4 [19,1 – 24,7]			
<b>PaO<sub>2</sub></b>	67,3 ± 4,3	66,2 ± 4,9	63,3 ± 4,7	
<b>P(A-a)O<sub>2</sub></b>	8,7 ± 4,5	10,2 ± 4,7	12,2 ± 4,8	
<b>SaO<sub>2</sub></b>	93,3 ± 1,3	92,9 ± 1,6	91,7 ± 2,0	
<b>pH</b>	<b>7,43 ± 0,02 [7,39 – 7,47]</b>			<b>Mujeres</b>
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	31,1 ± 2,4 [26,3 – 35,9]	34,6 ± 2,6 [29,4 – 39,8]		
<b>HCO<sub>3</sub></b>	20,6 ± 1,3 [18,0 – 23,2]	22,6 ± 1,5 [19,6 – 25,6]		
<b>PaO<sub>2</sub></b>	68,5 ± 4,7	64,6 ± 4,8	60,1 ± 5,5	
<b>D(A-a)O<sub>2</sub></b>	9,9 ± 4,6	12,1 ± 4,5	15,2 ± 4,8	
<b>SaO<sub>2</sub></b>	93,7 ± 1,5	92 ± 1,8	90,1 ± 2,9	
<b>Edad, años</b>	18 - 39	40 - 59	≥ 60	

Fuente: Interpretación de los gases arteriales en Bogotá (2640 m s. n. m.) basada en el nomograma de Siggaard-Andersen. Una propuesta para facilitar y unificar la lectura [10].

Con respecto a los mecanismos de los amortiguadores renales, en el primero que es la reabsorción o excreción del bicarbonato filtrado se reabsorbe entre el 85% y 90% en el túbulo proximal y a través de las nefronas la secreción de H<sup>+</sup> ayuda a reabsorber el bicarbonato filtrado, esto conlleva a disminuir el pH en la orina, titular los amortiguadores urinarios y causar la excreción de amonio [9].

Con relación al segundo mecanismo de los amortiguadores renales, la excreción de acidez titulable está relacionada con el fosfato que es filtrado en el glomérulo y que pasa por el lumen tubular en altas concentraciones. Este puede absorber con mayor facilidad los hidrogeniones que son secretados en la luz, de esta forma amortigua el efecto y permite la secreción activa [9].

Por último, el tercer mecanismo de los amortiguadores renales está relacionado con la excreción del amoniaco, esto ocurre en el túbulo proximal en el que hay una descomposición de la glutamina en dos moléculas de NH<sub>3</sub> y dos iones de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. El amoniaco se combina con hidrogeniones intracelulares con el fin de producir NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y el bicarbonato es transportado al torrente sanguíneo [9].

Finalmente, la medición de los gases arteriales varía dependiendo del lugar donde se encuentre, puesto que la altura de cada ciudad cambia; específicamente Bogotá se encuentra a una altura de 2640 metros sobre el nivel del mar, con una presión atmosférica de 560 mmHg, lo cual implica que para adaptarse a esta altura, se debe presentar la modificación del patrón respiratorio al aumentar la ventilación alveolar y la presión parcial de  $\text{CO}_2$  disminuye [10] [11].

En un estudio realizado por Maldonado y Gonzales en el 2013, se dieron a conocer los valores normales para la gasometría arterial en Bogotá, teniendo en cuenta la diferencia de género [10].

## Glosario

**Hidrógeno:** es un gas incoloro e insípido, con un número atómico de 1 y constituye aproximadamente el 73,9% de toda la materia del universo [16].

**Hipoperfusión:** es la disminución de la presión de perfusión, por una disminución en la entrega de oxígeno y nutrientes a los órganos y tejidos, que puede llevar a una disfunción multiorgánica [19].

**Ion:** es una partícula con carga eléctrica positiva o negativa, que depende de la pérdida o ganancia de electrones [17].

**Intercambio gaseoso:** es el paso de oxígeno desde el alveolo a la sangre capilar y la eliminación del  $\text{CO}_2$  desde esa sangre al alveolo; en los gases arteriales se puede verificar con la diferencia alveolo arterial [15].

**Oxigenación:** capacidad que tiene la hemoglobina para transportar el oxígeno, esta es evaluada en los gases arteriales, con el fin de observar el adecuado funcionamiento de los pulmones [12].

**Perfusión:** mecanismo por medio del cual el oxígeno alimenta un órgano o tejido [14].

**Potencial hidrogenión (PH):** es la expresión logarítmica de la concentración de hidrogeniones, que indica la acidez o alcalinidad en la sangre [12].

**Saturación venosa:** es la relación entre el consumo y aporte de oxígeno al cuerpo, esta representa el producto de oxígeno en la circulación sistémica, después de pasar por los tejidos [18].

Ventilación: proceso mediante el cual se intercambia el gas entre el ambiente y los pulmones, se evalúa a través de la  $\text{PaCO}_2$ , para verificar las alteraciones en el equilibrio ácido-base [13].

## Bibliografía

1. Aristizábal-Salazar RE, Calvo-Torres LF, Valencia-Arango LA, Montoya-Cañón M, Barbosa-Gantiva O, Hincapié-Baena V. Equilibrio ácido-base: el mejor enfoque clínico. Rev Colomb Anesthesiol. 2015 jul.;43(3):219-24.
2. Hall, JE. Guyton E. Tratado de fisiología médica. Elsevier. Brasil; 2017.
3. Rieser TM. Arterial and Venous Blood Gas Analyses. Top Companion Anim Med. 2013 ago.;28(3):86-90.
4. Sánchez J. Equilibrio ácido-base. Puesta al día. Teoría de Henderson-Hasselbalch [Internet]. 2016 [citado 26 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medint-mex/mim-2016/mim166g.pdf>
5. Mohammed HM, Abdelatif DA. Easy blood gas analysis: Implications for nursing. Egypt J Chest Dis Tuberc. 2016 ene.;65(1):369-76.
6. Schnellbacher R, da Cunha A, Olson EE, Mayer J. Arterial Catheterization, Interpretation, and Treatment of Arterial Blood Pressures and Blood Gases in Birds. J Exot Pet Med. 2014 ab.;23(2):129-41.
7. Castell CD, Marrugo CE, Baena SE, Rojas AMM, Gonzalez RF, Ruiz GO, et al. Análisis de los gases sanguíneos. Acta Colomb Cuid Intensivo. 2010;11.
8. Carrillo ADR. Equilibrio ácido base. Conceptos actuales. :9.
9. McTavish AD, Sharma M-P. Renal physiology: acid–base balance. Anaesth Intensive Care Med [Internet]. 5 de abril de 2018 [citado 25 de abril de 2018]; Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1472029918300602>
10. Lasso Apráez, MD. JI. Interpretación de los gases arteriales en Bogotá (2.640 msnm) basada en el nomograma de Siggaard-Andersen. Una propuesta para facilitar y unificar la lectura.

- Rev Colomb Neumol [Internet]. 30 de marzo de 2014 [citado 26 de abril de 2018];26(1). Disponible en: <http://sena.metarevistas.org/index.php/rcneumologia/article/view/56>
11. Hurtado TJC, Salazar T. Gases arteriales en Bogotá. Junio de 2007;Nº10 93-101:9.
  12. Silva EV. Interpretación de gases arteriales y venosos. :18.
  13. Fundamentos de la ventilación mecánica [Internet]. [Citado 27 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.fundamentosventilacionmecanica.com/C2.html>
  14. Solís GR, Díaz JSS, Rodríguez EAM, Méndez RCG, Pacaje JMH, Sánchez MVC. Clasificación clínica de la perfusión tisular en pacientes con choque. *IsaépdtiifceorebnacsiaadvaenenoalratesraitaulrdaceiódníóvxeidnoosdaecceanrtbraoIndoeeonxtírgreenloc(oSnvtceOnzid) oy arteriovenoso de oxígeno ( $\Delta P(v-a)CO_2/C(a-v)O_2$ )II. :7.*
  15. Gual A, Palés J, Obeso A, González C. Regulación de la respiración. *Arch Bronconeumol.* 1991 oct.;27(7):333-4.
  16. Hidrógeno - Diccionario términos - DiccionarioMedico.net [Internet]. [Citado 27 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.diccionariomedico.net/diccionario-terminos/7504-hidr%C3%B3geno>
  17. Andrade. Iones cationes y aniones [Internet]. 2012 [citado 27 de abril de 2018]. Disponible en: <http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/bachillerato/170/IonesCationesyAniones.pdf>
  18. Acta Colombiana de Cuidado Intensivo. Transporte de oxígeno y evaluación de la perfusión tisular [Internet]. 2014 [citado 27 de abril de 2018]. Disponible en: <http://congresoatomico.com/amci/images/documentos/SuplementoMAR2014.pdf>
  19. García Balmaseda A, Miranda Pérez Y, Breijo Puentes A, Ramos Rodríguez E, Álvarez Dubé E. Marcadores de hipoperfusión tisular y su relación con la mortalidad en pacientes con shock séptico. *Rev Cienc Médicas Pinar Río.* 2015 dic.;19(6):0-0.



Md. William Fernando Benavidez

**M**édico cirujano, egresado de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Fisiología Humana en la Universidad Nacional de Colombia, con tesis meritoria cuyo tema de investigación fue el perfil de la masa de hemoglobina en diferentes poblaciones colombianas dentro de la línea de investigación “Adaptaciones del ser humano a la vida en la altura ”; especialista en Entrenamiento Deportivo en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Se desempeñó como médico en servicios de urgencias y en cirugía. Docente en Medicina Deportiva, Fisiología Humana, Función y Terapéutica en la Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Cundinamarca, Universidad Manuela Beltrán, Universidad del Rosario y docente investigador en la Fundación Universitaria del Área Andina.



# Radiología

## (Lectura básica de radiología)

Md. William Fernando Benavidez  
**Docente de cátedra, Fundación Universitaria del Área Andina.**  
**Correo: wbenavides@areandina.edu.co**

El dominio de la interpretación de las imágenes diagnósticas en el área de la salud es un pilar para la aproximación diagnóstica, tratamiento control y seguimiento de la enfermedad o condición de salud de las personas.

El estudiante de Terapia Respiratoria requiere de la experticia en el área. Uno de los estudios básicos con los que se cuenta en la mayoría de centros de salud es la radiología de tórax. Este seminario de apoyo se lleva a cabo para fortalecer las herramientas diagnósticas del profesional en terapia respiratoria que está en continuo contacto con la radiografía de tórax. Se realiza a manera de taller en el que el estudiante participa activamente, partiendo de la construcción de algoritmos en los que se van introduciendo los conceptos básicos que hacen parte del proceso constructivista con aprendizaje significativo.

### Objetivo del seminario

Generar en el estudiante una metodología clara para la interpretación de imágenes diagnósticas en la radiografía de tórax, tanto en condiciones de normalidad como en la enfermedad.

### Ponencias temáticas

1. Fundamentos físicos de la radiología de tórax.
2. Anatomía radiológica.
3. Puntos de reparo en radiología de tórax.
4. Planos.
5. Concepto de densidad radiológica: radiolucidez-radiopacidad.
6. Secuencia de la lectura.

7. Ventanas de tejidos blandos, ósea, abdominal.
8. Transparencia pulmonar.
9. Silueta cardiomediastínica.

## Desarrollo de la ponencia temática

Desde el descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Röntgen hasta la fecha, han sido objeto de estudio y su manejo ha conducido a la generación de imágenes por diversas técnicas.

### Tórax normal

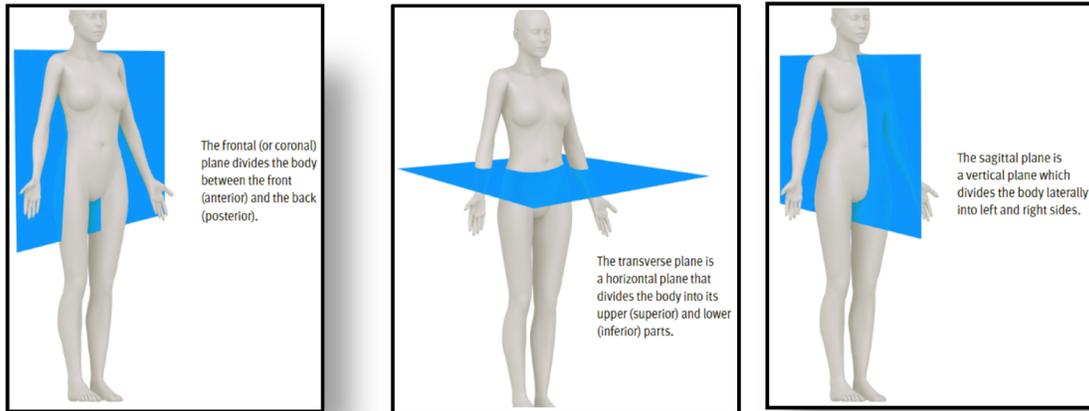
Para que en una radiografía los límites de una estructura puedan visualizarse bien es necesario que las estructuras que lo rodean tengan densidades diferentes, eso permite que la silueta cardiovascular se vea mejor, al estar rodeada de tejido pulmonar. La primera tiene densidad de tejidos blandos y el segundo de aire, es decir, hay una interface de densidades.

Signo de silueta: dos estructuras de la misma densidad entran en contacto y eliminan su contorno, dos cuadrados de la misma densidad aparecen en una radiografía como un rectángulo al borrar sus límites de contacto, por esta razón, se ve una silueta cardiovascular y no discriminamos la pared de las cámaras cardíacas porque están en contacto con la sangre, y como sabemos que el agua y los tejidos blandos tienen la misma densidad, entonces se borran los contornos de vecindad. Este signo es útil para la localización radiográfica de ciertas lesiones pulmonares que por su densidad pueden borrar contornos de la silueta cardiovascular, p. ej. una neumonía del lóbulo medio puede borrar el contorno de la aurícula derecha.

El estímulo radiológico debe cumplir ciertos criterios para considerar adecuado un examen, este debe contener:

1. Par radiológico.
2. Centrado.
3. Suficiente exposición (penetración del rayo).
4. Inspirado.

FIGURA 1.



### *Par radiológico*

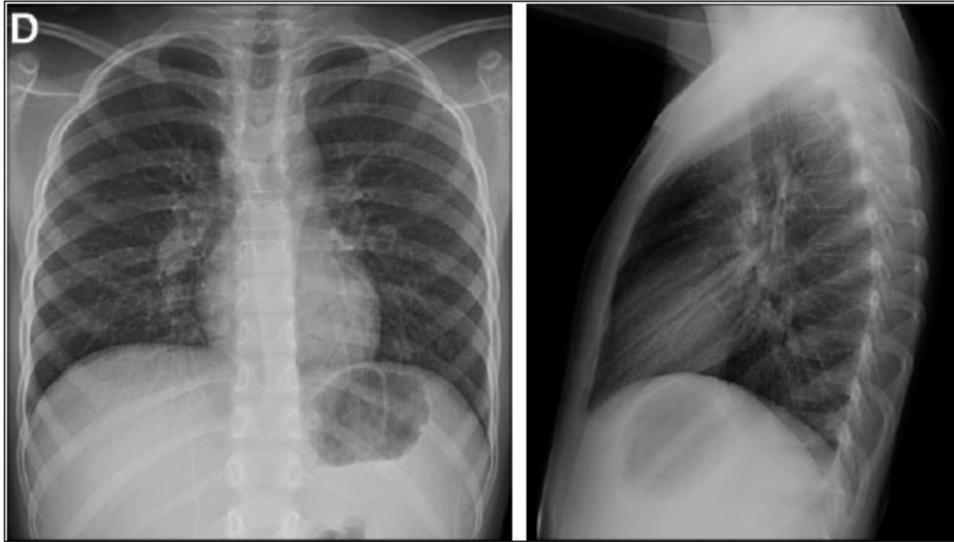
El tórax es una estructura tridimensional, mientras que la radiografía es una imagen plasmada en dos planos, con lo que idealmente debemos contar con dos puntos de vista. Se prefieren las proyecciones posteroanterior (PA) y lateral izquierda (LI), dado que el corazón, siendo una estructura más anterior que posterior y más izquierda que derecha, al estar cerca de la película sufre menos magnificación y se produce una imagen más real. Un objeto cercano a la película presenta menos divergencia del haz de rayos que un objeto que aleja la película.

La radiografía PA quiere decir que el rayo entra por la espalda y sale por delante del paciente. La parte anterior del tórax entra en contacto con el chasis que contiene una placa. En la LI, el hemitórax izquierdo está en el contacto con el chasis y el haz del rayo entra por el hemitórax derecho. Para tomar la proyección el paciente debe estar de pie y la distancia debe estar en 1,80 m (distancia para que la imagen sea del mismo tamaño que el paciente). Cuando el paciente está en mal estado se toma la radiografía en decúbito y en posición anteroposterior en la mesa de rayos X o en el lecho de enfermo. En estas condiciones, la silueta cardiaca se magnifica al quedar el corazón más lejos de la película y el foco más cerca de este.

### *Centrado*

Se considera que una radiografía está bien centrada cuando se observa la columna de aire de la tráquea en posición central. Además, cuando los bordes internos de las clavículas se encuentran equidistantes de la línea media por las apófisis espinosas.

FIGURA 2.



### *Exposición*

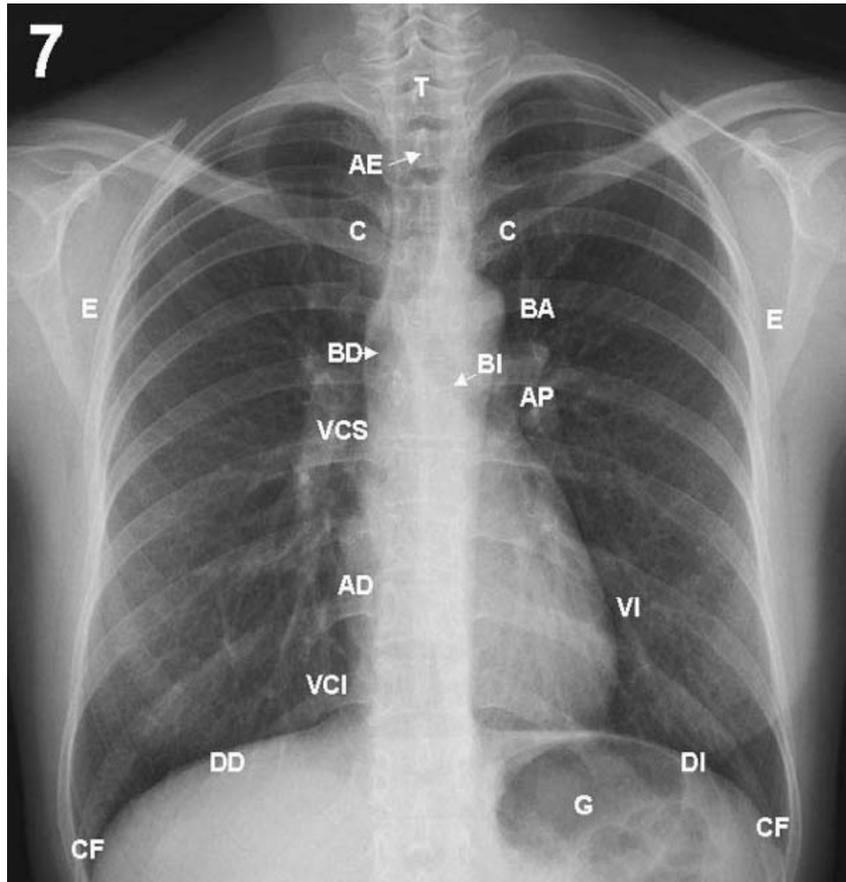
Se refiere al kilovoltaje con el que se toma la radiografía. Cuando es adecuado se pueden visualizar los cuerpos vertebrales posteriores en imágenes superpuestas a la silueta cardiovascular. Si existe exceso del kilovoltaje, la placa se ve negra. Si es insuficiente, se ve muy blanca. En ambos casos, los bordes de las estructuras son borrosos (poco definidos).

Se considera adecuado el kilovoltaje cuando se pueden contar entre cinco y ocho cuerpos vertebrales posteriores.

### *Inspirado*

Cuando una radiografía está espirada los vasos pulmonares quedan muy unidos, lo que da la falsa apariencia de infiltrados y no permite la adecuada valoración del parénquima o de masas cuando existen, se considera un tórax bien inspirado en la proyección cuando se cuentan diez espacios intercostales posteriores o seis espacios intercostales anteriores (se cuentan en la región lateral). Es importante tener en cuenta que la primera y segunda costilla se superponen en la radiografía de manera que el primer espacio intercostal que se ve es realmente el segundo. La proyección lateral bien inspirada es aquella en la que se puede ver la parte de abajo para tomarla como referencia en el ángulo de Louis; al trazar una línea perpendicular a esta se llega generalmente al cuerpo del espacio intervertebral.

FIGURA 3.



### *Estructuras anatómicas normales*

Cuando se estudia el tórax se consideran cuatro puntos de valoración, a partir de esos cuatro puntos se trata de establecer unos parámetros que se observan rutinariamente. Estos son caja torácica, transparencia pulmonar, patrón de vascularización, silueta cardiomediastínica.

### *Caja torácica*

Se deben evaluar las partes blandas y las estructuras óseas.

Partes blandas: es importante tener cuenta la sombra por el cuello, músculo esternocleidomastoideo y el músculo pectoral mayor, sombra acompañante de la clavícula y que en las mujeres es producida por los senos.

Partes óseas: se identifica el húmero, las escápulas, el esternón, las clavículas, los cuerpos vertebrales y arcos costales con sus porciones posterior, media y anterior. En las escápulas se debe identificar la espina del ángulo inferior, el borde medial, el borde lateral y el acromion. Deben quedar fuera de los campos pulmonares para que el borde medio no proyecte sombras que pueden generar confusión con neumotórax. En la lateral se proyectan como dos sombras lineales sobre los vértices, no siempre quedan alineadas y el espacio que dejan entre sí puede confundirse con la tráquea para un observador no entrenado. Las clavículas se articulan medialmente con el esternón y lateralmente con el acromion. En los arcos costales, el arco posterior se ve en toda su extensión y su extremo medial se articula con la apófisis transversal de cuerpos vertebrales. El arco anterior no se ve totalmente por la presencia del cartílago costal, el cartílago no se ve a menos que esté calcificado. Su calcificación es extensa, se proyectan sobre los campos pulmonares y deben ser reconocidos para confundirlos con infiltrados, los arcos costales anteriores se dirigen hacia abajo, se clasifican en punta en las mujeres y cóncavo en los hombres. El esternón tiene un manubrio y un cuerpo con una apéndice o apófisis xifoide, el manubrio o parte se proyecta sobre el mediastino y se reconoce por su forma hexagonal y por su unión con la clavícula. En la lateral generalmente se ve y es importante identificar la unión del manubrio con el cuerpo (ángulo de Louis, que se ubica frente al segundo espacio intercostal). En la columna, en la proyección PA deben verse los cuerpos vertebrales, los pedículos, las láminas, las apófisis transversas y las espinosas de las primeras vértebras torácicas; en la proyección lateral las vértebras inferiores son más radiolúcidas que las superiores debido a que arriba hay superposición de las escápulas y masas musculares.

### *Transparencia pulmonar*

En la transparencia pulmonar debemos considerar cuatro aspectos:

1. Simetría en la transparencia pulmonar.
2. Puntos críticos de la transparencia en la PA.
3. Puntos críticos de la transparencia en la lateral.
4. Límites de la transparencia pulmonar.

Las vías aéreas solamente se ven centralmente y no en la periferia. Es decir, se puede ver la tráquea y los bronquios, pero no los bronquios segmentarios y mucho menos los

bronquios terminales, debido a que se encuentran rodeados de alveolos y más bronquiolos evitando interfaces de densidades, por eso el aire que rodea nos da una imagen negra.

En el PA la tráquea se ve como una columna de aire en línea media o ligeramente desviada hacia la derecha con la escotadura del arco aórtico en la pared lateral izquierda, se pueden seguir hasta la Carina y el origen de los bronquios fuertes. En la lateral la tráquea se observa como una columna de aire con pared anterior y posterior terminando en dos estructuras radiolúcidas circulares, una anteroposterior y otra inferioposterior que corresponden a los bronquios de los lóbulos superiores derecho e izquierdo.

### *Simetría de la transparencia pulmonar*

En los campos pulmonares se ve una estructura lineal blanca o radiopacas que son los vasos y un fondo negro que es el conjunto de todos los alveolos y bronquios pequeños, un hemitórax debe tener la misma densidad del otro hemitórax. Para examinarlo de manera fácil se tapa la radiografía con una hoja y se va descubriendo de los vértices hacia las bases comprando los dos campos pulmonares, esto da una idea más clara de la simetría de la transparencia pulmonar.

### *Puntos críticos de la transparencia pulmonar PA*

Se tienen en cuenta ciertos puntos en los que la patología puede pasar desapercibida y debe ser examinado rutinariamente. Esto es, los vértices, pulmones, los procesos cardiofrénicos y costofrénicos.

### *Puntos críticos de la lateral*

Los puntos de mayor atención: el espacio retroesternal, el vértice pulmonar y el espacio retrocardíaco. En la proyección lateral se considera que puede existir una porción superior con interposición de mayor tejido muscular y escápulas, siempre los cuerpos vertebrales van a ser más blancos que los inferiores porque ahí solamente se interponen las costillas y los músculos intercostales. Este punto también es importante cuando se observa el espacio retrocardíaco, si la proyección es blanca se asume que existe una patología torácica en la pleura, en parénquima pulmonar o en los mismos cuerpos vertebrales.

El receso costo frénico posterior es más bajo que el anterior y por eso se verán más fácilmente los derrames pleurales; el espacio retroesternal debe ser negro y hay que valorarlo cuidadosamente ya que puede estar ocupado por masas mediastinales.

### *Límites de la transparencia pulmonar*

Los límites más importantes en la transparencia pulmonar son los hemidiafragmas. En la PA el diafragma derecho es más alto que el izquierdo de 1-3 cm aproximadamente, en la mayoría de los pacientes (por la presencia del hígado). En la lateral el hemidiafragma izquierdo es más alto que el derecho debido a que está más cerca de la película, y por esa razón el receso costofrénico posterior izquierdo es más alto y más anterior que el derecho.

### *El diafragma*

Tiene forma de arco y su parte más alta se conoce como cúpula diafragmática; cuando el paciente está atrapando aire el arco se aplana de modo que si le trazamos una flecha al arco esta no mide más de 1,5 cm.

### *Patrón de vascularización*

En el campo pulmonar debe haber aire y vasos, esos vasos son arterias y venas pulmonares, la diferencia entre vena y arteria no es grande y por eso se le llaman venas pulmonares. Se consideran cuatro aspectos importantes en este proceso:

1. Los vasos son más numerosos y gruesos en las bases que en los vértices.
2. En la periferia pulmonar los vasos se ven poco.
3. Las arterias disminuyen lenta y progresivamente de tamaño.
4. En los hilios los vasos están bien definidos.

Como los vasos son más numerosos y gruesos en las bases que en los vértices, se hace una ventana de 10 cm en una hoja y se superponen en la base pulmonar donde se observan vasos más gruesos y numerosos comparados con los vértices en donde son delgados y escasos. En la periferia pulmonar los vasos se ven poco.

Las arterias disminuyen lentamente el tamaño, se observa cómo los vasos disminuyen de tamaño lentamente del centro a la periferia, normalmente casi no se ven en el tercio externo de los campos pulmonares.

En los hilios los vasos están bien definidos, en el hilio se reúnen todas las estructuras vasculares, las ramas de la arteria pulmonar, por su calibre y la buena interface con el aire que los rodea permiten que se vean muy bien delimitados.

Características de la vascularización pulmonar:

1. Los vasos son más numerosos y gruesos en las bases que en los vértices.
2. En la periferia pulmonar los vasos se ven poco.
3. Arterias disminuyen lentamente de tamaño.
4. En los hilios los vasos están definidos.

Silueta cardiomediastínica. Silueta cardiovascular:

- Arco superior: dado por la vena cava superior y la vena innominada.
- Arco inferior formado por la aurícula derecha.
- En el lado izquierdo hay tres arcos; el cayado aórtico, el tronco de la arteria pulmonar y ventrículo izquierdo.

### *Mediastino*

Es un compartimiento de la caja torácica, limitado por la reflexión de la pleura parietal a lo largo del aspecto medial de los pulmones. Limitado anteriormente por el esternón, posteriormente por la superficie anterior de los cuerpos vertebrales torácicos, en la parte superior por el opérculo torácico e inferiormente por el diafragma.

El mediastino anterior está limitado en su parte anterior por el esternón y posteriormente con el borde anterior de la silueta cardiaca. Contiene el timo y ganglios linfáticos. Las lesiones son originadas en el timo, tiroides, tumor de células germinales y linfoma.

En mediastino medio es el espacio entre el borde anterior y posterior de la silueta cardiaca, comprende el corazón y algunos ganglios linfáticos. Se observan nódulos linfáticos aumentados de tamaño, quiste bronco génico, quiste pleuropericárdico y los aneurismas de la aorta.

El mediastino posterior está limitado anteriormente por el borde posterior de la silueta cardiaca y posteriormente por los cuerpos vertebrales torácicos, contiene una porción descendente de la aorta, esófago y tráquea. Son frecuentes los tumores de origen neurogénico.

### *Medidas útiles en radiología de tórax*

#### *Silueta cardiaca, índice cardiorácico*

En este índice se relaciona el tamaño de la silueta cardiaca con el diámetro del tórax, esta relación en el adulto no debe ser mayor a 0,5.  $(a+b)/c$

- A. Distancia del borde más externo de la aurícula derecha hasta la línea media.
- B. Distancia del borde lateral del ventrículo izquierdo hasta la línea media.
- C. Corresponde a la distancia entre bordes internos de los arcos costales medios nivel del domo diafragmático. Aorta, elongación.
- D.  $d$  = segmento desde la parte superior del cayado aórtico hasta el talle cardiaco.
- E.  $e$  = segmento desde el talle cardiaco hasta el hemidiafragma derecho.

El intervalo  $d$  debe contar con un intervalo igual al  $e$  y si el intervalo  $d$  es mayor se ve una elongación aortica.

#### *Ensanchamiento aórtico*

$F$  = distancia entre la pared más medial del botón aórtico hasta su pared izquierda.

No debe ser mayor de 3 cm en menores de 30 años y no debe sobrepasar los 4 cm en mayores de 40 años.

#### *Aumento de densidad aórtica*

La aorta en la placa lateral no debe verse por debajo de T5.

La arteriosclerosis es la causa más frecuente de elongación, ensanchamiento y aumento de la densidad aórtica, también la hipertensión y los aneurismas pueden ensancharla y elongarla.

### *Aurícula derecha*

Si el intervalo e es mayor que el intervalo d hay crecimiento de la aurícula derecha.

G = distancia entre la línea media y el extremo derecho de la aurícula derecha.

No debe ser mayor de 6 cm, porque si no crecería la aurícula derecha y las causas más frecuentes del crecimiento serían insuficiencia tricuspídea, cor pulmonable.

### *Tronco de la arteria pulmonar*

H = línea entre el extremo izquierdo del cayado aórtico y el extremo izquierdo del ventrículo izquierdo.

El tronco de la arteria pulmonar no debe sobrepasar dicha línea, la otra aparición en el tronco A se va adquiriendo y debe ser plano, cóncavo; si es convexo hay crecimiento de la A pulmonar y las causas más frecuentes son hipertensión pulmonar pre capilar, corto circuito de izquierda a derecha y trombo embolismo pulmonar.

### *Ramas de la arteria pulmonar*

I = medida de la rama descendente entre su extremo medial y lateral, en la parte más proximal que se pueda medir; no debe medir 1,8 cm hombres y 1,6 cm en mujeres.

J = la distancia entre el borde superior del bronquio y el borde superior de la arteria, la rama izquierda de la arteria pulmonar se mide en lateral abrazando el bronquio del lóbulo superior izquierdo, semejando un pequeño cayado aórtico y no debe medir más de 2,2 cm.

La medida de las ramas de la A pulmonar se puede usar como signo adicional a la medida del tronco y las causas más frecuentes son hipertensión pulmonar, corto circuito de izquierda a derecha.

### *Aurícula derecha*

En la silueta, la aurícula derecha es una estructura que cuando crece lo hace en todas las direcciones, hacia la izquierda produce el cuarto arco, a la derecha el doble contorno de la aurícula derecha y hacia atrás desplaza el esófago. Las causas frecuentes de este crecimiento son CIV, ductus persistente.

### *Ventrículo izquierdo*

K = línea perpendicular desde el tercio medio de la clavícula, si este ventrículo sobrepasa la línea entonces hay crecimiento ventricular izquierdo.

Para realizar el estudio del ventrículo hay que basarse en la vena cava inferior. Al trazar una línea hasta la pared posterior con un intervalo menor de 1,8 cm. Las causas del crecimiento del ventrículo izquierdo son hipertensión arterial y coartación aortica.

### *Ventrículo derecho*

El ventrículo izquierdo toca el tercio inferior del esternón y cuando crece va tocando el espacio retro esternal. Causas del crecimiento: hipertensión pulmonar pre capilar y CIA.

### *Pedículo vascular*

Se mide la distancia entre el borde más lateral de la vena cava superior y la línea media. Allí está la salida de subclavia izquierda del cayado aórtico; puede medir 5,4 cm. Se encuentra aumentado cuando existe sobre carga de volumen y sobre hidratación.

### *Anatomía subsegmentaria y fisiología*

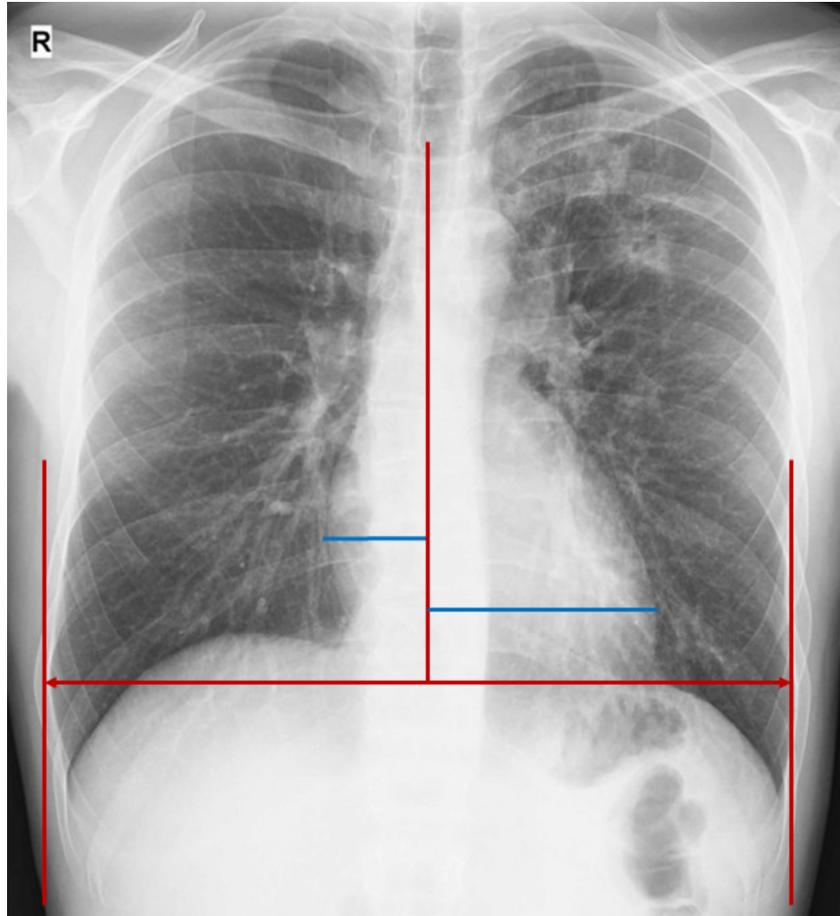
Acino pulmonar: el bronquiolo terminal es una estructura conductora de flujo aéreo, el parénquima pulmonar dista al bronquiolo terminal y se conoce como acino pulmonar y comprende el bronquiolo terminal, el bronquiolo respiratorio, el conducto alveolar y el alveolo.

El bronquiolo respiratorio contiene alveolos en las paredes y el acino tiene una medida de 6 a 10 mm.

Poros de khon: se refieren a la comunicación entre los diferentes alveolos.

Canales de Lambert: consisten en las comunicaciones entre los bronquiolos distales y los alveolos vecinos.

Lobulillo secundario de Miller: es la porción más pequeña del pulmón separada por tabiques de tejido conectivo y está formada por un racimo de 6 a 5 bronquiolos terminales con sus respectivos acinos. Miden de 1 a 2,5 cm y tienen mejor definición en superficies antero laterales de los lóbulos inferiores y en regiones centrales; se orientan



perpendicularmente a la pleura y en los vértices se orientan hacia el hilio, normalmente no se ven, pero al estar gruesos aparecen como líneas llamadas línea A y B de Kerley.

Intersticio pulmonar: Es la estructura que soporta el tejido pulmonar y se divide en:

1. Tejido conjuntivo periférico, los septos interlobulillares son bandas que penetran el pulmón; tienen venas y algunos linfáticos.
2. Tejido conectivo axial, rodea las estructuras broncas vasculares, está compuesto por fibras de tejido conectivo laxo que se originan del hilio rodeando vasos y bronquios se extiende hasta la pared alveolar.
3. Pared alveolar, tiene una forma llamada lado grueso, lado delgado, la pared delgada donde se realiza el intercambio gaseoso, la pared gruesa compuesta por fibras elásticas y fibras colágenas.

### *Histología*

Todas las arterias cuentan con una capa de adventicia, media e íntima, en la capa media las arterias pulmonares proximales tienen tejido elástico y en las arterias distales predomina el tejido muscular; cuando aumenta el volumen de las arterias elásticas y musculares se dilatan y después de cierto tiempo las arterias pulmonares pueden contraerse ante estímulos como la hipoxia.

Los vasos de las bases son más gruesos y numerosos, por esta razón, en los pulmones existen zonas en las que la presión hidrostática de los vasos es influenciada por la gravedad siendo mayor y generando más perfusión hacia las bases, por lo tanto, un mayor grosor y número de vasos observados.

### *Presiones del circuito pulmonar*

Este circuito es de baja resistencia que funciona por gradientes de presiones. En consecuencia, el ventrículo derecho tiene poca masa muscular al no tener que realizar mayores esfuerzos.

### *Alteraciones de la transparencia pulmonar*

Las enfermedades que aumentan la radiopacidad son infiltrados, nódulo pulmonar, masas, derrames pleurales, atelectasias.

Infiltrados pulmonares, son imágenes radiopacas que aparecen donde había imágenes radio lúcidas y se dividen en tipos que comprometen el espacio aéreo, son infiltrados de tipo alveolar y los que comprenden el intersticio que son filtrados intersticiales.

Actualmente, también se habla de patrones de infiltración.

### Características del infiltrado (patrón) alveolar

1. Nódulo acinar.
2. Tendencia a coalescer.
3. Broncograma aéreo.
4. Bordes mal definidos.

El infiltrado alveolar siempre representa enfermedades agudas y en raras ocasiones presenta enfermedades crónicas, cuando esto persiste después de un mes puede ser focal.

### *Patrones alveolares agudos frecuentes*

- Focales: infarto, hematoma, bronco aspiración.
- Difusos: neumonía difusa, edema pulmonar.
- Infiltrados alveolares crónicos frecuentes
- Tuberculosis, micosis, neumonía obstructiva.
- Raros: sarcoidosis, neumonía intersticial descamativa, proteinosis alveolar.
- Patrones intersticiales (características).
- Patrones lineales, nodular, retículo nodular.

Generalmente corresponden a enfermedades crónicas y también pueden ser agudas.

Nódulo pulmonar solitario: puede ser benigno o maligno, no mayor de 3 cm, rodeado de parénquima pulmonar que aparece en lesiones únicas, las causas son metástasis, hematoma, granulomas y casusas infrecuentes como linfoma, coagulo de fibrina y hematoma pulmonar.

Masa: debe ser considerada maligna y mide más de 3 cm.

Derrame pleural: este líquido se deposita en los sitios declive del pulmón y tiene signos como elevación diafragmática, desplazamiento lateral de la cúpula diafragmática, falta de visualización de vasos. Cuando el derrame es masivo produce hemitórax comprometido.

Atelectasia: es la pérdida de volumen de un segmento, un lóbulo o todo el pulmón, su causa puede ser cicatrización de fibrosis y cuando se observa alguna atelectasia se descarta la producción bronquial de neoplasia, cuando es masiva se produce opacidad completa del hemitórax.

Existen enfermedades que aumentan la radiolucidez pulmonar. Cuando hay gran cantidad de aire donde no debe haber, estas enfermedades son focalizadas y difusas.

Focalizada: se observa si tiene paredes definidas o sin definir delgadas o gruesas, las causas de esto son bula, neumatocele, bronquiectasias, cavitación.

Bula: es una zona a vascular redondeada con una pared fina.

Neumatocele: dilatación del espacio aéreo, consecuencia de obstrucción bronquial, paredes finas.

Cavitación: paredes gruesas, irregulares.

Difusa: puede ser bilateral, unilateral.

Bilateral: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

Unilateral: síndrome de Swyer James, estenosis de un solo pulmón, un trombo en la arteria pulmonar también puede producir un pulmón hipertransparente al disminuir la vascularización de un hemitórax.

Alteración de la vascularización

Parámetros importantes para evaluar la vascularización pulmonar.

1. Los vasos son más numerosos y gruesos en las bases que en los vértices.
2. En la periferia pulmonar los vasos se ven poco.
3. Las arterias disminuyen lenta y progresivamente el tamaño.
4. En los hilios los vasos están bien definidos.

Las alteraciones básicas se producen en el patrón de la vascularización pulmonar, tienen aplicación práctica y son los siguientes:

- Derivación de la circulación hacia los vértices.
- Hilios borrosos, líneas b y a Kerley.
- Aumento de flujo pulmonar.
- Pérdida del patrón de atenuación vascular.

### *Derivación de la circulación hacia los vértices*

Esto se produce porque en los vértices existe cierto número de vasos que están sin llenar, los cuales son reclutados en situaciones de estrés.

Al aumentar la presión en las venas pulmonares, los vasos que no estaban llenos van a ser reclutados para el aumento de la presión hidrostática, a esto se le contribuye la constricción de los vasos de las bases pulmonares por un mecanismo no establecido. Las situaciones que llevan al aumento de la presión pueden ser la estenosis mitral y la insuficiencia cardiaca izquierda que transmite una presión hacia atrás de modo que el primer signo es la derivación de la circulación que se da hacia los vértices cuando la presión venosa está alrededor de los 10 o 12 mm de Hg.

### *Hilios borrosos*

En los hilios pulmonares se ven con paredes bien definidas. Cuando el tejido peri bronquial y peri vascular se encuentra lleno de líquido estos vasos presentan paredes borrosas y aparecen los manguitos peri bronquiales y peri vasculares; las líneas B son notorias en las bases y los derrames pleurales se depositan primero en las bases, en ese momento es muy difícil ver las líneas B de Kerly.

### *Aumento del flujo pulmonar*

Si el aumento de flujo pulmonar es detectado fácilmente, deberíamos pensar solamente que estamos frente a un corto circuito de izquierda a derecha, que en el adulto es básicamente el CIA, el CIV y el ductus. Aunque en otras situaciones puede aumentar la volemia o la frecuencia cardiaca y puede aumentar el flujo pulmonar, este aumento es leve y detectado por el observador experimentando.

### *Pérdida de patrón de atenuación vascular*

#### *Hipertensión pulmonar precapilar*

Cuando el tronco de la arteria pulmonar y sus ramas proximales son grandes pero los vasos periféricos son muy pequeños o no detectados, esto da lugar a que una rama central de un vaso disminuya bruscamente de tamaño y esto sea conocido como hipertensión pulmonar pre capilar y las enfermedades que producen hipoxemia crónica cruzan con la vasoconstricción pulmonar, lo que conduce a hipertensión pre capilar. Sus causas frecuentes son:

- Corto circuito de izquierda a derecha.
- EPOC.
- Fibrosis pulmonar.

### *Cardiopatías congénitas y adquiridas y adquiridas del adulto*

Embriología cardiaca, la función de los tubos cardiacos endoteliales en la línea media forman inicialmente un solo tubo cardiaco, que después presenta unas dilataciones separadas que se conocen como asas y son cuatro: el bulbo cardiaco, el ventrículo primitivo, la aurícula primitiva y el seno venoso. Este tubo cardiaco está contenido dentro del saco pericárdico y se desarrolla mucho más rápidamente que el tubo doble hacia la derecha y es lo que permite que el ventrículo izquierdo quede a la izquierda y atrás.

La aurícula está dividida de arriba abajo por un tabique llamado *septum primum*, que al desarrollarse deja un orificio que se cierra por la formación de los cojinetes endocárdicos que constituyen el cierre de la parte posterior del tabique interventricular. En el desarrollo posterior en el *septum* aparecen perforaciones que se unen a formar el *ostium secundum*, una vez se cierra el *ostium primum*, luego se desarrollará otro tabique hacia el lado derecho de la aurícula que se conoce como *septum secundum*, el cual no se fusiona totalmente y origina el foramen oval.

### *Aspectos hemodinámicos pertinentes*

Es importante tener en cuenta las consideraciones hemodinámicas básicas.

1. Cuando una cámara recibe una sobrecarga de volumen o diastólica se dilata.
2. Cuando una cámara recibe una sobrecarga de presión o sistólica se hipertrofia.
3. Una insuficiencia valvular produce sobrecarga diastólica a la cámara que queda atrás y sobrecarga diastólica a la cámara que queda hacia delante.
4. Una estenosis produce hipertrofia de la cámara que está atrás y chorro a gran presión sobre la cámara siguiente, esto varía si se trata de una cámara auriculo-ventricular pulmonar o aórtica.
5. Por tener las cavidades derechas menor presión que las izquierdas, cualquier comunicación entre ellas producirá un corto circuito de izquierda a derecha.

### *Cardiopatías adquiridas*

Estenosis aórtica produce hipertrofia sobre el ventrículo izquierdo por sobrecarga sistólica y un chorro que dilata la aorta ascendente. Causas: insuficiencia aortica, estenosis pulmonar, insuficiencia pulmonar, estenosis mitral, insuficiencia mitral, estenosis tricúspide, insuficiencia tricúspide, cardiopatías congénitas.

### *Tomografía axial computarizada de tórax*

Modalidad diagnóstica no invasiva que elabora imágenes basadas en las propiedades de absorción y atenuación de la radiación ionizante por el tejido corporal. El tomógrafo consta de una mesa en la que se ubica al paciente, un gantry que contiene el tubo fuente de rayos X, los detectores de radiación ionizante y el sistema de adquisición de imágenes. Un computador y la consola para el control del operador, la fuente de radiación ionizante genera un haz de rayos c los cuales después de atravesar al paciente en forma de cortes axilares inciden sobre los detectores de radiación ionizante, que la convierten en una señal eléctrica que es procesada por el computador que, en el momento de usar los algoritmos de reconstrucción de imágenes, la convierte en imágenes tomográficas.

### *Terminología usada en la tomografía axial computarizada (TAC)*

Densidad: se refiere a qué tan blanca o qué tan negra se observa una estructura en la imagen tomográfica, de acuerdo con su constitución biológica. En una TAC se usa la escala de unidades Hounsfield (UH) como escala de densidad, esta escala comprende un rango desde + 1000 UH a -1000 UH, estructuras muy densas como el hueso tendrán valor muy cercano a + 1000 U.H, estructuras de densidad intermedia como el agua tendrían un valor cercano a UH y estructuras de densidad tan baja como el aire tendrán un valor - 1000 U.H.

Contraste: es la diferencia de densidades.

Ancho de ventana: número de unidades de densidad (UH), el ancho de la ventana determina el contraste y se escoge de acuerdo con el área anatómica que se va estudiar. Por ejemplo, si se utilizan densidades entre -200 UH y + 600 UH el ancho de la ventana será de 800 UH.

Nivel de ventana: es el valor medio de un ancho de ventana escogido. En el ejemplo anterior entre -200 y +600 UH el nivel de la ventana sería de +200 UH.

### *Técnica del examen*

La TAC de tórax es tomada con el paciente en decúbito supino, con los miembros superiores levantados por encima de la cabeza, en apnea inspiratoria. Se utiliza medio de contraste intravenoso cuando se sospecha una anomalía vascular, la grasa mediastínica es escasa o cuando el paciente tiene una enfermedad pleuroparenquimatosa compleja. En general, se utiliza una ventana para parénquima pulmonar de -800 UH a +600 UH para incluir el tejido pulmonar que tiene una densidad cercana a la del aire (-800 UH) y el tejido óseo de la pared torácica con densidad de estructura sólida (+600 UH). La otra ventana usada es para el mediastino que va desde -100 UH, para visualizar grasa y tejidos blandos hasta +400 UH que es la densidad ósea.

### *Indicaciones*

La radiografía de tórax sigue siendo un método de primera elección en el estudio de patologías torácicas, la TAC es usada como segunda línea diagnóstica en problemas no resueltos por la radiografía con convencional.

1. Estudio de cáncer pulmonar.
2. Estudio de nódulos y masas pulmonares.
3. Patología que compromete pleura y parénquima pulmonar.
4. Patología de columna torácica.
5. Evaluación del parénquima pulmonar en pacientes con prueba funcional pulmonar anormal y radiografía normal.
6. Cáncer oculto.
7. Infección de origen desconocido.

### *Como evaluar una TAC de tórax*

En el primer corte a nivel del arco aórtico, este tiene un curso oblicuo, extendiéndose posteriormente y a la izquierda en estrecha relación con la vena cava inferior y la tráquea.

Al mismo nivel se observa el timo ocupando el mediastino anterior. El timo cambia la apariencia de acuerdo con la edad, tiene bordes conexos y densidad igual a la del músculo,

después de la pubertad inicia su involución con un aplanamiento de sus bordes y disminución de su densidad por atrofia e infiltración grasa.

En los cortes superiores del arco aórtico casi siempre se identifican cinco vasos.

1. Arteria subclavia izquierda: es el vaso relativamente más posterior, a la izquierda y adyacente a la tráquea.
2. Arteria carótida común izquierda: de la tráquea por delante de la A, subclavia izquierda.
3. Tronco de la arteria braquiocefálica: estructura medial y anterior a la tráquea.
4. Vena braquiocefálica: ubicada a la derecha del tronco a la A braquicefalia.
5. Vena braquiocefálica izquierda: su porción superior tiene un curso vertical y en la porción inferior toma un curso horizontal, cruzando la línea media para unirse con la vena braquiocefálica derecha que forma la vena cava superior.

En cortes inferiores al arco aórtico se encuentran las siguientes estructuras vasculares.

1. Arteria pulmonar.
2. Vena cava superior.
3. Aorta ascendente y descendente.

En un corte más inferior se encuentra.

1. El corazón.
2. Aorta descendente.

Venas ácigos y hemiacigos.

### *Descriptores*

- Neumología.
- Tórax.

- Radiología.

## Bibliografía

1. Ulloa L. Radiología Básica. Editorial Celsus. 2da. Edición
2. Lumb A, Nunn's Applied Respiratory Physiology 6th edition. Elsevier. 2005. Chapter 9-11.

Tr. Emilce Suarez Rodríguez

**T**erapeuta respiratoria. Especialista en Auditoría en Salud de la Fundación Universitaria del Área Andina. Maestrante en Educación y Entornos Virtuales de la Universidad de Cuauhtémoc, México. Docente de la Fundación Universitaria del Área Andina.



# Técnicas de higiene bronquial

## (Técnicas en paciente adulto)

Tr. Emilce Suárez Rodríguez  
Docente de Práctica Clínica, Fundación Universitaria del Área Andina.  
Correo: [emsuarez@areandina.edu.co](mailto:emsuarez@areandina.edu.co)

La vía aérea está constituida por diferentes estructuras que facilitan el transporte del oxígeno y el dióxido de carbono, gases de importancia para la sobrevivencia humana; dichas estructuras en ocasiones se ven afectadas por partículas, bacterias, virus y microorganismos que afectan el correcto funcionamiento de la vía aérea.

La vía aérea se desarrolla desde la etapa embrionaria a partir del día 28 de gestación, hasta la etapa pseudoglandular, alrededor de la semana 16 cuando ya existe una división bronquial casi completa.

La vía aérea se subdivide a su vez en una vía aérea superior que contiene las fosas nasales, la tráquea, la faringe y la laringe; y una vía aérea inferior que contiene los bronquios, los bronquiolos, los pulmones y la unidad funcional propiamente dicha.

El Seminario de Apoyo de Técnicas de Higiene Bronquial en el adulto busca concientizar al estudiante sobre la importancia de garantizar el correcto funcionamiento de la vía aérea, así como el reconocimiento de las distintas técnicas para lograr tal fin.

### Objetivos del seminario

- Identificar las técnicas higiene bronquial en el paciente adulto de acuerdo con el *Manual de procedimientos* de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía de Tórax (Separ).
- Reconocer la importancia de la realización de las técnicas de fisioterapia a pacientes con patología respiratoria.
- Identificar las distintas técnicas manuales de fisioterapia de tórax en el adulto.
- Describir la técnica correcta de realización de manera que favorezca el transporte y eliminación de secreciones.

## Ponencias temáticas

- Complicaciones respiratorias por acumulación de secreciones bronquiales.
- Importancia de la terapia de drenaje de secreciones.
- Técnicas manuales de espiración lenta.
- Técnicas espiratorias forzadas.

## Desarrollo de la ponencia temática

La vía aérea cuenta con una serie de estructuras, cuya función principal es el transporte de oxígeno a los pulmones y el dióxido de carbono a la atmósfera, pero para que estas funciones se lleven a buen término deben existir condiciones que garanticen la humedad suficiente, la filtración de partículas y la temperatura ideal, para evitar la sobreproducción de secreciones en el tracto respiratorio. En condiciones normales, la producción de moco oscila entre 10 y 100 ml/día, pero en condición patológica esta cantidad puede variar significativamente, llevando a complicaciones respiratorias graves, incluso requerimiento de soporte ventilatorio, por un mal manejo de secreciones. Si tenemos en cuenta la base anatómica encontramos que Fahy [1] afirma que:

La mucosa que reviste la pared de la vía aérea, a excepción de los bronquios principales, contiene células ciliares provistas de aproximadamente 200 cilios cada una. El batido de los cilios (frecuencia 12 y 15 Hz) entre el líquido periciliar desplaza el moco hacia el exterior. [1]

En consecuencia, el mal funcionamiento en el transporte mucociliar conlleva a complicaciones, que pueden ser prevenidas gracias a las técnicas de higiene bronquial.

Con el fin de reconocer las técnicas correctas de manejo de la vía aérea, la Separ ha construido un manual de procedimientos, basándose tanto en la importancia de la función del terapeuta respiratorio, como en la necesidad de conocer la anatomía y fisiología de la vía aérea, y de esta manera sumar el significado que tiene conocer el tipo de paciente y la anatomía, teniendo en cuenta si es un paciente adulto, consciente, crónico o agudo y así ubicar dentro de la vía aérea las secreciones.

## Técnicas de los manuales para el drenaje de secreciones bronquiales

### *Técnicas espiratorias lentas*

Fisiológicamente se realiza un movimiento antigravitatorio del esputo, realizado durante la espiración que mejora el aclaramiento mucociliar, por medio de la disminución del calibre de la mediana vía aérea, aumentando a su vez la velocidad del paso del aire por medio del esputo bronquial.

Todo lo anterior con el fin de producir menos efectos adversos como se hallaban en las antiquísimas técnicas de fisioterapia convencional en las que se incluía el *clapping*, esta es la razón principal de las técnicas de espiración lenta entre las que encontramos:

Espiración lenta total con glotis abierta en infralateral (eltgol): es ideal para el drenaje de las zonas distales y medias de la vía aérea, cabe resaltar que la zona que recibe mayor beneficio es la infralateral. Para esta técnica es importante tener en cuenta que se debe practicar en un paciente colaborador con hiperreactividad bronquial y dificultad para la expectoración y entre sus contraindicaciones la mayoría son relativas y se basan en la incapacidad del paciente por mantener la posición de la maniobra.

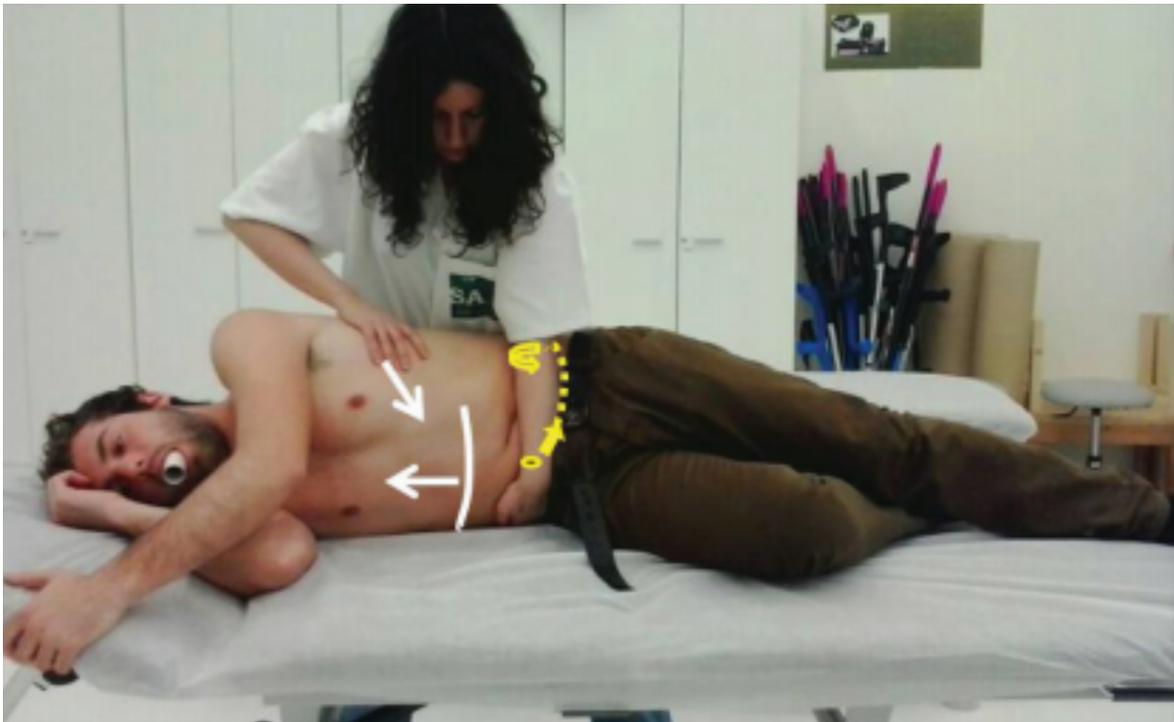
Para aplicar la técnica de la espiración lenta prolongada López y Vilaró [2] afirman que:

Consiste en colocar el pulmón afectado en infralateral para conseguir su máxima desinsuflación y, en consecuencia, un mayor estrechamiento de la luz bronquial. Esto se produce gracias a la acción conjunta de la presión generada por el pulmón supralateral y el desplazamiento, por la fuerza de la gravedad, del mediastino y las vísceras abdominales. El estrechamiento de la luz bronquial en el pulmón infralateral y el incremento de su ventilación, debido a la posición adoptada, logra una mayor fricción de las partículas del aire sobre el moco y, por tanto, se favorece su desplazamiento. [2]

Luego se le debe indicar al paciente que realice una espiración de manera lenta en la que logre movilizar una gran cantidad de volumen corriente espirado, eso sí teniendo en cuenta que el paciente debe tener la glotis abierta; dicha espiración debe terminar cuando se alcance el volumen residual.

Con el fin de mantener la glotis abierta se pueden usar dispositivos como boquillas para espirometría que se colocarán alrededor de la boca.

F I G U R A 1 .



Posición correcta del fisioterapeuta y del paciente para realizar el tgo. El fisioterapeuta contribuye a la desinsuflación del pulmón infralateral gracias a la reducción del diámetro transversal del tórax con su toma craneal, y al desplazamiento indirecto del diafragma, con su toma caudal, al realizar la pronosupinación del antebrazo [3]

**Drenaje autógeno (DA):** esta técnica, al igual que la tgo, tiene el mismo objetivo de movilización de secreciones de zonas distales a medias, y sus contraindicaciones son relativas, ya que es una técnica muy útil para todo tipo de paciente con movilización de secreciones, aunque cabe resaltar que el paciente debe cooperar y entender la maniobra ya que la puede realizar de manera autónoma.

Para la aplicación de la técnica: los autores [2] afirman que se debe realizar de la siguiente manera:

**Inspiración:** inspirar lentamente por la nariz, utilizando el diafragma o la parte inferior del tórax, para favorecer un llenado homogéneo de las regiones pulmonares. Realiz-

zar una pausa inspiratoria de 2 a 4 segundos, deteniendo el movimiento de la caja torácica, pero manteniendo la glotis abierta para seguir permitiendo la entrada de aire. De esta manera, se previene el asincronismo alveolar y se favorece el llenado de las regiones periféricas que ofrecen una mayor resistencia.

El volumen inspiratorio será modulado dentro de la capacidad pulmonar total (bajo, medio o alto) dependiendo de la localización de las secreciones en el árbol bronquial (periféricas, medias o proximales). [2]

Espiración: en esta parte es necesario aclarar que se debe mantener la glotis abierta, y en este caso el flujo aéreo debe ser elevado y causar un sonido y vibración de las secreciones durante su movilización; este sonido es conocido como (*feedback* auditivo y táctil) el cual permite una mejor ubicación de las secreciones en el momento de ayudar a la evacuación.

FIGURA 2.

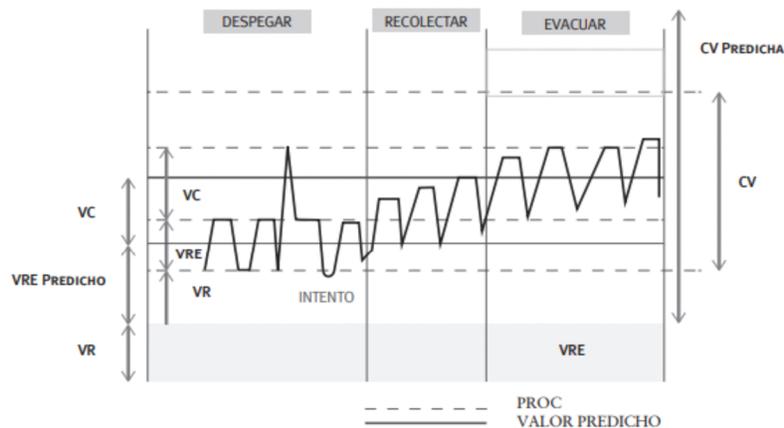


Diagrama representativo del drenaje autógeno adaptado de la referencia 18. CV: capacidad vital, VRE: volumen de reserva espiratorio, VC: volumen corriente, VR: volumen residual, PROC: patrón respiratorio obstructivo crónico. [3]

### *Técnicas espiratorias forzadas*

Es importante resaltar que las técnicas de espiración forzada se constituyen como complemento de las técnicas de espiración lenta, con el fin de completar el drenaje; estas técnicas actúan promoviendo el drenaje de vías aéreas centrales y proximales.

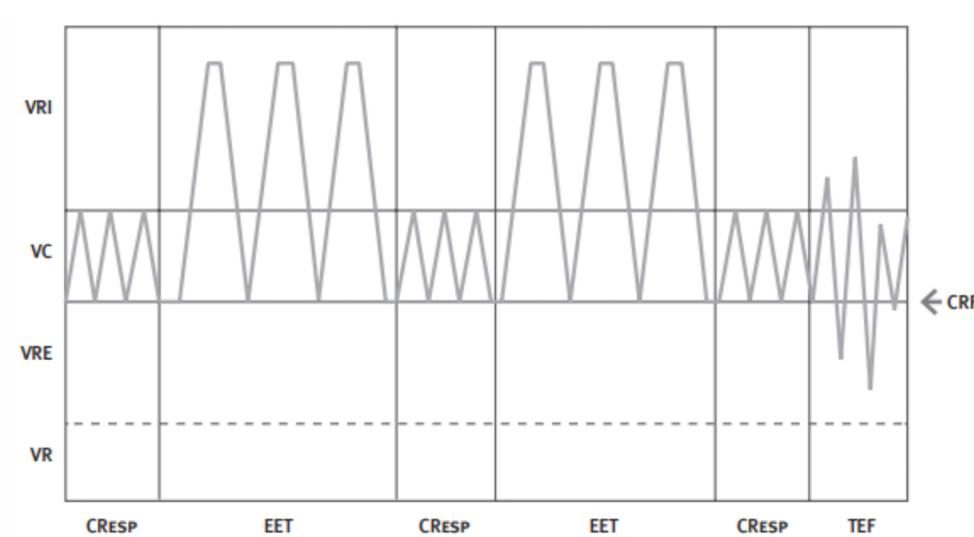
Su mecanismo fisiológico tiene una gran similitud con las técnicas de espiración lenta, al igual que sus indicaciones y contraindicaciones, razón por la cual no me detendré en este aspecto, solo resalto que dentro de las contraindicaciones absolutas se encuentra el hecho de que el paciente se encuentre en broncoespasmo, pacientes con patología que implique debilidad muscular o con algún tipo de riesgo de sangrado.

Técnica de espiración forzada (TEF): su objetivo principal es producir movilización y expulsión de las secreciones ubicadas en la parte proximal de la vía aérea.

Aplicación de la técnica: el paciente debe estar en posición Fowler, mientras el terapeuta se ubica en la parte posterior del paciente con sus manos a la altura de la séptima costilla de la parte anterior; se le solicita al paciente que realice respiraciones normales durante 1 minuto (volumen corriente), 4 inspiraciones con de alto flujo y espiraciones con labios fruncidos.

Luego realizará una inspiración profunda precedida de una espiración forzada con glotis abierta, mientras tanto la labor del terapeuta respiratorio será realizar una leve compresión al diafragma.

FIGURA 3.

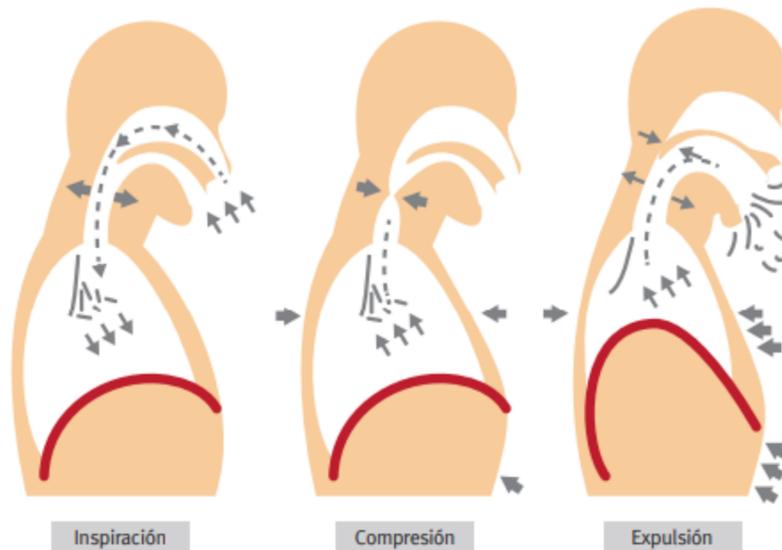


Volúmenes pulmonares durante el ciclo activo respiratorio y la técnica de espiración forzada. Interpretado de la referencia 2. VRI: volumen de reserva inspiratorio, VC: volumen corriente, VRE: volumen de reserva espiratorio, VR: volumen residual, CRF: capacidad funcional residual, CResp: control respiratorio, EET: ejercicios de expansión torácica, TEF: técnica de espiración forzada. [3]

## Tos

Como ya sabemos la tos es nuestro sistema de defensa por naturaleza propiamente dicho, y es el mayor ayudador a la eliminación de las secreciones; cuenta con tres fases importantes para reconocer su mecanismo. La primera fase es llamada inspiratoria y es cuando se contrae la glotis y el diafragma aumentando la presión elástica pulmonar; la segunda fase es llamada compresiva, y es aquí cuando se contraen los músculos del retroceso elástico pulmonar, llevando a un aumento de la presión positiva intratorácica; y la última conocida como fase espiratoria es cuando el aire se expulsa a gran velocidad por la apertura de la glotis y la fuerza de contracción muscular.

FIGURA 4 .



Fases de la tos. [3]

**Tos dirigida:** en esta maniobra es necesario explicarle al paciente para que de manera autónoma pueda completar las tres fases nombradas, de modo que, en primer lugar, realice una inspiración profunda por la nariz y se acompañe en las dos fases siguientes, promoviendo la expulsión del esputo.

**Tos asistida:** se realiza idealmente en pacientes que tienen fatiga o debilidad muscular y son incapaces de realizar expectoración.

Se debe acompañar al paciente tanto en la fase inspiratoria, como en la espiratoria, en la primera fase se le pedirá al paciente realizar una inspiración profunda por la nariz y cerrar la glotis, y repentinamente realizar apertura de la glotis con el fin de iniciar la fase espiratoria, mientras el profesional asiste al paciente ubicando una mano en el tórax o en el abdomen del paciente durante la espiración, provocando la contracción del músculo diafragma.

## Glosario

**Cilia:** son unas estructuras celulares que se caracterizan por presentarse como apéndices con aspecto de pelo que contienen una estructura central altamente ordenada, constituida generalmente por más de 600 tipos de proteínas, envuelta por el citosol y la membrana plasmática.

**Espiración:** acción de espirar, retroceso elástico pulmonar.

**Espujo:** secreción procedente de la nariz, la garganta o los bronquios que se escupe de una vez por la boca en una expectoración.

**Etgol:** abreviatura de la técnica de espiración lenta total con glotis abierta en infra-lateral.

**Inspiración:** acción de introducir aire u otra sustancia gaseosa en los pulmones.

**Separ:** Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica.

**Secreciones:** fluidos producidos por las glándulas de la mucosa respiratoria. Contienen componentes activos que contribuyen a la eliminación y neutralización de microorganismos y partículas que se encuentran en suspensión en el aire inspirado a la vez que protegen a las vías respiratorias contra las variaciones extremas de humedad y temperatura ambiente.

**Vía aérea:** parte superior del aparato respiratorio, zona de conducción del aire.

**Volumen corriente:** cantidad de inspirado y espirado en una respiración normal.

## Bibliografía

1. Fahy JV, Airway mucus and dysfunction. N Engl J Med, 2010. 363:2233-47.
2. López Fernandez D, Vilaró Casamitjana J. Manual Separ de procedimientos, Técnicas manuales e instrumentales para el drenaje de secreciones bronquiales en el paciente adulto. Sociedad Española de Neumología y Cirugía de Torácica Separ, 2013. 10-11.
3. Núñez-Flores T, Herrero Cortina B, Muñoz Castro G, Ríos Cortés A. Manual Separ de procedimientos, Técnicas manuales e instrumentales para el drenaje de secreciones bronquiales del paciente adulto. Sociedad Española de neumología y Cirujía de Tórax, 2013. 27-37.



FT. Edy Yessenia Díaz Garrido

**F**isioterapeuta de la Universidad Manuela Beltrán. Especialista en Rehabilitación Cardiopulmonar de la Universidad del Rosario. Docente de la Fundación Universitaria del Área Andina.



## Fisiología cardiaca

### (anatomía, ciclo cardiaco, presiones y circulación mayor y menor)

FT. Yessenia Díaz

Docente de cátedra, Fundación Universitaria del Área Andina.

Correo: ediaz77@areandina.edu.co

El corazón es uno de los órganos más importantes del cuerpo, es el encargado de mantenernos con vida y nutrir los diferentes sistemas del cuerpo. Como bomba circulatoria, el corazón trabaja en conjunto con los pulmones, para transportar el oxígeno y llevar los productos de desecho.

El sistema cardiaco se desarrolla a partir de la tercera semana de gestación. Es una estructura hueca, conformada por grandes vasos y por cámaras cardiacas. Tiene un peso de aproximadamente de 300 gr en los hombres adultos y 250 gr en las mujeres, sus dimensiones varían entre los 12 cm de largo × 9 cm en su punto más ancho × 6 centímetros de espesor.

*El corazón es un vaso hecho de un músculo grueso, se mantiene vivo y se nutre por arterias y venas como lo hacen otros músculos. Es un músculo con un poder prominente sobre los otros músculos. Leonardo Da Vinci*

### Objetivos del seminario

- Identificar las funciones del sistema cardiovascular.
- Reconocer las estructuras internas del corazón.
- Identificar las fases del ciclo cardiaco.
- Describir el recorrido de la circulación mayor y menor.

### Ponencia temática

- Anatomía del sistema cardiovascular.
- Ciclo cardiaco.

- Presiones cardiopulmonares.
- Circulación mayor y menor.
- Sistema eléctrico del corazón.

## Desarrollo de la temática

El corazón está dentro de la cavidad del tórax, está suspendido y fijado por grandes vasos que dan estabilidad. Este órgano tiene diferentes estructuras internas, que se dividen en cuatro cavidades cardiacas, estas a su vez están delimitadas por el tabique longitudinal y oblicuo, el cual permite demarcar el lado derecho con el izquierdo. Las cámaras superiores llamadas aurículas (derecha e izquierda) tienen forma irregular, son de pared delgada y tienen la función de recibir la sangre; las cámaras inferiores llamadas ventrículos (derecho e izquierdo), tienen forma cónica, y sus paredes son más gruesas que las de las aurículas, la función de los ventrículos es eyectar la sangre que llega a estos. El ventrículo derecho, en condiciones normales, tiene la mitad de espesor que la del ventrículo izquierdo.

La pared del corazón está compuesta por tres capas de la más interna a la externa, en ella encontramos el endocardio, el miocardio (este consume aproximadamente el 75% de oxígeno que se le aporta y la capacidad de bombeo se deteriora cuando se interrumpe el flujo coronario) y la externa que es el pericardio.

Válvulas: son estructuras vasculares, que cierran de forma armónica e impiden la ingurgitación de sangre a la cámara anterior cardiaca; hay cuatro valvas en toda la estructura del corazón, en la parte derecha encontramos la válvula tricúspide (tres valvas) y se encarga de delimitar la aurícula derecha con el ventrículo derecho, en esta misma parte también encontramos la válvula pulmonar, la cual tiene tres valvas sigmoideas (una posterior y dos anteriores); en la parte izquierda se encuentra la válvula mitral (dos valvas), y delimita la aurícula izquierda del ventrículo izquierdo, en este mismo se encuentra la válvula aórtica, que presenta tres valvas semilunares [1].

La irrigación sanguínea está dada por la circulación menor y mayor, la primera que es la circulación pulmonar, conformada por el hemicardio derecho del corazón y los pulmones, y la circulación mayor o sistémica, que está formada por el hemicardio izquierdo. La primera inicia en la aurícula derecha, a la que llega la sangre sin oxígeno, proveniente de las venas cavas superior e inferior; de aquí pasa la sangre por la válvula tricúspide, llega al ventrículo derecho, de esta misma estructura pasa por las válvulas pulmonares, llega

al pulmón, donde sale la sangre oxigenada y fluye hacia la aurícula izquierda; pasa por la válvula mitral al ventrículo izquierdo y de esta a la aorta donde se distribuye la sangre a todos los órganos del cuerpo. Los dos hemicardios llevan el mismo volumen de sangre durante cada minuto y esto es catalogado como gasto cardiaco, el cual en personas adultas y sin ninguna patología es de 5-6 l/min estando de forma basal, este va a depender de la frecuencia cardiaca y del volumen de sangre eyectada, si alguna se altera, el gasto cardiaco va a tener un desequilibrio [1-2].

Sistema de conducción del corazón: este órgano tiene como propiedad que es un tejido, que no requiere de estímulo nervioso externo; para iniciar el sistema de conducción tiene dentro de este cinco tejidos especializados, los cuales se encargan de sincronizar cada estímulo eléctrico al corazón; el primero es el nodo sinoauricular (el cual maneja de 60-100 latidos por minuto), este es catalogado como el marcapaso biológico del corazón, de allí se va propagando el estímulo transversalmente por las aurículas, se genera una despolarización de estas estructuras y el estímulo llega al nodo auriculoventricular (45-50 latidos por minuto), este impulso eléctrico se extiende a lo largo de haz de His (40-45 latidos por minuto), la cual está dividida en dos ramas, una derecha y una izquierda, finalmente llega el estímulo a las fibras de Purkinje (35-40 latidos por minuto), causando una despolarización de los ventrículos [1].

### Ciclo cardiaco del hemicardio izquierdo

- Diástole.
- Sístole.
- Contracción isovolumétrica.
- Eyección ventricular.
- Relajación isovolumétrica.

FIGURA 1.  
Ciclo cardiaco [1]

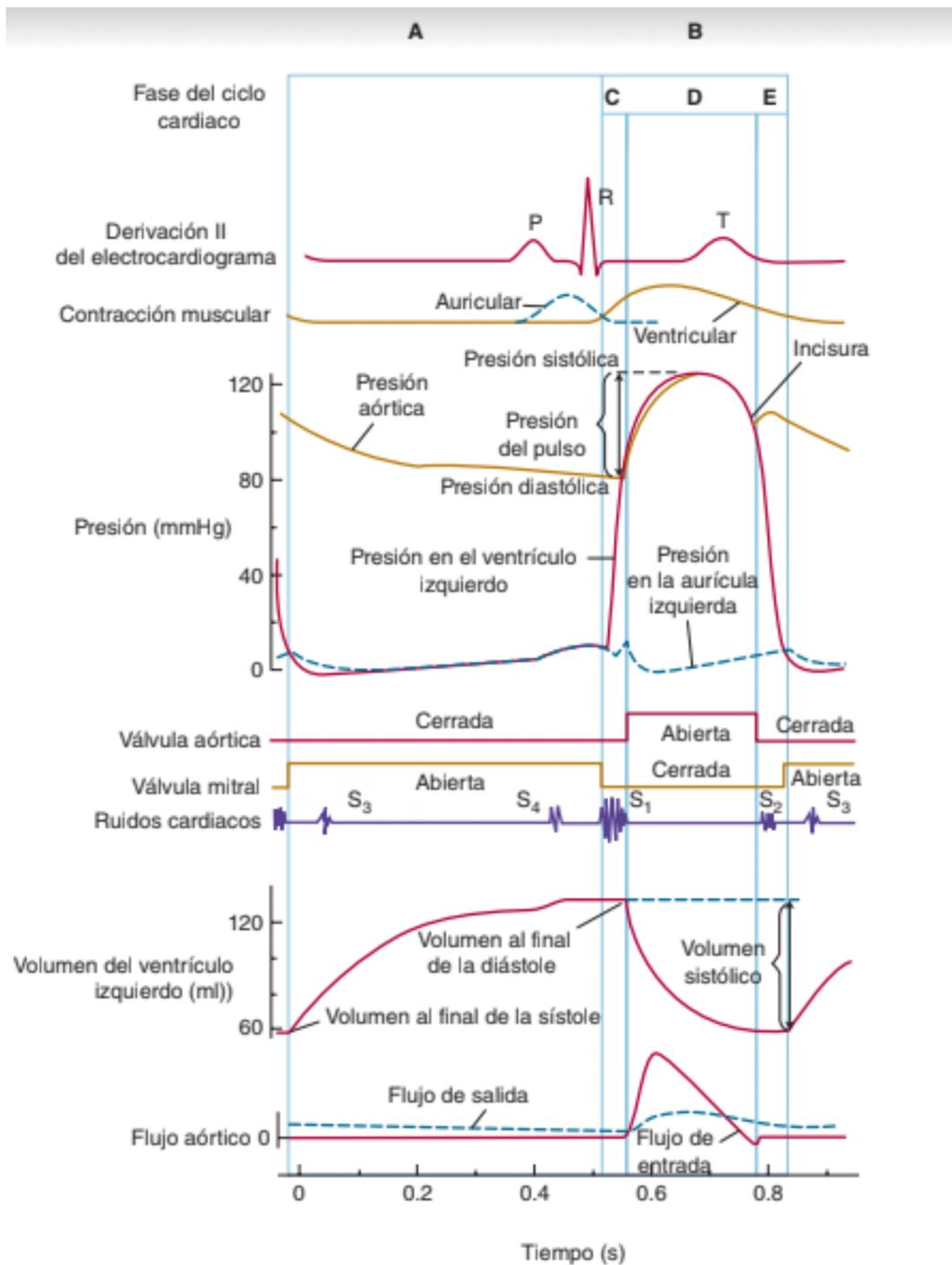
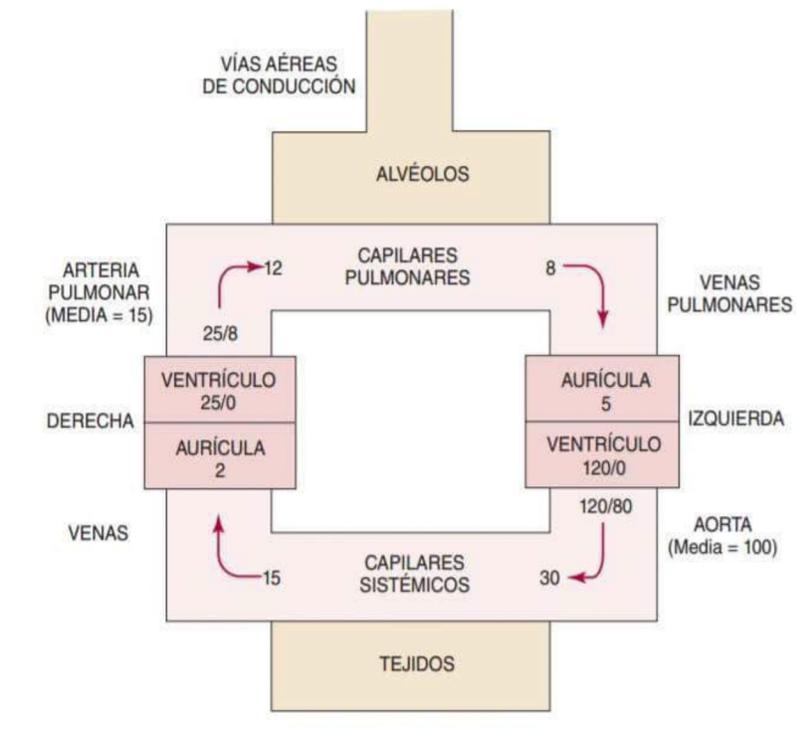


FIGURA 2.  
Presiones expresadas en milímetros de mercurio,  
en la circulación sistémica y pulmonar [1]



## Glosario

Cardiología: ciencia que estudia la estructura y función del corazón.

Cardiovascular: referencia al corazón y los vasos sanguíneos.

Ciclo cardíaco: sucesión de sístoles y diástoles.

Cronotropismo: regularidad y frecuencia de un ritmo.

Diástole: relajación.

Gasto cardíaco: cantidad de sangre bombeada en un minuto.

Inotropismo o conductibilidad: contracción de la fibra cuando recibe un estímulo externo o propio.

Isovolumétrico: sin variaciones de volumen.

Pericardio: túnica que recubre externamente el corazón.

Sístole: contracción.

## Bibliografía

1. Raff H, Levitzky M. fisiología medica un enfoque por aparatos y sistemas. 1st ed. Mcgraw Hill, editor. México; 2013.
2. Vélez H, Rojas W, Borrero J, Restrepo J. Fundamentos de medicina- cardiología. 5th ed. Montoya, M, editor. Medellín, Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas; 1997.

Tr. Luz Fanny Guerrero Salgado

**T**erapeuta respiratoria graduada en 1999; especialista en Terapia Respiratoria Pediátrica, y Pedagogía para la Docencia Universitaria, magíster en Salud Pública y Desarrollo Social, dedicada a la docencia desde el 2003.

Actualmente me desempeño como docente de Práctica de Cuidado Intermedio y docente de cátedra de Pruebas de Función Pulmonar de la Fundación Universitaria del Área Andina. Tengo amplio conocimiento y experiencia en el tratamiento y prevención de enfermedades cardiopulmonares, experiencia adquirida durante el desempeño de mi carrera profesional gracias al trabajo clínico en el cuidado respiratorio, y la docencia universitaria con la que he profundizado mis conocimientos acerca de rehabilitación pulmonar, fisiología respiratoria y pruebas de función pulmonar.



## Función pulmonar (espirometría, volúmenes y difusión)

Tr. Luz Fanny Guerrero Salgado

**Docente de cátedra, Fundación Universitaria del Área Andina.**

**Correo: [luguerrero3@areandina.edu.co](mailto:luguerrero3@areandina.edu.co)**

El presente seminario pretende reforzar los conocimientos sobre la interpretación de la espirometría; esta es considerada la prueba *gold estándar* para el diagnóstico de individuos con alteraciones en la función ventilatoria. La espirometría es la prueba inicial que permite valorar al paciente con riesgo pulmonar o cuantificar una alteración existente o estimar morbilidades a largo plazo.

Su realización es de fácil acceso en cualquier nivel de atención, y permite de forma precoz medir el riesgo, la evolución y la morbilidad a largo plazo de enfermedades pulmonares crónicas.

### Objetivos del seminario

Crear las competencias que le permitan al estudiante interpretar, diagnosticar y definir una conducta frente a la toma de la espirometría.

### Ponencia temática

- Variables a valorar en la espirometría.
- Diferentes patrones espirométricos y su clasificación.

### Desarrollo de la temática

La espirometría es una prueba básica de función mecánica respiratoria, es crítica para el diagnóstico y la vigilancia de enfermedades pulmonares crónicas, como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), problemas de salud pública en todo el mundo. Esta prueba fue posible gracias a la invención del espirómetro por John Hutchinson hace más de siglo y medio. Hutchinson fue un médico inglés que desarrolló su propio espirómetro y describió la mayoría de los parámetros espirométricos, incluyendo la capacidad Vital. Su trabajo original sobre espirometría fue publicado en Inglaterra en 1846. Esto precede en casi 50 años a la radiografía.



- Volumen de reserva inspiratorio (IRV).
- Volumen de reserva espiratorio (ERV).
- Capacidad vital (VC).

Existen otros tres volúmenes pulmonares estáticos no derivados de la espirometría lenta:

- Capacidad pulmonar total (CPT).
- Capacidad residual funcional (FRC).
- Volumen residual o de reserva (RV).

El conocimiento de estos volúmenes precisa conocer el RV, que corresponde al volumen de gas que queda tras una espiración forzada que no se mide con el espirómetro [1].

## Método de toma de la espirometría

En condiciones de reposo, comodidad, tranquilidad y concentración adecuadas para una máxima colaboración por parte del sujeto.

- El sujeto debe estar sentado, erecto y con la nariz ocluida con una pinza
- En decúbito, los datos obtenidos son inferiores en un 10 %.
- La boquilla será indeformable para evitar artefactos al reducirse su luz por mordedura.
- Mínimo de tres maniobras satisfactorias y un máximo de ocho.

Recomendaciones previas:

- No fumar, al menos en las 24 horas previas.
- Evitar la comida abundante (2-3 horas antes).
- Abstenerse de bebidas estimulantes (café, té, cola, etc.).

- No haber realizado ejercicio vigoroso (al menos 30 minutos antes).
- No haber tomado broncodilatadores (avisar en caso imprescindible).
- No realizar más de 8 maniobras.
- No usar medicación broncodilatadora en las horas previas a la prueba:

6 horas:

Agonistas beta 2 de corta duración (salbutamol, terbutalina).

12 horas:

Agonistas beta 2 de larga duración (salmeterol, formoterol) y teofilinas retardadas.

Existen dos tipos de espirometría:

- Simple o lenta.
- Forzada.

La diferencia entre ambas es básicamente el tiempo.

## Espirometría simple o lenta

Se solicita que desde la posición de inspiración máxima efectúe un esfuerzo espiratorio máximo, pero lento hasta alcanzar el volumen residual utilizando todo el tiempo que necesite.

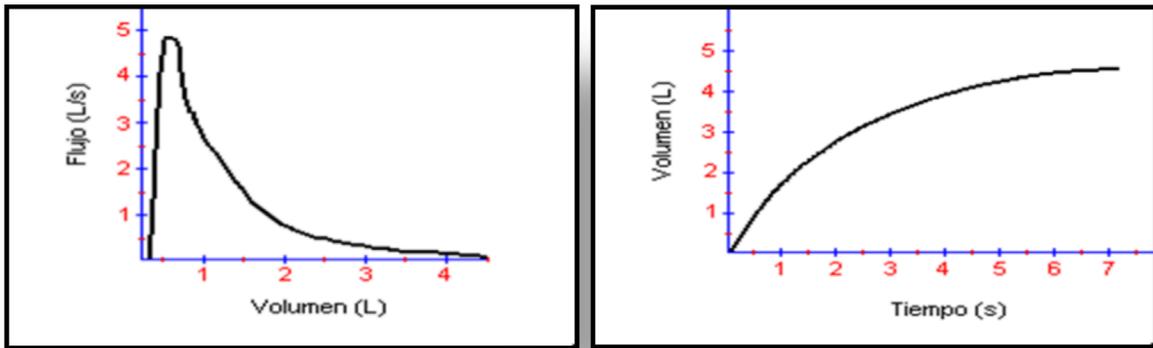
En el trazado se pueden individualizar volúmenes y capacidades que expresaremos en mililitros o en porcentajes de un valor de referencia.

## Espirometría forzada

El sujeto expulsará todo el aire que contengan sus pulmones tras una inspiración máxima, es decir, hasta el RV, en el menor tiempo posible, por ello el nombre de forzada. Se solicita al sujeto que realice una inspiración lenta pero máxima seguida de una espiración lo más rápida y prolongada posible.

## Representación gráfica de los volúmenes pulmonares dinámicos

FIGURA 1.  
Curva flujo-volumen curva volumen-tiempo



Las variables que se miden son:

- CVF: capacidad vital forzada: volumen total de aire en la espiración forzada. Valor normal por encima de 80%.
- VEF1: volumen espiratorio forzado en el 1º segundo: volumen expulsado en el primer segundo. Valor normal por encima del 80%.
- VEF1/CVF: relación en porcentaje. Valor normal por encima del 70%.
- FEF 25-75%: es el flujo producido en el 50% central de la espiración, expresa los cambios de las vías aéreas pequeños, el valor límite normal se establece en un 60%.
- FEM o *peak flow*: es el flujo máximo conseguido durante la maniobra de espiración forzada, se genera antes de expulsar el 15% de FVC y debe mantenerse al menos 10 ml/s (2)

## Principales patrones espirométricos

### *Patrón obstructivo*

Indica una reducción del flujo aéreo por aumento de la resistencia de las vías aéreas (asma, bronquitis), o por la disminución de la retracción elástica del parénquima (enfisema). Es decir, disminuye la velocidad con la que sale el aire.

Los valores espirométricos nos darían:

- FEV<sub>1</sub>/CVF: < 70%.
- FEV<sub>1</sub>: < 80%.
- FVC: normal.

### *Patrón restrictivo (no obstructivo)*

Se caracteriza por la reducción de la capacidad pulmonar total, ya sea por alteraciones del parénquima (fibrosis, ocupación, amputación...), del tórax (rigidez, deformidad) o de los músculos respiratorios y/o de su inervación. Es decir, disminuye la cantidad o volumen de aire exhalado.

Los valores espirométricos nos darían:

- FVC: < 80%.
- FEV<sub>1</sub>: < 80%.
- FEV<sub>1</sub>/FVC normal.

### *Patrón mixto (obstructivo-restrictivo):*

Combina las características de los dos anteriores. Disminuye la cantidad y la velocidad del aire exhalado. Sospecharemos un síndrome mixto si encontramos en la espirometría:

Los valores espirométricos nos darían:

- FVC: < 80%.

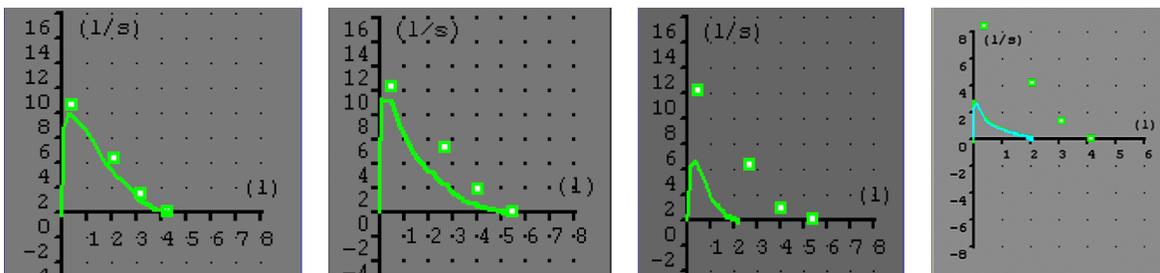
- FEV1: < 80%.
- FEV1/FVC: < 70%.

	Obstrutivo	Restrictivo	Mixto
CVF	Normal		
VEF1	↓	↓	↓
VEF1/CVF	↓	Normal	↓

### Criterios de reproducibilidad

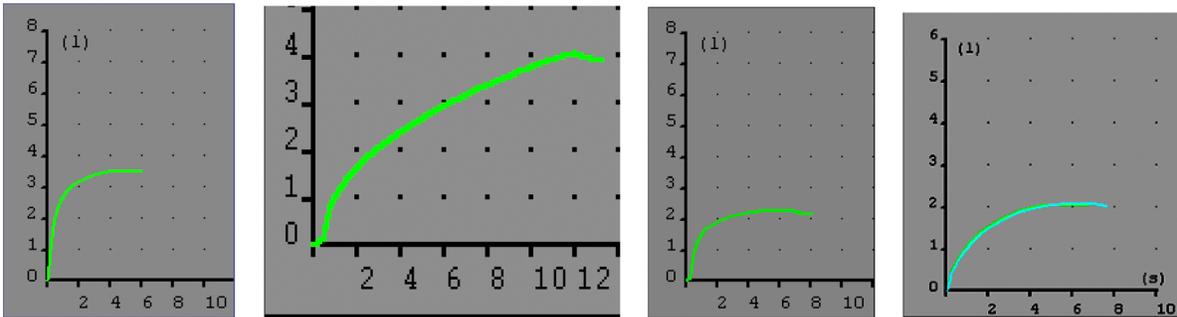
- Se deben realizar mínimo tres maniobras y deben tener la misma morfología y tamaño.
- Se obtiene de la diferencia de las dos mejores curvas aceptables realizadas
- La curva es reproducible si las diferencias de la FVC o el FEV1 son inferiores al 5% y 150 ml (Separ).
- En pacientes con una FVC menor de 1 l, la diferencia debe ser inferior a 100 ml.

FIGURA 2.  
Curvas flujo-volumen



*Patrón normal obstructivo restrictivo mixto*

FIGURA 3.  
Curvas volumen tiempo



### *Patrón normal obstructivo restrictivo mixto*

El orden de interpretación de una espirometría forzada es el siguiente:

En las curvas se debe observar:

- Dónde inicia.
- Qué forma tiene.
- Dónde termina.
- Cuánto tiempo dura.

La forma de la curva, respecto a los puntos de referencia nos orienta sobre la obstrucción.

La finalización de la curva (FVC) nos orienta sobre la restricción [3].

## Glosario

**Espirometría:** mide el flujo de aire. al medir la cantidad de aire que usted exhala y qué tan rápidamente lo hace, con la espirometría se puede evaluar un amplio rango de enfermedades pulmonares.

**Patrón obstructivo:** es un conjunto de síntomas que, dependiendo de sus características, pueden hacer sospechar la presencia de alteraciones a diferentes niveles del aparato respiratorio, esas alteraciones producen la obstrucción de las vías respiratorias.

Patrón restrictivo: se caracteriza por la reducción de la capacidad pulmonar total, ya sea por alteraciones del parénquima (fibrosis, ocupación, amputación...), del tórax (rigidez, deformidad) o de los músculos respiratorios y/o de su innervación.

## Bibliografía

1. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Del Campo F, Galdiz JB, et al. Espirometría. Arch Bronconeumol [Internet]. 2013 [citado 8 de junio de 2018];49(9):388-401. Disponible en: <http://www.archbronconeumol.org/es-pdf-S0300289613001178>
2. Esperanza Benítez-Pérez R, Torre-Bouscoulet L, Villca-Alá N, Del-Río-Hidalgo RF, Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC, et al. Espirometría: recomendaciones y procedimiento. Revisión Neumol Cir Torax Neumol Cir Torax [Internet]. 2016 [citado 8 de junio de 2018];75(2). Disponible en: <http://www.medigraphic.com/neumologia>
3. Niosh. Guía de Niosh sobre entrenamiento en espirometría, Este documento. 2007 [citado 8 de junio de 2018]; Disponible en: [https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c\\_sp/pdfs/2004-154c.pdf](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c_sp/pdfs/2004-154c.pdf)



Tr. Sonia Yanira Roncancio Poveda

**P**rofesional en Terapia Respiratoria de la Fundación Universitaria del Área Andina. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Militar Nueva Granada. Terapeuta respiratoria certificada por la Latin American Board for Respiratory Therapy. Actualmente candidata a magíster en Educación de la Universidad de Cuauhtémoc, México.

Con más de 20 años de experiencia en el cuidado respiratorio crítico del paciente adulto y neonatal. Con amplia experiencia en docencia universitaria en el área de cuidado respiratorio crítico y prácticas hospitalarias en Unidad de Cuidados Intensivos, con lo que contribuye así en la dirección y formación de nuevos terapeutas respiratorios, mediante criterios y estrategias metodológicas y pedagógicas, que mejoren en eficiencia y eficacia los procesos educativos y la práctica clínica.



## Ventilación mecánica (curvas y bucles)

**Tr. Sonia Yanira Roncancio Poveda, Docente de Práctica Clínica, Fundación Universitaria del Área Andina. Correo: sroncancio@areandina.edu.co**

La ventilación mecánica, en general, requiere del conocimiento claro de la anatomía y fisiología respiratoria. Durante la respiración espontánea, el diafragma y los músculos de la respiración se contraen en inspiración produciendo disminución de las presiones pleural, alveolar y de la vía aérea a presión subatmosférica, ocasionando una diferencia de presiones con el aire ambiente y promoviendo así el ingreso del aire a los pulmones [1]. Caso contrario ocurre en la respiración con presión positiva, la presión pleural, alveolar y de la vía aérea se aumentan durante la Inspiración, las cuales se vuelven supraatmosféricas [1]. Por tanto, la aplicación de presión positiva desde la ventilación mecánica continúa siendo una intervención terapéutica temporal de la función ventilatoria que requiere monitorización continua y seguimiento.

Cabe señalar también que la aplicación de un volumen de gas en el sistema respiratorio dado por la ventilación mecánica es el resultado de un juego de presiones y flujos en la vía aérea que van a depender de las condiciones elásticas y friccionales del pulmón generando interacción entre el equipo y el paciente [1, 2]. De esta manera, se estiman los valores de la mecánica pulmonar a partir del monitoreo tanto gráfico como ventilatorio y su interpretación [2].

En ese sentido, la tecnología hoy ha permitido generar avances en modalidades y estrategias ventilatorias que brindan la mayor información y monitoreo posible acerca de los parámetros del ventilador con el fin de evitar la lesión inducida por este. Actualmente, el soporte ventilatorio ha venido evolucionando generación tras generación desde la primera hasta la cuarta y quinta generación, en las que se puede observar la implementación de nuevos modos ventilatorios, sistemas de control automático, la opción de tener ventilación no invasiva en un mismo equipo, herramientas de liberación de la ventilación, modos duales, entre otros, y grandes sistemas de monitoreo específicamente gráfico que responden a las demandas del paciente [3].

En cuanto a los sistemas de monitorización, estos ventiladores admiten la visualización de pantallas de ondas de presión, flujo y volumen en tiempo real, las cuales facilitan

la interpretación y análisis de la mecánica ventilatoria, la interacción paciente-ventilador y la optimización del soporte ventilatorio [3]. Sin embargo, a pesar del gran avance tecnológico en el análisis gráfico y la evaluación de los parámetros de la mecánica pulmonar en la ventilación mecánica, aún existen falencias en esta práctica diaria por parte de los profesionales del área del cuidado crítico [4], lo que hace que esta información se subutilice, razón por la cual se hace necesario un mayor conocimiento y capacitación sobre el tema en referencia. Es importante, entonces, tener en cuenta que los gráficos ventilatorios requieren de entrenamiento, del entendimiento del contexto clínico de cada paciente, de los factores que la puedan afectar y de lo que pueda entorpecer su correcta interpretación.

Dado lo anterior, en esta revisión se pretende dar a conocer las diferentes ondas de los ventiladores como parte del monitoreo ventilatorio y la importancia de su interpretación adecuada. Así mismo, cómo esta representación gráfica puede aportar de manera significativa a la práctica asistencial del cuidado respiratorio crítico.

## Objetivos del seminario

- Identificar cada una de las curvas ventilatorias de acuerdo con las variables de presión, flujo y volumen con relación al tiempo.
- Identificar los bucles que forman parte del monitoreo ventilatorio presión/volumen y flujo/volumen.
- Interpretar la utilidad y alteraciones que puedan existir en estas ondas tanto curvas como bucles según la mecánica respiratoria del paciente.

## Ponencia temática

- Definición.
- Objetivos de los análisis gráficos.
- Curva presión/tiempo, utilidad y alteraciones.
- Curva flujo/tiempo, utilidad y alteraciones.
- Curva volumen/tiempo.
- Bucle presión/volumen, utilidad y situaciones frecuentes.

- Bucle flujo/volumen, utilidad y alteraciones.

## Desarrollo de la temática

Las curvas de la función respiratoria “son ondas que representan gráficamente los cambios de una variable fisiológica determinada durante un ciclo respiratorio. Estos cambios se denotan respecto al tiempo o de una variable a la otra” [5].

## Objetivos de los análisis gráficos

Dentro del monitoreo de curvas y bucles de la ventilación mecánica se pueden contemplar los siguientes objetivos [5, 6]:

- Determinación de patologías respiratorias mediante la medición de volumen corriente (VT), presión en la vía aérea (PIP), resistencia (R) y distensibilidad (C).
- Optimizar una estrategia ventilatoria como PEEP óptima, ventilación protectora.
- Valorar la respuesta a un determinado tratamiento (reclutamiento alveolar, terapia broncodilatadora, higiene bronquial).
- Evitar efectos adversos como sobredistensión alveolar, autoPEEP, iatrogenia pulmonar.
- Evaluar el *weaning*.
- Evaluar la sincronía paciente-ventilador (*trigger*, fugas, autociclado).

Las curvas más utilizadas en ventilación mecánica (VM) están caracterizadas por las tres principales variables que son la presión (P), el flujo (F) y el volumen (V), las cuales se comportan de acuerdo con las condiciones fisiopatológicas respiratorias del paciente y que funcionan en relación con el tiempo. Los bucles o lazos (P/V y F/V) interactúan entre más de una variable y de la misma forma que las curvas, su actuar va a depender de las propiedades mecánicas del pulmón. La interpretación de todas las ondas va a depender de la modalidad ventilatoria y de los parámetros programados en el ventilador [4].

## Curva presión/tiempo (P/T)

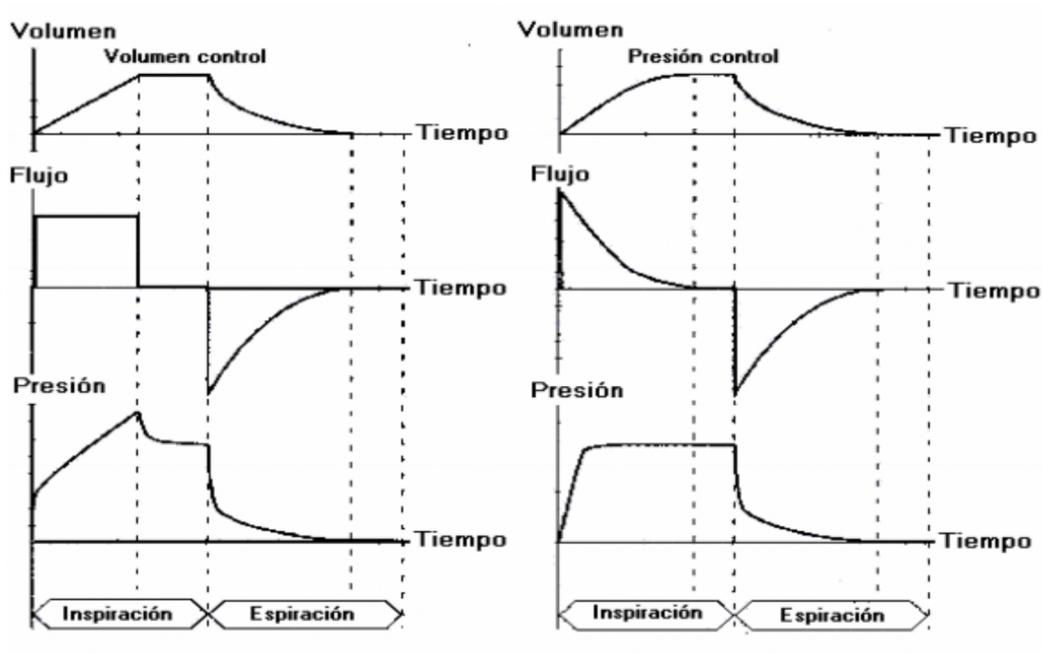
La curva P/T muestra los cambios graduales entre la presión de la vía aérea medida en el circuito del ventilador (cms H<sub>2</sub>O) con relación al tiempo (segundos) [4, 5]. Cabe resaltar

que esta curva grafica la variable ( $P^{\circ}$ ) en el eje de las ordenadas y el tiempo (t) en el de las abscisas y su morfología cambia en las modalidades cicladas por volumen y presión [5]. Esta presión puede ser positiva o negativa, positiva si se grafica externamente sobre la línea de la abscisa o negativa cuando se grafica por debajo de la línea base cuando la PEEP programada es cero, así mismo, cuando exista un esfuerzo realizado por el paciente. Cuando se programa PEEP o CPAP, la presión dada por el paciente se graficará por debajo de la línea basal de la PEEP<sup>4</sup>.

Como se citó, la morfología de la curva va a cambiar de acuerdo con el modo de ciclo del ventilador si es por volumen o presión [6] (figura 1).

### FIGURA 1.

Curvas de presión, flujo y volumen en modalidad ciclada por volumen y por presión [6]

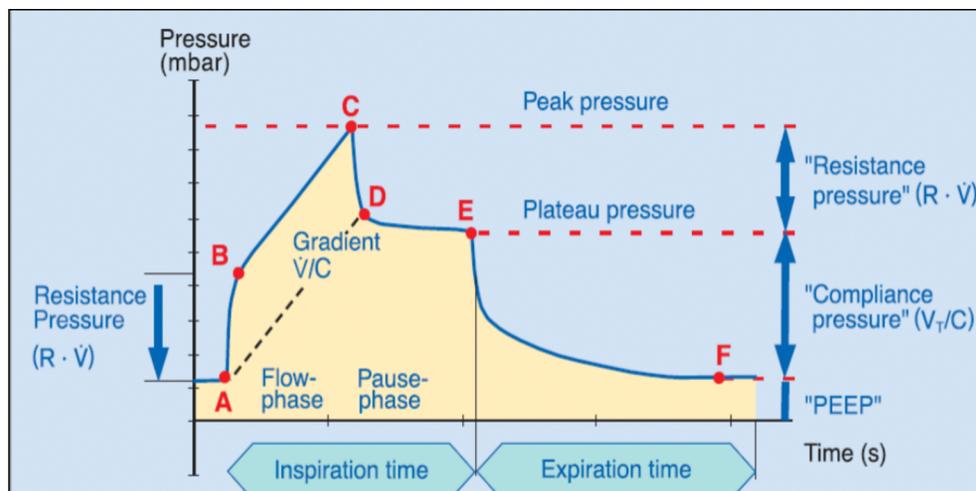


Fuente: Monitoreo gráfico en ventilación mecánica, p63.

En la curva P/T se puede observar la medición clínica de las presiones en la vía aérea a saber:

- PIP: presión inspiratoria pico es la máxima presión obtenida durante la ventilación con presión positiva y representa la presión necesaria para vencer la resistencia dada por los circuitos del ventilador, el tubo orotraqueal, el tejido pulmonar, la vía aérea como tal, el retroceso elástico del pulmón y de la pared del tórax [1]. En los puntos A y B se da el inicio de la inspiración, la cual se aumenta rápidamente debido a las resistencias del sistema, en el punto B, la presión aumenta en línea recta hasta alcanzar la presión pico en el punto C, en este punto el ventilador aplica un  $V_T$  determinado, como resultado la presión cae a la presión meseta [7].
- Presión meseta, *plateau* o alveolar: es la presión al final de la inspiración, después de una pausa inspiratoria D - E. El nivel de presión está dado por la distensibilidad y el volumen corriente [7].
- La espiración inicia en el punto E, siendo este un proceso pasivo, de tal forma que la elasticidad del tórax saca el gas hacia el exterior, venciendo la presión atmosférica. Una vez finalizada la exhalación se alcanza el nivel de PEEP [7].

FIGURA 2  
Presiones en la vía aérea. Curva P/T [8]



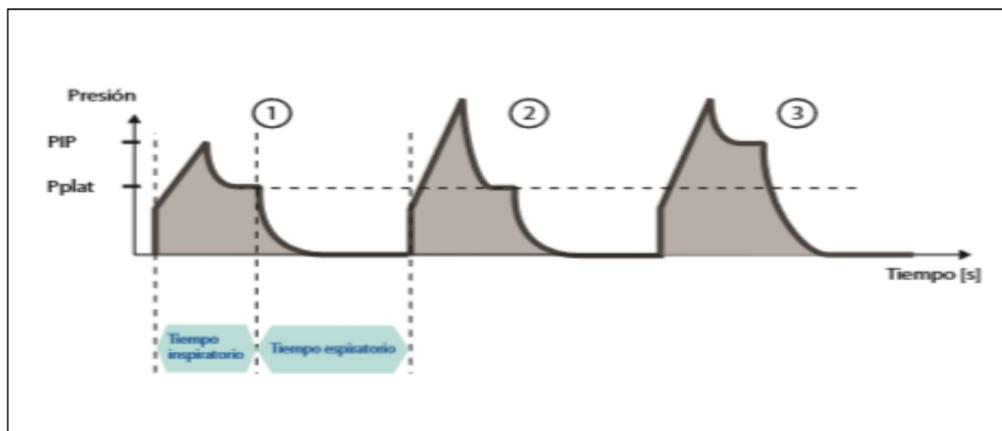
Fuente: Guía rápida de curvas y modos ventilatorios en anestesia, p. 6.

### Utilidad curva presión/tiempo [5]

- Identificar en la modalidad ciclada por volumen el aumento de la resistencia de la vía aérea.
- Distinguir la presencia de fugas, al presenciar una P° meseta inestable, una PIP muy disminuida o mantener una PEEP durante una pausa espiratoria.
- Sospechar la presencia de autoPEEP, al producirse un ascenso en la curva de presión, durante la maniobra de oclusión espiratoria.

### Alteraciones de la curva P/T

FIGURA 3.  
Situaciones frecuentes de la PIP y de la presión meseta [8]



Fuente: Guía rápida de curvas y modos ventilatorios en anestesia, p 10.

- Curva 1. Normal.
- Curva 2. Aumentos dados en la PIP, indican aumento en la resistencia de la vía aérea, sin generar cambios en la presión meseta. Si la R aumenta el pico de presión aumenta, y caso contrario, si la R disminuye el pico de presión también disminuye (broncoespasmo, secreciones tubo orotraqueal) [7, 8].
- Curva 3. Si la Distensibilidad disminuye la presión meseta y la PIP aumentan [7, 8].

## Curva flujo/tiempo (F/T)

La curva F/T describe los cambios en el flujo medido en el circuito del ventilador, el flujo corresponde a un concepto de velocidad, por tanto, se expresa en litros por minuto, de tal manera que, “la curva grafica los cambios de velocidad que sufre un volumen de gas durante su entrada o salida del sistema respiratorio” [4]. El flujo se mide en el eje de las “Y”, y el tiempo en el eje de las “X” [5]. Las curvas de flujo al igual que las de presión, también cambian con las modalidades cicladas por volumen y por presión, en la ciclada por volumen el flujo es constante y en la de presión, el flujo es desacelerante, este cambio se da en la porción inspiratoria sobre la línea base, puesto que la espiración es pasiva y va a depender de las características mecánicas del sistema respiratorio [5]. Cabe decir que el área bajo la curva de flujo es el volumen corriente movilizado en el ciclo del ventilador [4].

### *Utilidad de la curva flujo/tiempo (F/T)*

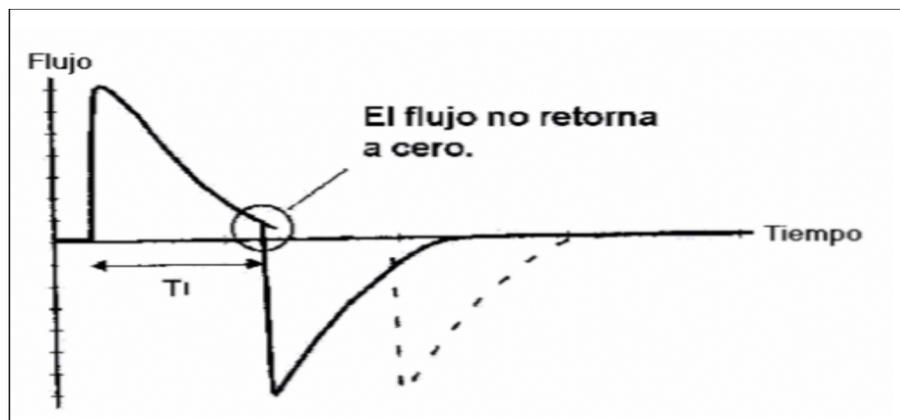
Dentro de las utilidades de curva flujo/tiempo se deduce [5]:

- Identificar atrapamiento aéreo.
- Evaluar la respuesta al tratamiento sobre el atrapamiento.

### *Alteraciones de la curva F/T*

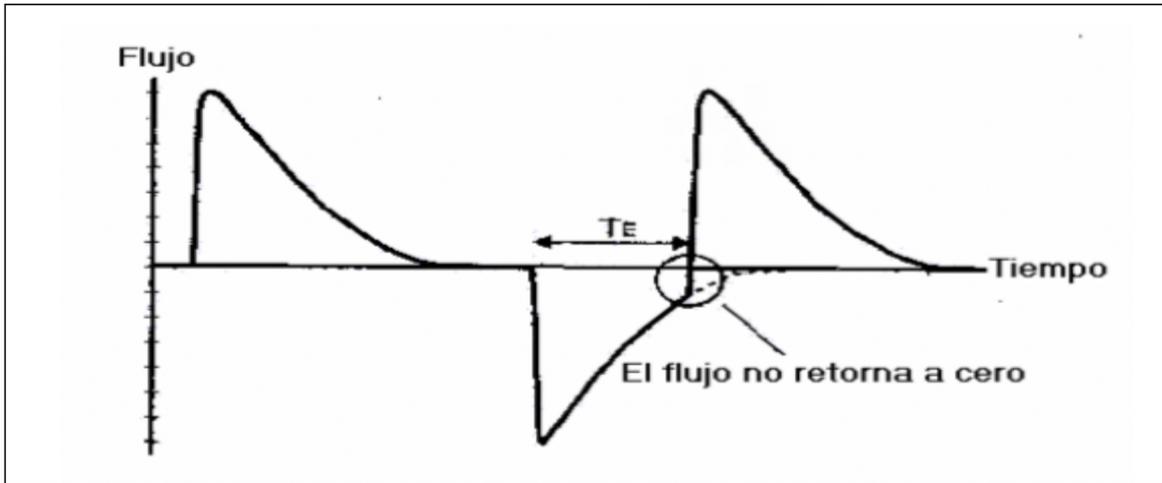
#### FIGURA 4 .

Curva flujo/tiempo, en que el flujo no retorna a cero, indicando tiempo inspiratorio insuficiente [6]



## FIGURA 5.

Curva flujo/tiempo, el flujo espiratorio no regresa a cero. Significa que el flujo espiratorio no es suficiente para una espiración completa, demostrando presencia de PEEP intrínseca [7].



Fuente: Monitoreo gráfico en ventilación mecánica, p. 64.

### Curva volumen/tiempo

Describe la relación entre la entrada y salida del volumen de gas aplicado al pulmón expresado en mililitros o litros, en un tiempo predeterminado [4]. La curva de volumen inspiratorio tiene un ascenso hasta el volumen predeterminado (Y), cuando esta inclinación es más vertical, indica menor tiempo inspiratorio y mayor flujo. La parte descendente corresponde a la espiración, si el volumen no llega a cero, indica fugas o escape aéreo [4].

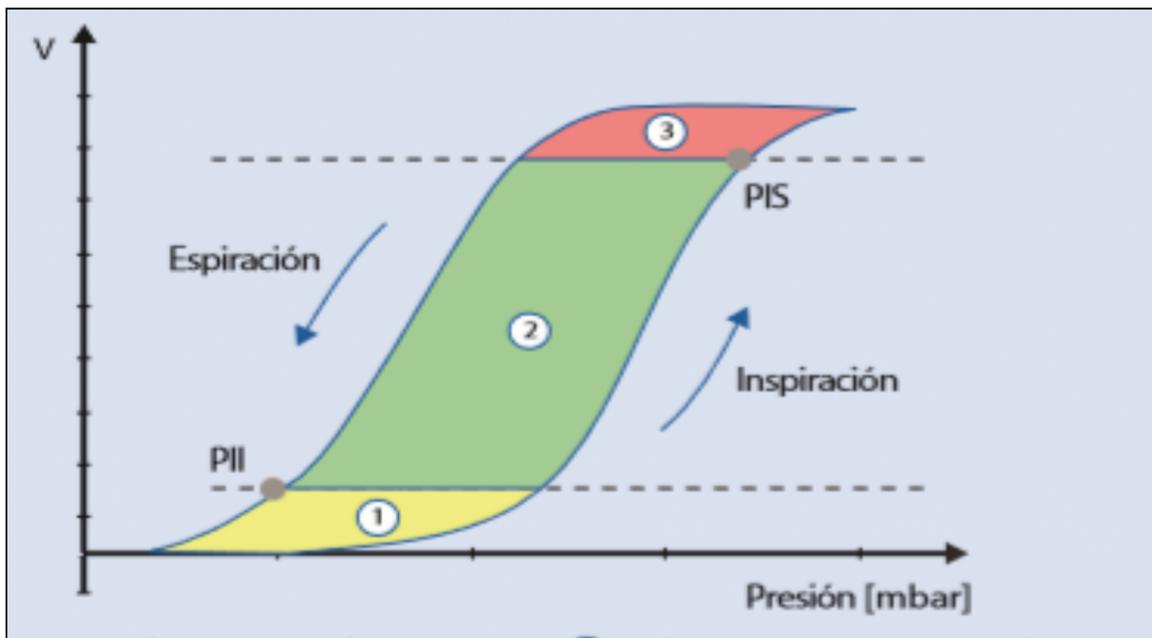
### Bucle presión/volumen

Representa los cambios de volumen pulmonar, con respecto a los cambios de presión en el ciclo de la respiración y se obtiene como resultado del método de la súper jeringa [5, 7]. El volumen se representa en el eje de las Y, y la presión en el eje de las X. La curva P/V se caracteriza principalmente porque los puntos de medición de presión y volumen son dados cuando el flujo de gas es igual a cero, por tanto, la relación presión-volumen son reflejo de la *compliance* [7].

### Utilidad del bucle P/V

- Demuestra sobre distensión alveolar a partir del punto de inflexión superior, en donde la curva se aplana denotando grandes cambios de presión, con pequeños cambios de volumen [5].
- Aplicación de PEEP óptima con base en el punto de inflexión inferior, puesto que este punto demuestra la presión de apertura alveolar [7].
- Permite evaluar la distensibilidad pulmonar, reflejando cambios en la pendiente de la curva [5].

FIGURA 6.  
Curva presión-volumen



Fuente: Guía rápida de curvas y modos ventilatorios en anestesia, p. 13.

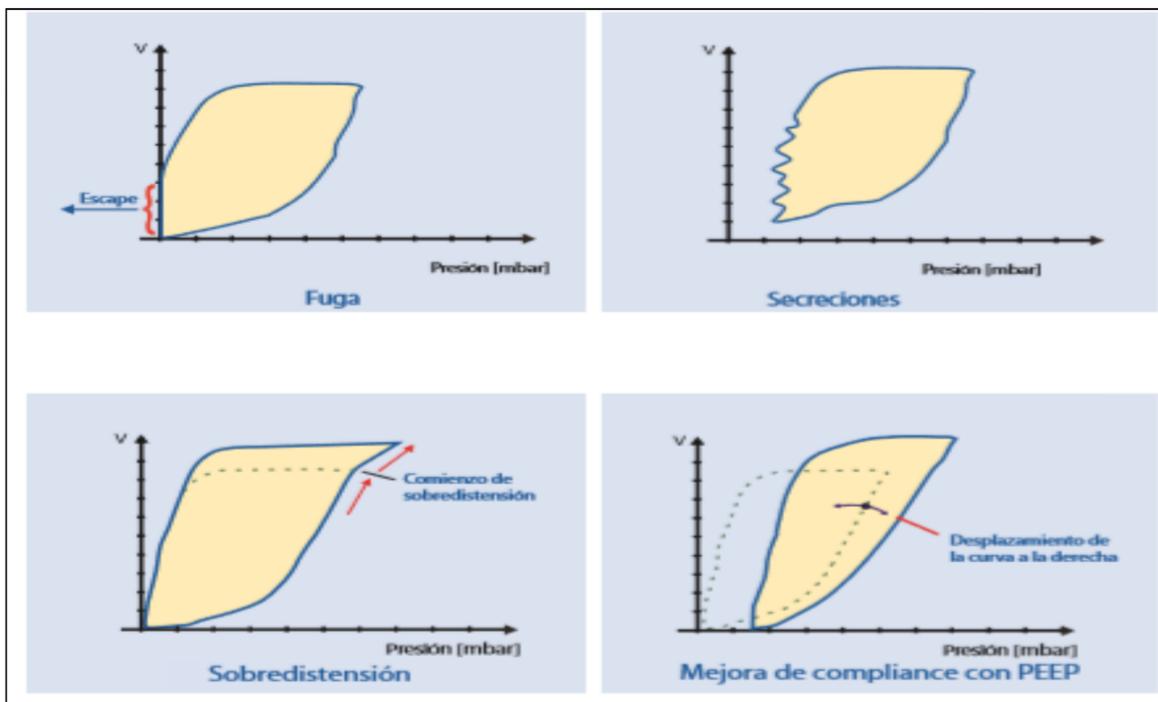
El punto de inflexión inferior (PII) en la inspiración es la presión que se necesita para reclutar alvéolos y en la rama espiratoria el PII, es el valor de PEEP necesario para evitar colapso alveolar [8]. El punto de inflexión superior (PIS) demuestra el nivel de menor reclutamiento y programar VT mayores al PIS con PEEP inferiores al PII genera sobre distensión alveolar [8].

La porción 1 de la curva muestra volúmenes pulmonares bajos cercanos a la capacidad residual funcional, los cuales disminuyen la distensibilidad. En la porción 2 de la curva es la parte de la curva más distensible, la cual genera valores de presión bajos. Finalmente, la porción 3 de la curva describe que, volúmenes pulmonares altos cercanos a la capacidad pulmonar total presentan una baja distensibilidad [8].

### Alteraciones de la curva P/V

Estas son algunas de las situaciones más frecuentes que se evidencian en el bucle P/V:

FIGURA 7.  
Situaciones más frecuentes en el bucle P/V [8]



Fuente: Guía rápida de curvas y modos ventilatorios en anestesia, p. 15.

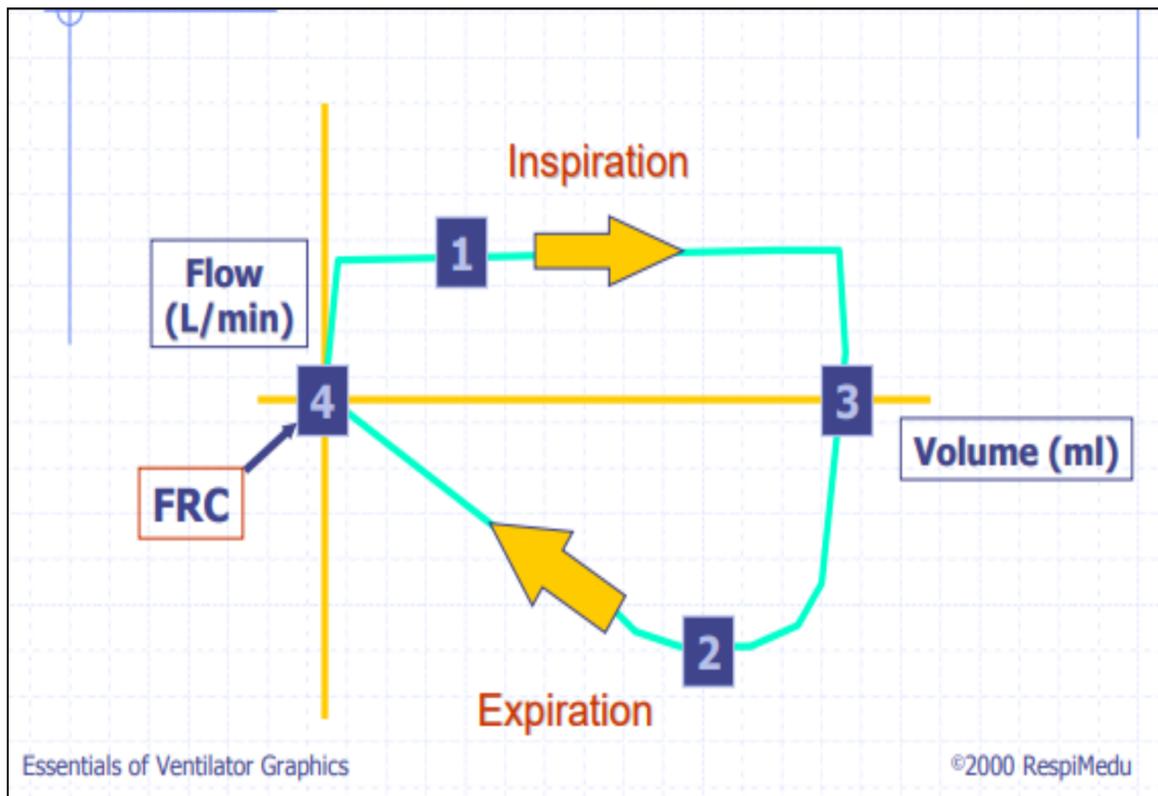
### Bucle flujo/volumen

El bucle F/V demuestra los cambios que se producen en el flujo de la vía aérea de acuerdo con los cambios del volumen pulmonar durante el ciclo respiratorio [5]. El bucle se abre con la inspiración y se cierra con la espiración.

### Utilidad bucle F/V

Su utilidad se basa principalmente en la información que se pueda tener acerca de la resistencia de la vía aérea, cuando en la fase espiratoria se observa un aumento en la resistencia generado por un bucle en forma de sierra dado por secreciones o agua en los circuitos del ventilador. De igual manera, se utiliza para evaluar la posibilidad de atrapamiento aéreo cuando el flujo no llega a cero [5, 7].

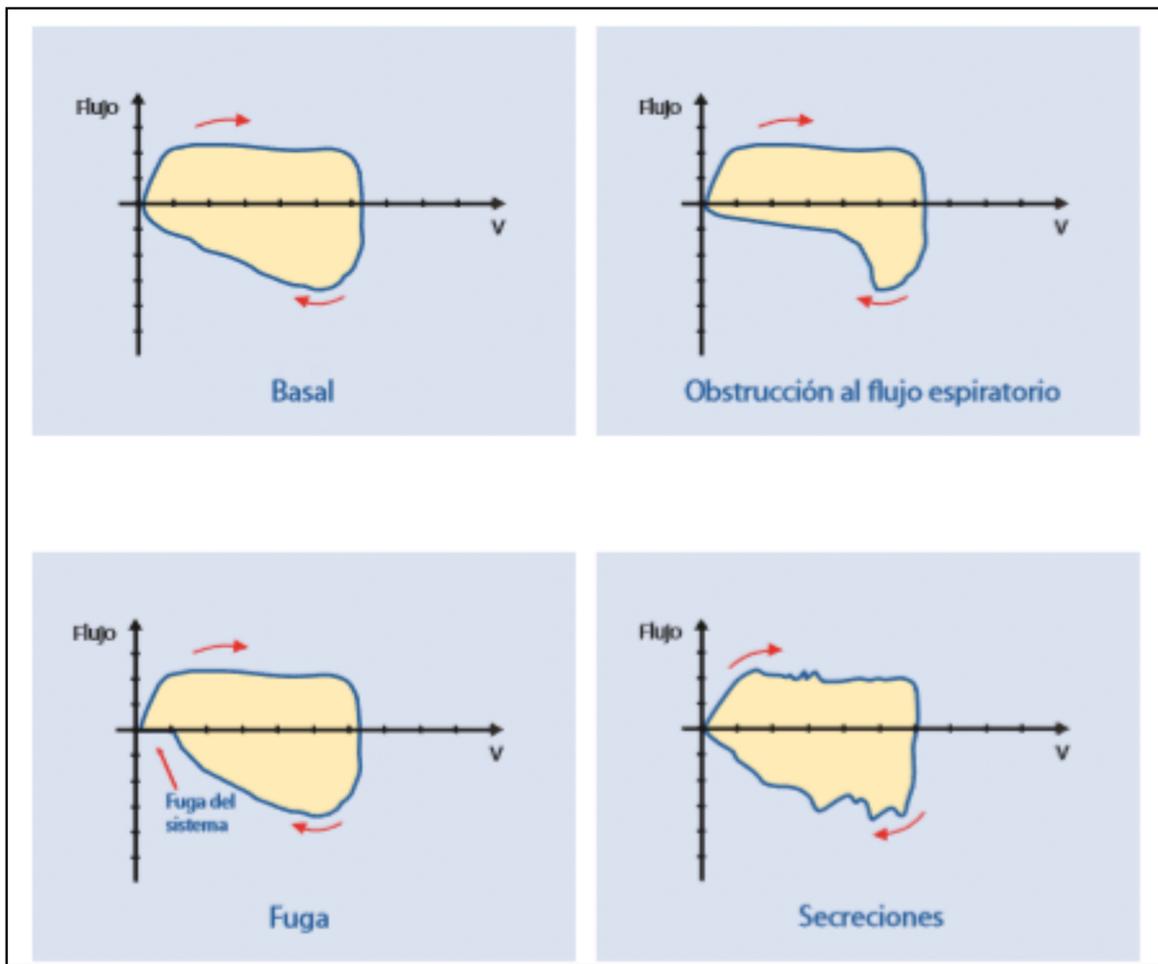
FIGURA 8.  
Bucle flujo/volumen



Fuente: Curvas de ventilación Fase 1: fase inspiratoria. Fase 2, fase espiratoria. Fase 3: inicio de la espiración. Fase 4: inicio de la inspiración [9].

*Alteraciones del bucle F/V*

FIGURA 9 .  
Alteraciones de la curva flujo/volumen [8]



Fuente: Guía rápida de curvas y modos ventilatorios en anestesia, p. 17.

## Glosario

Curvas de la función respiratoria: representación gráfica de los cambios que denota una variable fisiológica ( $P^o$ ,  $F$ ,  $V$ ), durante un ciclo de la respiración. Estos cambios pueden ser con respecto al tiempo o entre una variable y otra [5].

Curva flujo/tiempo: grafica los cambios en el flujo aéreo tanto inspiratorio como espiratorio con relación al tiempo. El flujo se asocia al concepto de velocidad [4].

Distensibilidad estática: es la relación entre el volumen suministrado y la presión meseta, de tal manera que no se tiene en cuenta la resistencia de la vía aérea [10].

Resistencia: “está determinado por consumo de energía expresado en unidades de presión, que se produce por el movimiento de un fluido (cms H<sub>2</sub>O/L/s)” [4].

$$R = P/Q$$

PEEP intrínseco: “es una estimación de la presión alveolar al final de la espiración, que se pone de manifiesto en condiciones de flujo cero” [5].

Presión inspiratoria pico: es la presión máxima alcanzada al final de la inspiración, generada por la resistencia friccional de la vía aérea. No debe superar los 30-35 cms H<sub>2</sub>O [10].

Presión meseta o presión *plateau*: indica la presión de retroceso elástico del sistema respiratorio. Se da por la distribución de aire dentro del pulmón y se mide al final de una pausa inspiratoria en flujo cero durante 2-3 segundos. Su valor debe ser menor a 30 cms H<sub>2</sub>O [5].

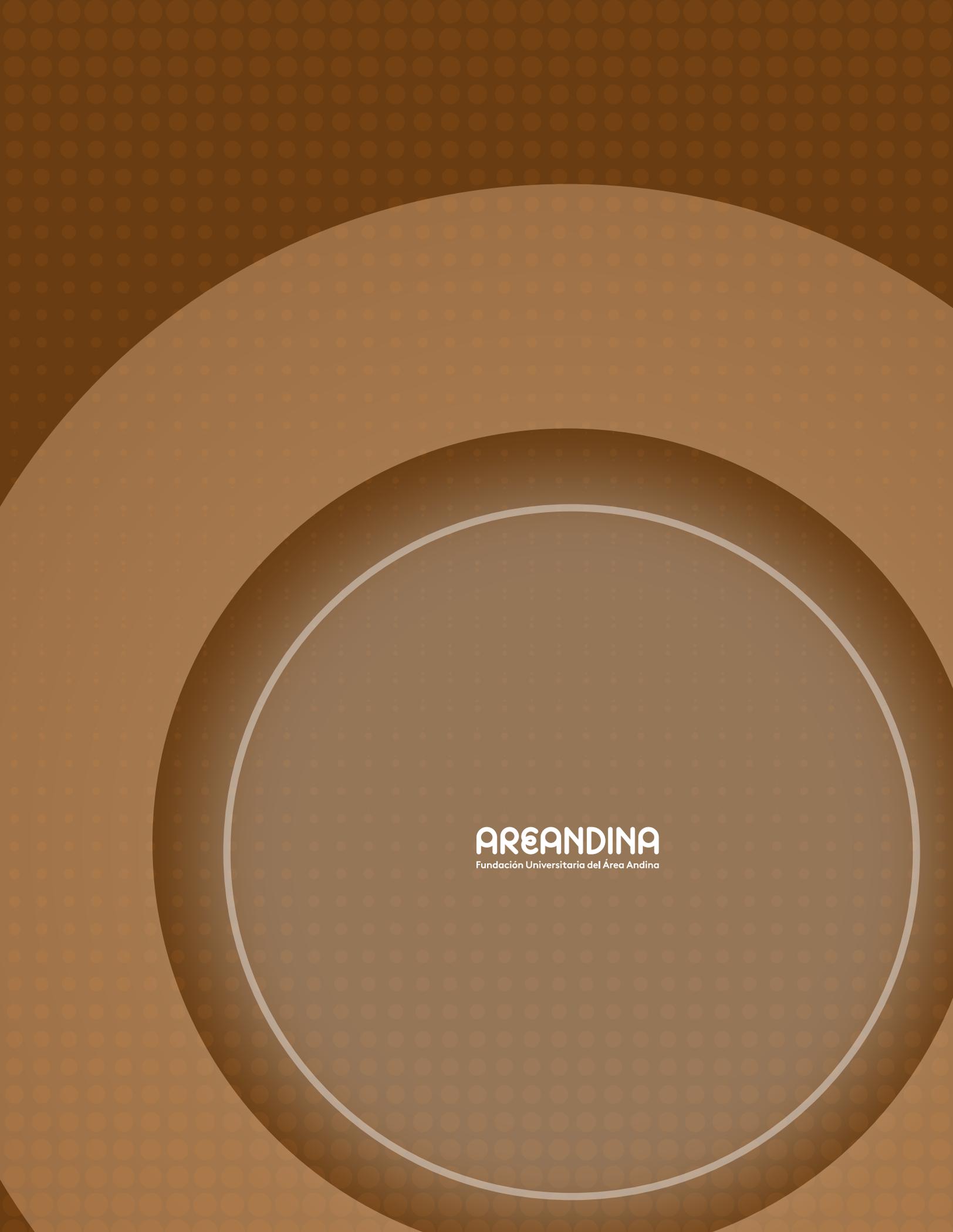
Punto de inflexión inferior: punto bajo de máxima curvatura en la inspiración vista en la curva presión-volumen [11]. En la rama inspiratoria es la presión necesaria para reclutamiento alveolar, y en la rama espiratoria corresponde al valor de PEEP para evitar colapso alveolar [8].

Punto de inflexión superior: punto en la rama inspiratoria de máxima curvatura de presión que no debe sobrepasarse durante la ventilación [11]. Indica el nivel de menos reclutamiento [8].

## Bibliografía

1. Dueñas C, Ortiz G, González MA. Ventilación Mecánica. Aplicación en el paciente crítico. 2da edición. Bogotá Colombia. Ed Distribuna: 2011; p. 85.
2. García Prieto E, Amado Rodríguez L, Albaiceta GM, por el grupo de Insuficiencia Respiratoria Aguda de la SEMICYUC. Monitorización de la mecánica respiratoria del paciente ventilado. Med Intensiva. 2014;38(1):49-55. Disponible en: <http://www.medintensiva.org/index.php?p=watermark&idApp=WMIE&piItem=So21056911300212X&origen=medintensiva&web=medintensiva&urlApp=http://www.medintensiva.org/&estadoItem=S300&idiomaItem=es>
3. Correger E, Murias G, Chacón E, Estruga A, Sales B, López Aguilar J, et al. Interpretación de las Curvas del respirador en pacientes con Insuficiencia Respiratoria Aguda. Med Intensiva. 2012;36(4):294-306. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/medinte/v36n4/revision.pdf>
4. Arellano Daniel. Análisis Gráfico de la Ventilación Mecánica. Kinesiología. 2007. 26(2):17-27. Disponible en: <https://vmuchile.files.wordpress.com/2012/10/grafica-arellano.pdf>
5. Pérez M, Mancebo J. Monitorización de la Mecánica Ventilatoria. Med Intensiva. 2006;30(9). Disponible en [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-56912006000900004](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912006000900004)
6. Monitoreo gráfico en ventilación mecánica. Disponible en: <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/urgencia/h.pdf>
7. Gómez M. M, Prada R, L. Interpretación clínica de las curvas y bucles. Volviendo a lo básico. En: Ferrer L, Celis E, editores. SORBA, Octavo curso Taller de Ventilación Mecánica. Bogotá, Colombia: Distribuna; 2015, pp. 160-167.
8. Lauber C, López G, Sánchez A, Coli A. Guía rápida de curvas y modos ventilatorios en Anestesia. Servicio de Anestesia Hospital Pediátrico. Centro Hospitalario Pereira Rossel. ASSE. Montevideo Uruguay. Pp 6, 10, 13. Disponible en: <http://studyres.es/doc/3306212/gu%C3%A1-r%C3%A1pida-de-modos-ventilatorios-en-anestesia-pedi%C3%A1trica>
9. Barreto David. Curvas de Ventilación. CMN La Raza-IMSS. Septiembre 2013. Disponible en:

10. <https://medicinacriticapediatrica.files.wordpress.com/2013/04/curvas-de-ventilacic3b3n.pdf>
11. Arata AL, Franceschini CM. Ventilación Mecánica. Ed Journal. Buenos Aires. 2010, p. 16.
12. Donoso A, Arriagada D, Contreras D, Ulloa D, Neumann M. Monitorización respiratoria del paciente pediátrico en la Unidad de Cuidados Intensivos. Bol Med Hosp Infant Mex. 2016;73(3):149-165. Disponible en:
13. [https://ac.els-cdn.com/S1665114616300399/1-s2.0-S1665114616300399-main.pdf?\\_tid=abef4396-afae-41a2-8cda-7e75bf47e722&acdnat=1527034215\\_1bc40bcf33d185930c-1b46e517a5316a](https://ac.els-cdn.com/S1665114616300399/1-s2.0-S1665114616300399-main.pdf?_tid=abef4396-afae-41a2-8cda-7e75bf47e722&acdnat=1527034215_1bc40bcf33d185930c-1b46e517a5316a)
14. Albaiceta GM. Curvas presión-volumen en la lesión pulmonar aguda. Med. Intensiva. 2009 jun./jul.33(5)Disponible en:
15. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-56912009000500005](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912009000500005)

The background features a dark brown field with a light brown dot pattern. Overlaid on this are three concentric circles: a large outer circle in a medium brown shade, a smaller middle circle in a darker brown shade, and a thin white inner circle.

**AREANDINA**  
Fundación Universitaria del Área Andina