

# **GUÍA PARA LA PRÁCTICA No. 16**

## **FISIOLOGÍA RESPIRATORIA Y ESPIROMETRÍA**

### **OBJETIVO GENERAL**

Entender la importancia y la aplicación de las leyes generales de los gases en la fisiología médica, así como la utilidad de la espirometría en la práctica clínica.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Comprender la relación entre las variables que se incluyen en las principales leyes de los gases (Presión, Temperatura, Volumen, mol)
- Describir las bases físicas y fisiológicas de la ventilación pulmonar y el intercambio gaseoso.
- Conocer la diferencia entre un volumen y una capacidad pulmonar.
- Conocer los métodos de medición de volúmenes y capacidades pulmonares.
- Analizar las diferencias entre los registros espirométricos de las curvas volumen- tiempo y de las curvas flujo- volumen.
- Correlacionar los patrones obstructivos y restrictivos con sus respectivas curvas volumen- tiempo y flujo- volumen.

### **CUESTIONARIO PREVIO**

1. ¿Qué factores anatomofisiológicos determinan la resistencia al flujo aéreo en el sistema respiratorio?
2. ¿Mencione la composición química del factor surfactante y cuál es su función en la dinámica pulmonar?
3. ¿Qué es la tensión superficial?
4. Definición de Presión, Volumen, Temperatura, mol, masa molar, difusión y gas ideal.
5. ¿Qué establecen las leyes de Boyle, Charles, Gay Lussac y la ley general de los gases ideales?
6. ¿En qué consiste la ley de Dalton de las Presiones Parciales?
7. ¿Cuál es la relación entre la presión y la tensión de acuerdo a la ley de Laplace-Young?

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el término respiración incluye 3 procesos:

- Ventilación, que incluye la mecánica respiratoria, es decir, todos los mecanismos involucrados en la entrada y salida de aire de los pulmones.<sup>1</sup>
- Intercambio de gases, donde se estudia la difusión del oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire alveolar y la sangre en los pulmones.<sup>1</sup>
- Respiración celular, que involucra la utilización del oxígeno en los tejidos para la producción de energía y la producción de CO<sub>2</sub> como metabolito.<sup>1</sup>

Podemos agregar también un cuarto proceso, que involucra los mecanismos de control y regulación de la respiración.<sup>2</sup>

La física de fluidos es una rama fundamental de la ciencia que ayuda en gran medida a comprender muchos de los procesos que ocurren dentro del cuerpo humano, desde la mecánica ventilatoria hasta el origen de los soplos, pasando por una gran cantidad de fenómenos cuyo origen y explicación son meramente físicos. Es por ello que se vuelve relevante, para el estudiante de la carrera de medicina, que se familiarice con los conceptos básicos y sea capaz de entender y aplicar las leyes fundamentales que son aplicables a los fluidos.

### Ley de Boyle

Establece que a temperatura constante, el volumen de una masa fija de gas es inversamente proporcional a la presión que este ejerce, es decir si el volumen aumenta la presión disminuye, y si la presión aumenta el volumen disminuye. En términos matemáticos se puede expresar como ( $P \cdot V = K$ ), donde P es presión y V es volumen.

Supongamos que tenemos un cierto volumen de gas V1 que se encuentra a una presión P1 al comienzo del experimento. Si variamos el volumen de gas hasta un nuevo valor V2, entonces la presión cambiará a P2, y se cumplirá:

$$P1V1 = P2V2$$

.Esta ley es importante para entender el proceso de ventilación. Durante la inspiración el diafragma y los músculos intercostales se contraen y el volumen de la cavidad torácica aumenta. ¿Cómo crees que se modifique la presión de aire intratorácica en relación a la presión externa?. ¿Qué relación tienen los cambios de presión con el flujo de aire durante la inspiración y espiración?. Aplicando esta misma ley, ¿Por qué crees que cuando subes a un avión a veces duelen los oídos?.

## Ley de Charles

Postula que el volumen (V) de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta (T), considerando una presión constante. A nivel pulmonar se encuentra una mayor temperatura que el medio ambiente, por lo que los gases inhalados en el aire se expandirán aumentando así el volumen pulmonar.

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2}$$

Esta ley no afecta la respiración tanto como lo hace la ley de Boyle, pero tiene un efecto. Considera por ejemplo cómo respiras en un día frío (-10° C) o en un día cálido (37° C). En el caso del día frío el aire se expande mientras pasa por tus sistema respiratorio y se calienta hasta 37° C.

Calcula con la fórmula de arriba ¿qué volumen de aire tienes que tomar para llenar tus pulmones con 500 ml en el caso de un día frío o un día cálido?.

## Ley de Gay Lussac

Determina que a un volumen constante, la presión de un gas (P) es directamente proporcional a su temperatura (T). Como ya se mencionó la temperatura pulmonar provocará que los gases inhalados tengan mayor presión.

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$$

## Ecuación universal de los gases

Las leyes anteriores se pueden resumir en la siguiente ecuación:

$$\frac{P1V1}{T1} = \frac{P2V2}{T2}$$

## La ley de Dalton

Afirma que la presión barométrica (PB) es la suma de sus presiones parciales individuales.

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$$

Así, en el caso del aire seco normal, la mayor parte de la PB a nivel del mar de 760 mmHg se debe al nitrógeno (593 mmHg) y al oxígeno (159 mmHg), con una contribución menor de gases como el argón y el dióxido de carbono. Al aumentar la PB como en el buceo, o al descender como en las grandes altitudes, la presión de cada gas cambia de manera proporcional al cambio de la PB. Algunos gases como el oxígeno o el nitrógeno pueden ser tóxicos cuando sus presiones parciales aumentan en la sangre, es por esto que los tanques de buceo deben tener mezclas especiales de gases para evitarlo. También es importante esta ley en la oxigenoterapia, por ejemplo en un paciente con capacidad pulmonar reducida se le puede aumentar la concentración parcial de oxígeno, pero es importante cuidar que en concentraciones muy altas puede tener efectos nocivos.

## Ley de Laplace-Young

La ley de Laplace dice que entre más grande sea el radio de una esfera, mayor será la tensión necesaria en la pared para soportar una presión ( $T = P * r$ ). En una situación de equilibrio, la tendencia de la mayor presión a expandir la burbuja equilibra la tendencia de la presión superficial a colapsar. En el caso de los alveolos, la Ley de Laplace relaciona la tensión superficial (T) con la presión (P) en una esfera de radio (r).

$$P = \frac{2T}{r}$$

La cantidad de presión necesaria para inflar los alveolos estará determinada por la Tensión superficial y el radio de estos. El moco que rodea a los alveolos tiene una tensión superficial de aproximadamente 50 dinas / cm y un alveolo pasa de aproximadamente 0.005 cm de radio a 0.01 cm de radio.

Al realizar el cálculo de la presión necesaria para mantener el alveolo inflado 0.005 cm tenemos:

$$P = (2 * 50 \text{ dinas/cm}) / 0.005 \text{ cm}$$

$$P = 20,000 \text{ dina /cm}^2$$

$$\text{Considerando que: } 1 \text{ dina /cm}^2 = 7.5 \times 10^{-4} \text{ mmHg}$$

$$P = 15 \text{ mmHg}$$

La presión necesaria para mantener el alveolo inflado a  $0.01 \text{ cm}^2$  es de  $7.5 \text{ mmHg}$ . Te invitamos a hacer el cálculo.

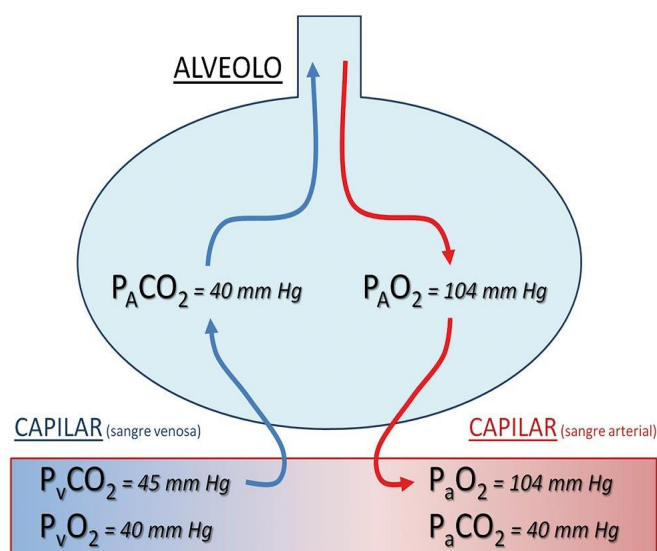
Ahora considera que la diferencia de presión durante la respiración es aproximadamente  $1 \text{ mmHg}$ . Aquí es donde el surfactante participa para disminuir la tensión superficial aproximadamente 15 veces, permitiendo que esta pequeña diferencia de presiones sea suficiente para inflar los alveolos. En casos de niños prematuros que no producen surfactante los alveolos no pueden inflarse.

## Intercambio gaseoso

Todos los gases importantes en fisiología respiratoria son moléculas simples que se mueven por difusión, esto aplica para los gases que están disueltos en los líquidos y en los tejidos del cuerpo.

Una vez que el oxígeno ha difundido desde los alvéolos hacia la sangre pulmonar es transportado hacia los capilares de los tejidos periféricos combinado con la hemoglobina, en las células de los tejidos corporales el oxígeno reacciona con varios nutrientes para formar dióxido de carbono.

En el alveolo al existir una  $PO_2$  de oxígeno atmosférico de  $104 \text{ mmHg}$  y en la sangre venosa que entra al capilar pulmonar una  $PO_2$  de  $40 \text{ mmHg}$  se permite que difunda el oxígeno hacia el capilar pulmonar gracias a esta diferencia de presiones lo que hace que la  $PO_2$  aumente para posteriormente cuando esta sangre ya oxigenada llegue a los tejidos periféricos pueda difundir el oxígeno de nuevo por la diferencia de presión que exista ya que en los tejidos tenemos una  $PO_2$  baja comparada con la sangre capilar, al estar siendo siempre utilizado el oxígeno por los tejidos, el cual se convertirá en  $CO_2$  por lo que la  $PCO_2$  será elevada en los tejidos periféricos lo que hará que se difunda el  $CO_2$  hacia los capilares tisulares y sea transportado por la sangre hasta los pulmones donde será espirado.



La oximetría de pulso utiliza dos luces (roja e infrarroja) para valorar la saturación de oxígeno en la hemoglobina (Hb), cuando esta luz es emitida, una porción atraviesa hasta el detector de luz y otra no (es "absorbida" por el dedo) por lo cual el oxímetro cuantifica la diferencia entre estas y así provee el resultado.

## REGISTRO DE LAS VARIACIONES DEL VOLUMEN PULMONAR

El *espirograma* es el registro del movimiento del volumen de aire que entra y sale de los pulmones, se obtiene mediante una prueba de función pulmonar llamada *espirometría*.

### Volúmenes pulmonares estáticos

Para facilitar la descripción del espirograma este se ha dividido en cuatro volúmenes y cuatro capacidades (Fig. 1).

### Volúmenes Pulmonares

Se describen 4 volúmenes que cuando se suman, son iguales al volumen máximo al que se pueden expandir los pulmones:

1. **Volumen corriente o volumen de ventilación pulmonar:** Es la cantidad de aire que ingresa a los pulmones con cada inspiración o que sale en cada espiración en reposo. Esta es de aproximadamente 500 ml en el varón adulto.
2. **Volumen de reserva inspiratoria:** Es el que se registra cuando se le pide al paciente que realice una inspiración forzada, corresponde al aire inspirado adicional al volumen corriente (aproximadamente 3, 000 ml).
3. **Volumen de reserva espiratoria:** Es el que se registrará cuando se le pide al paciente, realice una espiración forzada, corresponde al aire espirado adicional al volumen corriente (aproximadamente 1, 100 ml).
4. **Volumen residual:** Es el volumen de aire que queda en los pulmones después de una espiración forzada; es en promedio de 1, 200 ml.

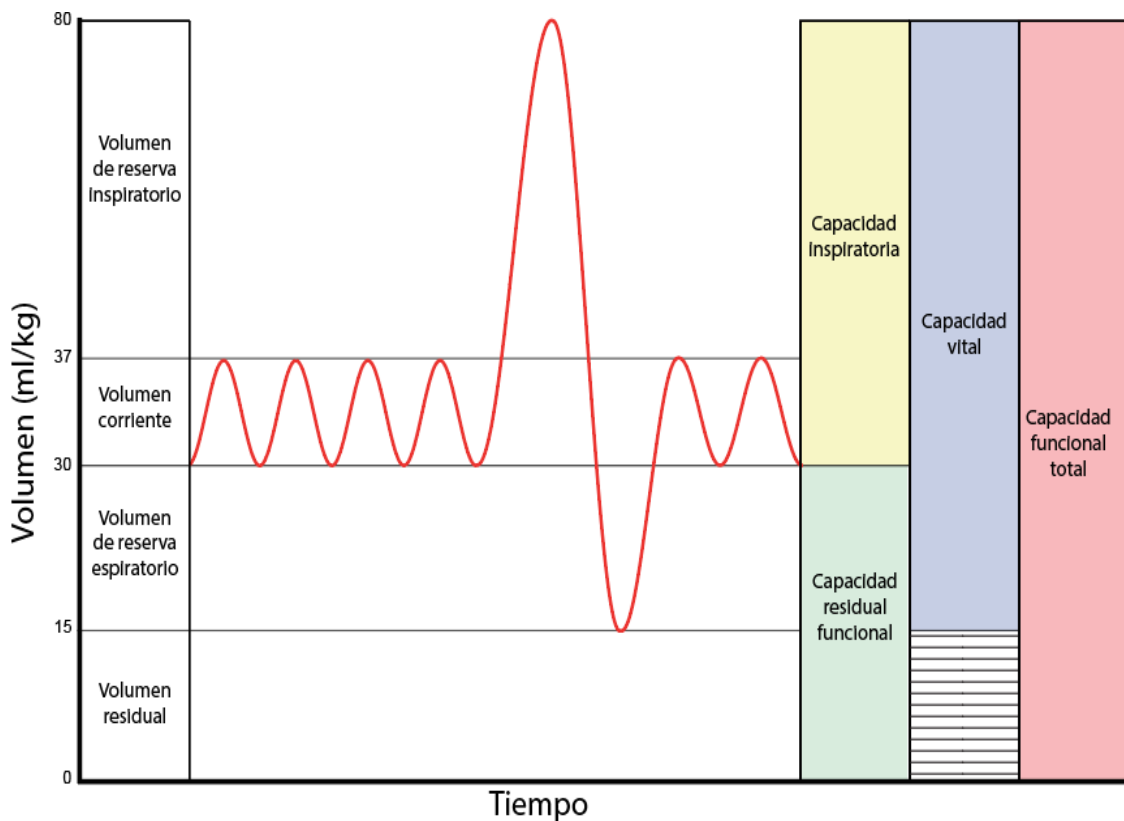
La cantidad de aire inspirado por minuto o ventilación pulmonar normal es de 6 l (500 ml por respiración, por 12 respiraciones por minuto)

### Capacidades pulmonares

En el estudio del paciente con alteraciones pulmonares, a veces es deseable considerar la combinación dos o más de los volúmenes pulmonares. Estas combinaciones se denominan capacidades pulmonares, las cuales se describen a continuación:

1. **Capacidad inspiratoria:** Es igual al *volumen corriente* más el *volumen de reserva inspiratoria*. Este volumen representa la cantidad de aire que una persona puede inspirar, comenzando en el nivel espiratorio normal y distendiendo los pulmones hasta la máxima capacidad, su valor aproximado es de 3600 ml.

2. **Capacidad residual funcional:** Es el *volumen de reserva espiratoria* más el *volumen residual*. Este volumen representa el aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal. La capacidad residual funcional corresponde al volumen pulmonar en el que la tendencia de retracción de los pulmones y la tendencia opuesta de la pared torácica a expandirse son iguales, es decir están en equilibrio, y corresponde a la posición de reposo del aparato respiratorio (aproximadamente 2,300 ml)
3. **Capacidad vital:** Es el máximo volumen de gas espirado tras un esfuerzo inspiratorio máximo. Se obtiene sumando el *volumen de reserva inspiratorio* más el *volumen corriente*, más el *volumen de reserva espiratoria* (Aproximadamente 4,600 ml). En clínica el valor de la capacidad vital es importante debido a que se utiliza como un índice de la *función pulmonar*.
4. **Capacidad pulmonar total:** Es el volumen máximo que puede ingresar a los pulmones tras un esfuerzo inspiratorio máximo (aproximadamente 5,800 ml). Se obtiene sumando la *capacidad vital* más el *volumen residual* (Fig. 1)



**Figura N° 1. Volúmenes y Capacidades Pulmonares.**

## Volúmenes pulmonares dinámicos

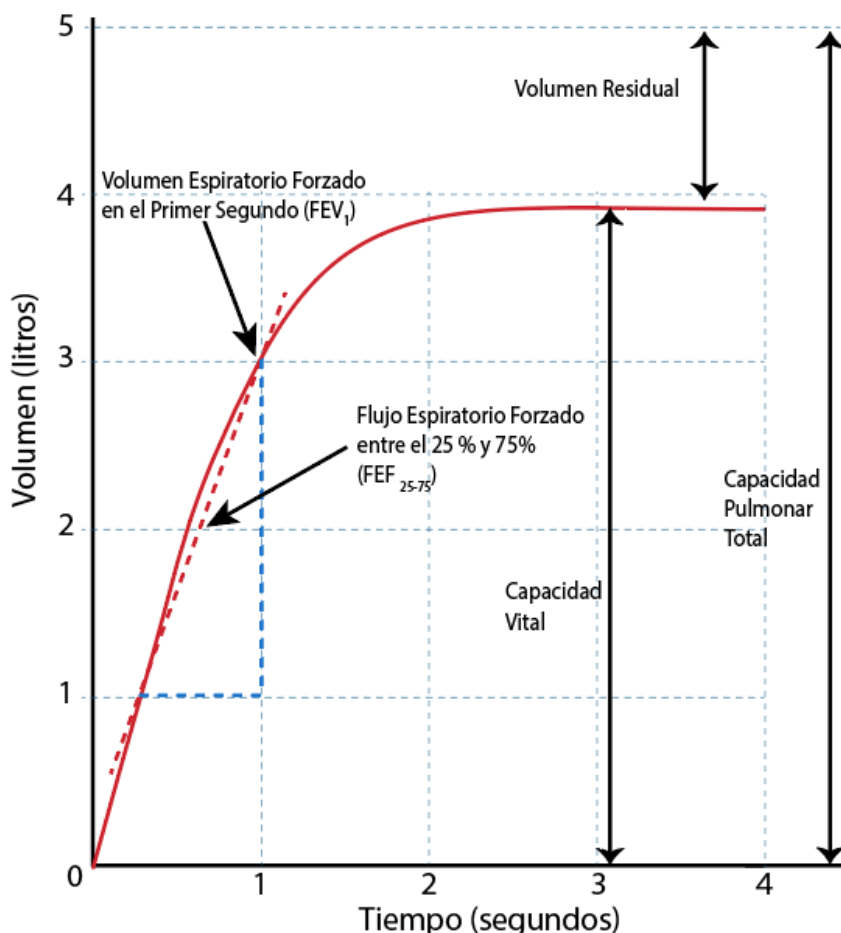
Se denominan dinámicos porque involucran el *factor tiempo*, para su medida se usa el espirómetro. Para realizarla se pide al paciente que llene de aire sus pulmones al máximo, hasta alcanzar su Capacidad Pulmonar Total. Posteriormente se le pide que realice una espiración forzada durante al menos 6 segundos. Con esta maniobra se pueden medir los siguientes parámetros funcionales:

**Capacidad Vital Forzada (CVF):** Es el volumen total que el paciente espira mediante una espiración forzada máxima, después de llenar sus pulmones al máximo.

**FEV<sub>1</sub>,** Es el volumen de gas espirado en el primer segundo (Fig. 3)

**FEF<sub>25-75%</sub>,** Es el flujo de aire en la parte media de la espiración forzada entre el 25% y 75%. (Se mide en litros/s).

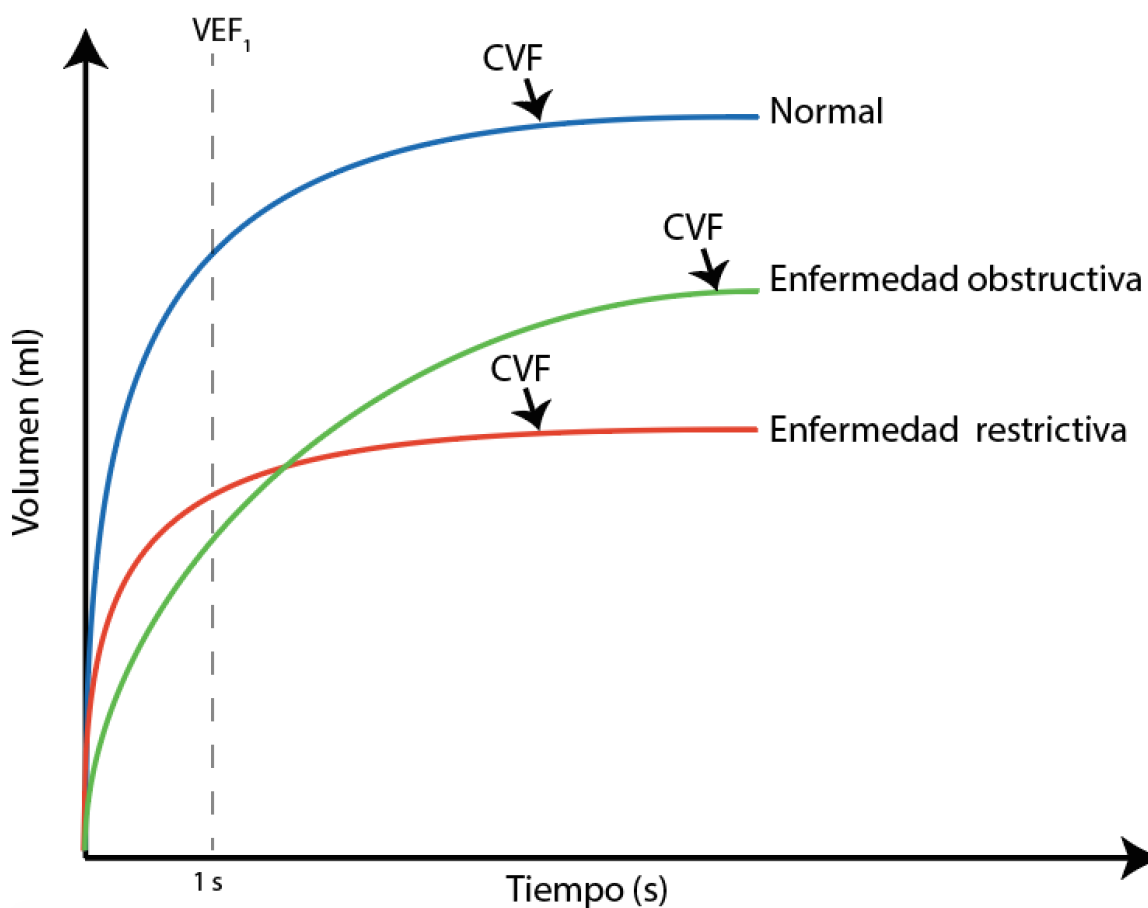
**Índice FEV<sub>1</sub>/CVF (Índice de Tiffeneau):** Es la relación entre el volumen espirado en el primer segundo con respecto a la capacidad vital forzada. Este valor se considera patológico cuando es menor de 0.7.



**Figura N° 2. Espiograma.** En el eje vertical horizontal lo que se mide es el aire espirado por el paciente, por lo que el volumen es cero al inicio del registro, pues antes de comenzar a registrar se le pide al paciente realizar una inspiración forzada (Capacidad Pulmonar Total)



El  $FEF_{25-75}$  es la medida más sensible para detectar la obstrucción precoz de las vías respiratorias, sobre todo en las de pequeño calibre. Esta medida se obtiene identificando en el trazo espirométrico el 25% y el 75% de los puntos volumétricos de la Capacidad Vital Forzada, para después medir el *volumen* y el *tiempo* entre esos dos puntos (litros/s) (Fig. 2).

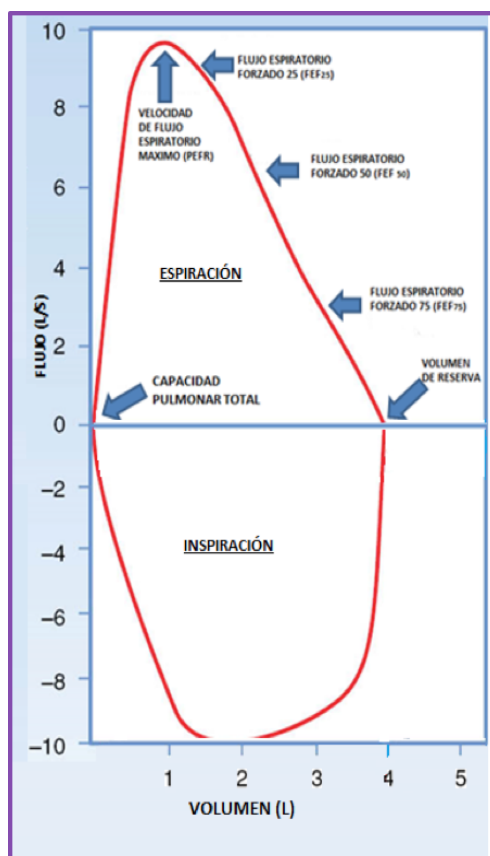


**Figura N° 3. Espirograma en casos de enfermedad obstructiva y restrictiva o sin patologías**

Todos los valores obtenidos se deben comparar con tablas de acuerdo a edad, talla y sexo del paciente. Los valores obtenidos en un espirograma se considerarán normales si se encuentran entre el 80 y 120% de los esperados para ese paciente, de acuerdo con tablas de normalidad poblacional.

Todos los volúmenes y capacidades pulmonares son aproximadamente un 20- 25% menores en mujeres que en varones, y son mayores en personas de constitución grande y atléticas que en personas de constitución pequeña y asténicas.

Otra forma de relacionar los flujos máximos generados con los volúmenes dinámicos (tanto inspiratorio como espiratorio) es la curva flujo-volumen (Figura 4). En el caso de la rama Espiratoria, el primer 30% corresponde a esfuerzo dependiente, mientras que el resto no está relacionado con el esfuerzo si no de la compresión dinámica de las vías aéreas. En esta curva de flujo-volumen podemos relacionar en qué parte se observan la FEF25, FEF 50, FEF 75, volumen de reserva, capacidad pulmonar total y PEFR de los cuales previamente habíamos comentado; por lo que es importante conocer la morfología normal de la curva para identificar las patologías que pueden alterar la misma.



**Figura N° 4. Curva Flujo- Volumen..** Modificado de Koeppen B. M., B. A. Stanton. Berne y Levy: Fisiología. Elsevier, 6ª Ed., 2009.

Existen dos tipos de espirometros: los abiertos y los cerrados. Los usados en nuestro laboratorio son espirometros de tipo abierto con medición a partir de un neumotacografo, que miden la diferencia de presión que se genera al pasar un flujo laminar a través de una resistencia conocida. **El cabezal** transforma el flujo turbulento que pasa a su través en laminar, la diferencia de presión existente entre los extremos del neumotacógrafo es directamente proporcional al flujo. El **transductor** de presión transforma la señal de presión diferencial en señal eléctrica, que luego es ampliada y procesada. La integración electrónica del valor del flujo proporciona el volumen movilizado.

# METODOLOGÍA

## MATERIAL

- Espirómetro
- Oxímetro
- Bolsa de papel estraza
- Ropa cómoda

### 1. Procedimiento experimental

1. Medir el peso y la altura del paciente e ingresar su información en el espirómetro.
2. Sostener el neumotacografo, que tiene una boquilla adherida a un extremo. Colocar la boquilla en su boca, apretándola con sus dientes. Asegúrese de que sus labios estén bien sellados alrededor del exterior de la boquilla y que su lengua no bloquee el orificio. Puede respirar normalmente a través de esta boquilla con mucha facilidad.
3. Realizar la prueba con el individuo sentado erguido, sin cruzar las piernas y sin ropa ajustada. Durante la maniobra la espalda estará apoyada en el respaldo, vigilando que no se incline hacia delante durante su realización. La utilización de pinza nasal en la espirometría forzada es controvertida, aunque resulta imprescindible en la medición de la Capacidad Vital, para evitar posibles fugas por la respiración nasal. Pese a que, en la literatura, algunos autores no han identificado diferencias entre maniobras realizadas con o sin pinza nasal, se recomienda su utilización.

### 2. Descripción de la maniobra

- Antes de empezar, se darán al sujeto instrucciones precisas, claras y concisas. Tras colocar la boquilla en la boca y comprobar que no hay fugas y que el paciente no la obstruye o deforma se le pedirá que:
- Inspire todo el aire que pueda con una pausa al llegar a la capacidad pulmonar total aproximadamente de 1 segundo
- Sople rápido, fuerte y conservando una postura erguida.
- Prolongue la espiración seguido y sin parar hasta que se le indique.
- Cuando se le indique que pare, retire la boquilla y descanse. Estos pasos se repetirán al menos 3 veces, pero pueden ser más.

## RESULTADOS

Registre los volúmenes pulmonares, las capacidades pulmonares y los parámetros funcionales que se comentaron arriba

Determine si existe algún patrón restrictivo u obstructivo (ver apéndice).

Compare entre hombres y mujeres, fumadores vs no fumadores, voluntarios con antecedentes de asma, nacimiento prematuro, etc.

Se recomienda que el alumno entregue una copia del espirograma realizado, en el cual describa si cumple (o no) con los criterios de aceptabilidad (incluidos en el anexo), además de describir si los hallazgos encontrados son fisiológicos.

## REFERENCIAS

- Guyton, A. C. y Hall, J. E. Tratado de Fisiología Médica. 12a Ed. Barcelona, España. Editorial Elsevier Saunders, 2011.
- Ganong WF. Fisiología Médica. Mc Graw Hill - Lange, 24ª Edición 2013.
- Boron W. y Boulpaep, E. Medical Physiology, 2a Ed., Philadelphia, Editorial Elsevier-Saunders, 2009.
- Koeppen B. M., B. A. Stanton. Berne y Levy: Fisiología. Elsevier, 6ª Ed., 2009.
- Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el médico, 1ª Ed. Asociación latinoamericana del Tórax. México, 2007.
- Oliva Hernandez C. Estudio de la función pulmonar en el paciente colaborador Parte I. Anales de Pediatría, Asociación Española de pediatría. 2007. P 393- 406.

## Apéndice

### · Alteraciones respiratorias: un enfoque espirométrico clínico

#### 1. Alteraciones Obstructivas

En este tipo de alteración las enfermedades más representativas son la Bronquitis crónica, el enfisema y el asma, las tres se engloban en el término, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), la cual se caracteriza por obstrucción crónica de las vías aéreas pequeñas.

El flujo aéreo puede verse obstruido de tres formas:

- Excesiva producción de moco en la bronquitis.
- Estrechamiento causado por espasmo bronquial como en el asma.
- Colapso de las vías aéreas durante la espiración como en el enfisema.

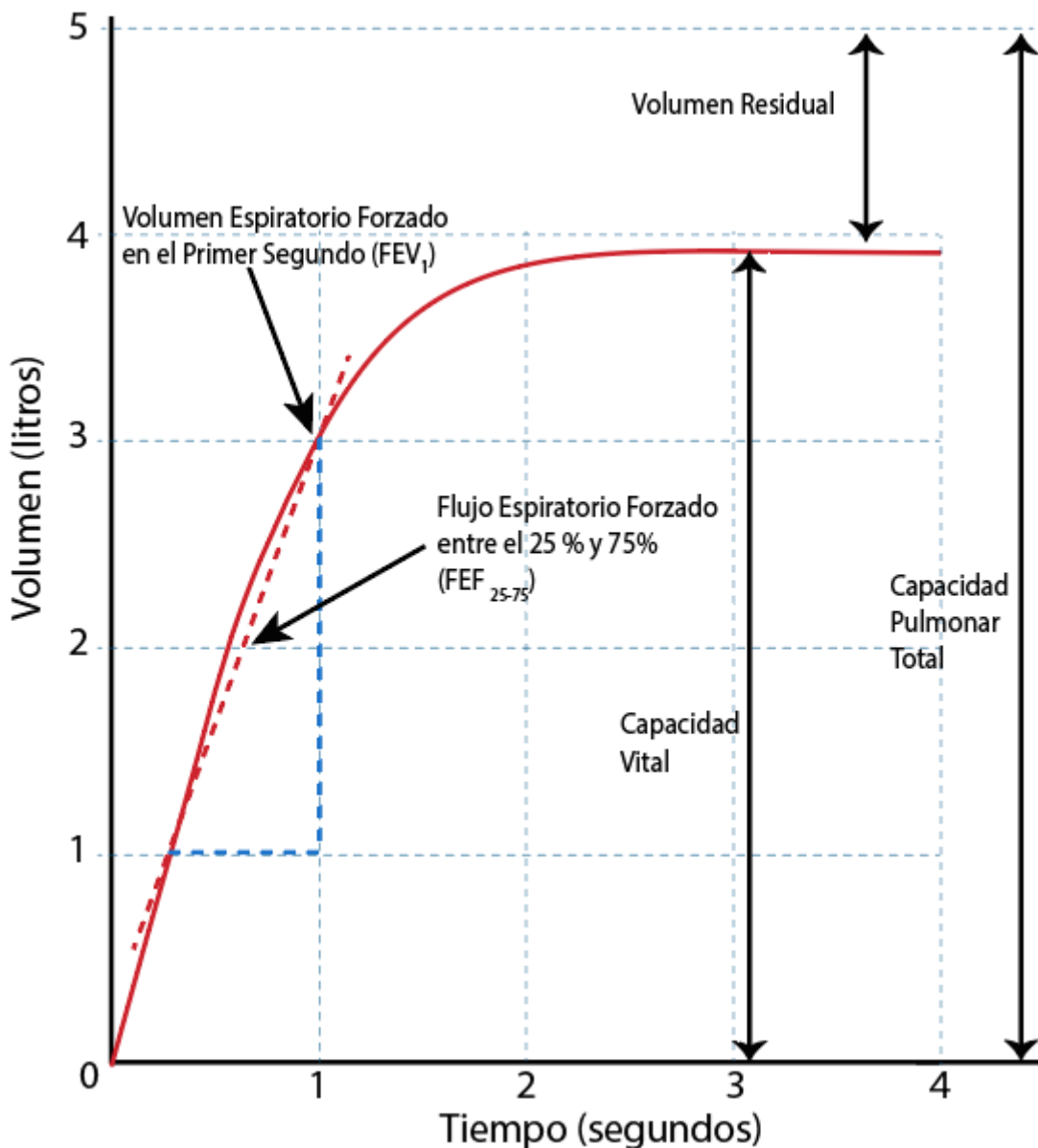
Como ya se mencionó, existe una dificultad para el vaciamiento pulmonar, en la mayoría de las ocasiones el ingreso de aire es normal, lo que en la espirometría se traduce, como una disminución de la velocidad de flujo espiratorio para cualquier volumen pulmonar y aumento del volumen residual. Conforme la enfermedad avanza se observa disminución del índice de Tiffeneau, mayor aumento del volumen residual con Capacidad pulmonar total normal o aumentada, así como aumento de la relación Volumen Residual/Capacidad Pulmonar Total y descenso de la Capacidad Vital por el aumento del volumen residual. En adultos un descenso del índice de Tinneauf por debajo de 0.7 se considera un patrón obstructivo.

#### 2. Alteraciones restrictivas

Se caracterizan por dificultad para el llenado pulmonar lo que originará disminución de los volúmenes pulmonares especialmente de la *Capacidad Pulmonar total* y de la *Capacidad Vital*. El diagnóstico se establece cuando la Capacidad pulmonar total es menor del 80% del valor esperado.

Estas alteraciones se clasifican en intraparenquimatosas o extraparenquimatosas, dependiendo de dónde se encuentre lo que está causando la restricción al llenado. En *las intraparenquimatosas* como en la fibrosis, existe rigidez del parénquima, lo que causa que al pulmón le cueste trabajo llenarse de aire, el volumen residual disminuye con un flujo espiratorio normal o casi normal.

Cuando la restricción es *extraparenquimatosas* por disfunción inspiratoria y espiratoria, al pulmón le cuesta trabajo llenarse y vaciarse, por lo que el volumen residual aumenta al no poder vaciarse adecuadamente.



**Figura N° 5. Se muestra el espirograma de un paciente normal, de un paciente con un patrón respiratorio obstructivo y el de un paciente con un patrón respiratorio restrictivo.**

**Interpretación espirométrica de los patrones patológicos pulmonares Obstructivo y Restrictivo**

Como se puede apreciar en las figuras 4, *la capacidad vital* se encuentra disminuida tanto en el patrón respiratorio obstructivo (PRO) como en el patrón respiratorio restrictivo (PRR) así que lo que los diferencia será el *volumen residual* como se puede ver en la figura 6 en la que el PRO no llega a su volumen residual (la curva no se aplana porque aún no llega al volumen residual, aún mantiene aire que sacar en los pulmones).

En el caso del patrón restrictivo, cursa con una disminución del volumen pulmonar por lo que la forma de la curva flujo- volumen es normal pero más pequeña que la normal.

### **Criterios de aceptabilidad de espirometría**

La decisión sobre la aceptabilidad de una maniobra de espirometría forzada considerará su inicio, su transcurso y su finalización.

1. El inicio debe ser rápido y sin vacilaciones. Como criterio adicional para valorar el inicio de la maniobra se puede utilizar el tiempo en alcanzar el flujo espiratorio máximo (PET), que debe ser inferior a los 120 ms . Si es mayor, se indicará al paciente que sople más rápido al inicio.
2. El transcurso de la maniobra espiratoria debe ser continuo, sin artefactos ni evidencias de tos en el primer segundo que podrían afectar el FEV1. Para verificarlo, debe observarse tanto la gráfica de volumen-tiempo como la de flujo-volumen. En caso de no obtener un registro correcto, generalmente debido a tos o cierre de la glotis, se pedirá al paciente que la realice más relajado (sin dejar de soplar fuerte) y que no disminuya la fuerza generada hasta el final de la espiración.
3. La finalización no debe mostrar una interrupción temprana ni abrupta de la espiración, por lo que los cambios de volumen deben ser inferiores a 25 ml durante  $\geq 1$ s. El final «plano» de la maniobra solo se ve en la curva volumen-tiempo. La maniobra debe tener una duración no inferior a 6 s. Los adultos jóvenes pueden tener dificultad para mantener la espiración más de 4 s, a veces menos. En estos casos hay que verificar que el final no haya sido abrupto. En caso de una mala finalización, se pedirá al paciente que no pare hasta que se le indique, aunque le parezca que no sale aire.

Una maniobra será considerada útil (de ella se derivarán los parámetros espirométricos) cuando tenga un buen inicio y no existan artefactos en el primer segundo. Se considerará que es aceptable (deberán tenerse en cuenta los errores para determinar si pueden utilizarse los parámetros espirométricos obtenidos) cuando no existan errores en el inicio, en el transcurso ni en la finalización.

## **CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD**

### **Inicio Adecuado**

- Elevación abrupta y vertical del volumen forzado y se debe alcanzar en menos de 120 ms.

### **Terminación adecuada**

- Sin cambios mayores de 25 ml durante al menos 1 segundo en la curva volumen- tiempo.

### **Libre de artefactos**

- Sin terminación temprana
- Sin tos
- Sin cierre glótico
- Sin esfuerzo variable
- Sin exhalaciones repetidas
- Sin fuga alrededor de la boquilla.

### **Criterios de repetibilidad de espirometría**

La diferencia entre las 2 mejores CV, CVF y FEV1 aceptables debe ser inferior a 150 ml. Se realizarán un mínimo de 3 maniobras aceptables, con un máximo de 8, dejando entre ellas el tiempo suficiente para que el paciente se recupere del esfuerzo.

### **Valores de referencia de espirometría**

Los parámetros de las pruebas de función pulmonar presentan una gran variabilidad interindividual y dependen de las características antropométricas de los pacientes (sexo, edad, talla, peso y raza). La interpretación de la espirometría se basa en la comparación de los valores producidos por el paciente con los que teóricamente le corresponderían a un individuo sano de sus mismas características antropométricas.

#### **· Interpretación**



La espirometría es útil para el diagnóstico, para la valoración de la gravedad y para la monitorización de la progresión de las alteraciones ventilatorias. Su interpretación debe ser clara, concisa e informativa y su evaluación debe ser individualizada, teniendo en cuenta la representación gráfica y los valores numéricos junto con la integración del interrogatorio clínico.

Se considera que la espirometría es normal cuando sus valores son superiores al límite inferior del intervalo de confianza (LIN). El LIN está alrededor del 80% del valor teórico del FEV1, CVF y CV, de 0,7 para la relación FEV1/FVC, y aproximadamente el 60% para el FEF25-75% en sujetos menores de 65 años y detallas no extremas.

- **Alteración ventilatoria obstructiva** se define por una relación FEV1 /FVC reducida (menor del LIN). En la práctica clínica el uso ha impuesto, por su sencillez, la definición de obstrucción a partir de una relación FEV1 /FVC menor de 0,7
- **Alteración ventilatoria «no obstructiva»** se define por una FVC reducida con una relación FEV1/FVC por encima del LIN o incluso al valor medio de referencia. Se debe sospechar un trastorno restrictivo cuando la FVC esté por debajo del LIN, la relación FEV1/FVC supere su LIN.

Participaron en la elaboración de esta guía: MPSS Francisco J. Frayre García, MPSS Cynthia S. Guerra Pérez, MPSS Jhoanna Juárez Padilla, MPSS Valeria F. Peralta Ugalde, MPSS Luis F. Quirino Yescas.

Supervisaron: Dr. Vito Hernández Melchor, Dr. Victor Manuel Rodríguez Molina