

XXV Curso de actualización

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

## Pruebas de función pulmonar

**Mateo Díaz Quintero**

Residente Medicina Interna  
Universidad de Antioquia

**Heymar Iván Ortiz Méndez**

Residente de Medicina Interna  
Universidad de Antioquia

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

## Guía para el aprendizaje

### ¿Qué debes repasar antes de leer este capítulo?

El siguiente artículo ofrece información relevante sobre las pruebas de función pulmonar. Para una mejor comprensión, se recomienda revisar previamente las características clínicas, factores de riesgo y hallazgos en el examen físico del asma, y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Asimismo, lo concerniente a las particularidades de estas enfermedades en relación con las pruebas de función pulmonar.

### Los objetivos del capítulo serán

- Tener claridad en el uso e interpretación de las pruebas de función pulmonar.

- Obtener herramientas de utilidad en la práctica clínica para el uso e interpretación de las pruebas de función pulmonar.

### Viñeta clínica

Mujer de 32 años con antecedentes de rinitis alérgica desde la infancia consulta por un cuadro clínico de ocho meses de evolución, caracterizado por disnea ante esfuerzos moderados a intensos, desencadenada por la exposición al polvo, la actividad física y el contacto con ciertos animales. En el examen físico, se observa una paciente longilínea, afebril, con presión arterial dentro de los valores normales y sin alteraciones en la frecuencia cardíaca. Presenta una saturación de oxígeno del 91 %. En la evaluación cefalocaudal, se evidencia un pliegue nasal sin anomalías en la morfología torácica. A la auscultación, se detectan sibilancias espiratorias ocasionales. Aporta una espirometría para su análisis (Tabla 1).

### Tabla 1. Prueba espirométrica

Fecha prueba PRE 26/01/2025 7:53:51 a.m. Broncodilatación POST con Salbutamol - 8:08:13 a. m.												
Parámetros		LLN	Teór.	Best	% Teór.	Z-score	PRE #1	PRE #2	PRE #3	POST	% Teór.	% Cam
FVC	L	2.79	3.45	2.05*	59	-0.49	2.05	2.00	2.00	2.44*	71	19
FEV1	L	2.34	2.90	1.50*	52	-4.12	1.50	1.45	1.46	1.98*	68	32
FEV1/FVC	%	75.2	84.5	73.2*	87	-1.99	73.2	72.5	71.9	81.1*	96	11

## Introducción

### Espirometría y curva de flujo de volumen

La espirometría y la curva de flujo-volumen son representaciones gráficas obtenidas mediante equipos que miden la cantidad de aire movilizado hacia y desde los pulmones durante una maniobra de esfuerzo máximo. La espirometría registra la curva de volumen en función del tiempo, mientras que la curva de flujo-volumen expresa el flujo de aire en relación con el volumen pulmonar. A partir de la espirometría, es posible graficar esta relación, lo que permite evaluar visualmente la calidad de la maniobra y, en algunos casos, identificar alteraciones obstructivas en la vía respiratoria. Su medida depende principalmente de las siguientes variables demográficas: tamaño del pulmón, edad, sexo, estatura, raza y propiedades elásticas. La espirometría es clave para el diagnóstico del asma y el EPOC. Se utiliza para el control de un espectro amplio de enfermedades respiratorias como la enfermedad pulmonar intersticial y las enfermedades neuromusculares que afectan los músculos respiratorios (1-3).

### Parámetros de la espirometría

Los principales parámetros fisiológicos para la interpretación de la espirometría son: la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), relación VEF1/CVF, el flujo espiratorio (FEF 25 %-75 %), el flujo espiratorio pico (FEP) y el flujo inspiratorio y espiratorio forzado al 50 % (FIF50 %). A continuación, se presentan sus particularidades (1):

- La CVF es el volumen total de aire que se puede exhalar con el máximo esfuerzo luego de una inspiración máxima. Este parámetro resulta de la suma del volumen corriente (VT), el volumen de reserva inspiratorio (VRI) y el volumen de reserva espiratorio

(VRE). Para una interpretación de la prueba, se debe considerar la mayor capacidad de las maniobras aceptables en la espirometría determinadas por las características demográficas (1).

- El VEF1 se define como la cantidad de aire espirado en el primer segundo luego de la inspiración máxima. Es utilizado para calificar la gravedad de las alteraciones en la ventilación y como índice pronóstico en EPOC, su valor normal se relaciona con las variables demográficas como el esfuerzo, las propiedades elásticas del pulmón y el diámetro de la vía aérea. Para la interpretación de la prueba, se debe considerar el mayor valor obtenido entre las maniobras aceptables. En alteraciones obstructivas el retardo en el flujo en la espiración disminuye el VEF1, el cual es proporcional al grado de obstrucción (1, 4-5).
- La relación VEF1/CVF constituye la proporción de aire que se puede exhalar en el primer segundo (VEF1), del máximo disponible para ser exhalado (CVF). Se expresa en porcentaje (%). En personas de edad avanzada esta relación puede tener un valor bajo por pérdida progresiva del retroceso elástico del pulmón.
- Por su parte, el flujo espiratorio forzado entre el 25 %-75 % de la capacidad vital (FEF 25 %-75 %) representa el promedio del flujo espiratorio en ese mismo rango de la capacidad vital, con la mayor sumatoria entre el VEF1 y CV. Sin embargo, su utilidad es limitada debido a la alta variabilidad observada, a pesar de estas limitaciones un FEF inferior al 25 %-75 % se asocia con enfisema más extenso, hiperreactividad bronquial e hiperinsuflación pulmonar independiente de FEV1.

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

- El flujo espiratorio pico (FEP) representa el flujo máximo logrado en el asa espiratoria de la CVF. El FEP medido con equipos portátiles no siempre coincide con el obtenido en laboratorios de función pulmonar, donde los aparatos son más precisos. Sin embargo, estos equipos portátiles son útiles para el seguimiento ambulatorio del asma a través del FEP y para el diagnóstico del asma ocupacional que con frecuencia se apoya en la FEP, durante exposición a agentes ocupacionales.
- El FIF50 % corresponde a los flujos medidos tras la inspiración y espiración forzada cuando se ha inhalado o exhalado el 50 % de

la capacidad vital. Aunque no se usan de forma rutinaria en la interpretación de la espirometría, pueden ser útiles para valorar la obstrucción de la vía aérea superior.

## Indicaciones y contraindicaciones

La espirometría es la herramienta inicial en el proceso diagnóstico ante la presencia de factores de riesgo o síntomas respiratorios. Una vez ejecutado el diagnóstico, esta prueba desempeña un papel protagónico para determinar el pronóstico y seguimiento de la enfermedad (1, 3, 6). La Tabla 2 muestra las diferentes indicaciones para la realización de la espirometría y en la Tabla 3 se deja consignado las diferentes contraindicaciones.

## Tabla 2. Indicaciones de la espirometría

### 1. Diagnóstico

- Orientación o confirmación de un diagnóstico clínico.
- Estudio de síntomas respiratorios (disnea, tos, sibilancias, cianosis, hipoxemia, anormalidades radiológicas), especialmente si son crónicos.
- Evaluación del efecto de la enfermedad sobre la función pulmonar.
- Tamizaje de individuos en riesgo de enfermedad pulmonar por exposición a factores de riesgo: cigarrillo, exposición laboral, contaminación ambiental.
- Evaluación del riesgo quirúrgico.
- Evaluación del pronóstico de la EPOC.

### 2. Monitorización

- Evaluación y seguimiento de intervenciones terapéuticas.
- Descripción del curso de las enfermedades que afectan al pulmón.
- Seguimiento de personas expuestas a agentes nocivos para el pulmón.
- Seguimiento de exposición o de reacciones adversas a drogas que afecten el pulmón.

### 3. Limitación e incapacidad

- Determinación de limitación e incapacidad en medicina laboral, evaluación de riesgo en caso de seguros y evaluación dentro de programas de rehabilitación.

### 4. Salud pública

- Estudios epidemiológicos.

Adaptado de (1)

**Tabla 3. Contraindicaciones de la curva de flujo-volumen y la espirometría**

Contraindicaciones de la espirometría o de la curva de flujo-volumen
<b>1. Absolutas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Infarto de miocardio en la última semana.</li><li>b. Inestabilidad hemodinámica.</li><li>c. Neumotórax antes de dos semanas de la re-expansión.</li><li>d. Hemoptisis aguda.</li><li>e. Infección respiratoria activa como TBC o influenza (riesgo de infección en el personal de salud).</li><li>f. Aneurisma de aorta torácica de más de 6 cm.</li><li>g. Angina de pecho.</li><li>h. Embolia pulmonar antes de anticoagulación.</li><li>i. Hipertensión endocraneal.</li><li>j. Traqueostomía.</li></ul>
<b>2. Relativas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Cirugía torácica, abdominal, ocular cerebral o de oído. El tiempo entre el procedimiento y la espirometría depende del tiempo estimado de cicatrización.</li><li>b. Diarrea.</li><li>c. Hipertensión arterial no controlada.</li><li>d. Confusión.</li><li>e. Embarazo.</li><li>f. Problemas bucodentales o faciales que impidan o dificulten la colocación y la sujeción de la boquilla.</li></ul>
<b>3. Para uso del broncodilatador (B2)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Tirotoxicosis (absoluta).</li><li>b. Arritmia cardíaca (relativa).</li></ul>

Adaptado de (1)

### Interpretación de la espirometría

Se recomienda interpretar la espirometría de manera sistemática para evitar errores que puedan arrastrar diagnósticos incorrectos o derivar en tratamientos potencialmente riesgosos. A continuación, se presenta la secuencia recomendada para su interpretación.

- a. Evaluación global del informe y datos demográficos. Para ello, es clave que el informe contenga la información básica del paciente como talla, sexo y los valores de referencia utilizados para el análisis (3,

7), ya que errores en estos parámetros pueden afectar la interpretación. De igual manera, se debe valorar la calidad de la prueba teniendo en cuenta los gráficos flujo volumen y volumen tiempo. Las maniobras deben cumplir con los criterios aceptabilidad desde el inicio hasta su finalización, asegurando un esfuerzo adecuado y evitando artefactos que consigan comprometer la exactitud de los resultados. Lo anterior implica una serie de aspectos clave a considerar:

- Buen inicio, se refiere al asa espiratoria con inicio abrupto y

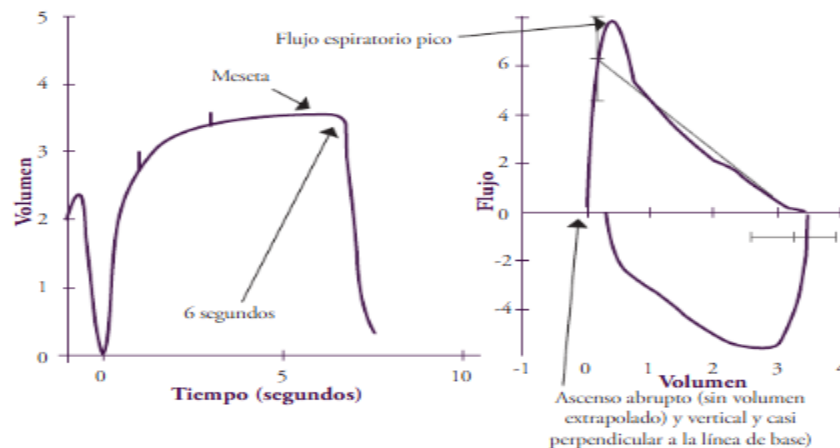


ascenso vertical, con flujo espiratorio pico identificable y volumen extrapolado menor de 5 % o 150 mL.

- Adecuada finalización, lo que corresponde al tiempo espiratorio mínimo de 6 segundos o meseta en la curva volumen tiempo (mínimo cambio del volumen, 25 mL o menos

en un segundo) si el paciente no puede terminar con la exhalación (Figura 1).

Ausencia de artefactos, lo que requiere impedir la tos durante el primer segundo de la exhalación, así como el cierre de la glótica, la fuga y obstrucción de la pieza bucal y exhalación repetida (1, 3, 6).



**Figura 1. Criterios de buen inicio de la espirometría y adecuada finalización de la espirometría**

#### Adaptado de (1)

Una vez evaluada la aceptabilidad, la diferencia entre las dos mejores capacidades forzadas no debe ser mayor de 150 mL. Con base en el número de maniobras con características de aceptabilidad (una a

tres) y la diferencia entre las dos mejores VEF1, estos factores permiten clasificar la calidad de la prueba (6).

**Tabla 4. Clasificación de la calidad de la espirometría o curva de flujo-volumen con base en el número de maniobras aceptables y la repetibilidad entre ellas**

Grado de calidad	Maniobras aceptables	Delta de VEF y CVF	Interpretación de calidad
A	3	<150 ml	Muy aceptable y repetible.
B	3	<200 ml	Aceptable y repetible.
C	2	<200 ml	Menos aceptable y repetible.
D	2	>200 ml	Menos aceptable y repetible.
E	1	-	Inadecuada.

Adaptado de (8)

b. Valores de referencia: para determinar si una prueba es normal, los resultados deben compararse con los valores teóricos de un individuo sano con características antropométricas, edad y sexo similares — valores obtenidos a partir de estudios en poblaciones sanas—. En Colombia, ante la ausencia de valores locales, es recomendable utilizar los propuestos por NHANES III, Crapo o Pérez Padilla, y, cada vez más utilizados, los datos de la Global Lung Function Initiative (GLI).

El límite de la normalidad utilizado es el de  $\geq 80\%$  del predicho como límite de normalidad para el VEF1 y la CVF. Una forma más precisa es usar los límites inferiores (LIN) y superior de la normalidad (LSN). Entre estos se encuentra el 95 % de la población sana. Al tener en cuenta las recomendaciones actuales, el LIN debe estar incluido en el informe de la espirometría (1, 3, 8).

## Interpretación de los patrones espirométricos

El primer paso en la interpretación es evaluar la relación VEF1/CVF. Si este valor es bajo, es decir por debajo del LIN, se diagnostica una obstrucción. En caso contrario, se analiza la CVF; si su valor es

normal, la espirometría se considera dentro de los parámetros normales. Por otro lado, cuando la CVF es baja pero la relación VEF1/CVF se mantiene dentro de los límites normales, se identifica un patrón

anormal no obstructivo, sugestivo de restricción (1, 6, 9).

A continuación, se detallan estos parámetros para su interpretación:

- Resultado espirométrico normal, se refiere a la relación VEF1/CVF y CVF normal, es decir, por encima del límite inferior de la normalidad.
- Reducción del VEF1 y de la CVF sin relación VEF1/CVF disminuida, es un conjunto de hallazgos que se han relacionado con enfermedad pulmonar restrictiva. Sin embargo, el colapso de las vías aéreas pequeñas puede reducir la CVF antes de afectar la relación, lo que genera un patrón pseudorrestrictivo. La mejoría tras el uso de broncodilatadores confirma este diagnóstico.
- Alteración obstructiva implica que la relación VEF1/CVF se encuentra por debajo del LIN o de 0.7, hay seguridad de la

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025

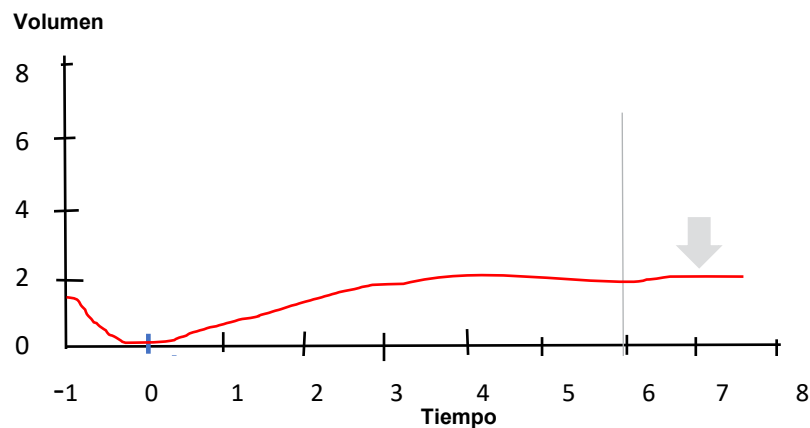


UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

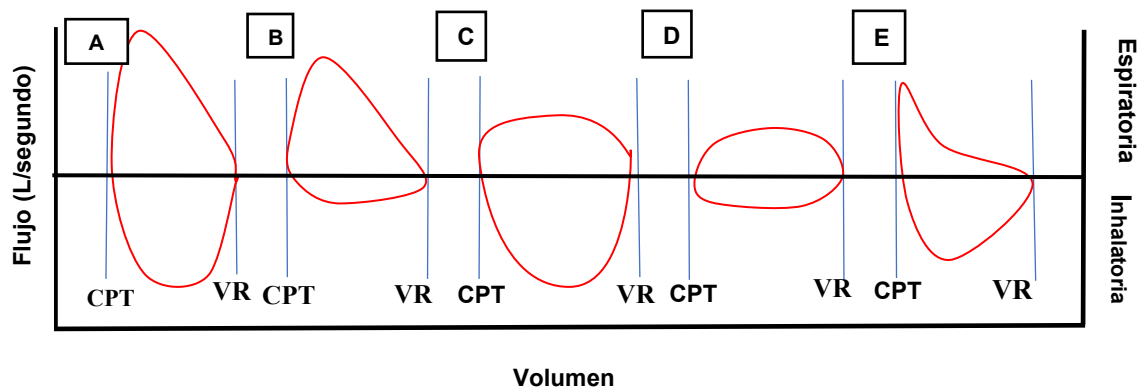
presencia de una alteración obstructiva, el patrón obstructivo también puede identificarse visualmente mediante la inspección de la forma de la curva volumen-tiempo como se muestra en la Figura 2 o en la curva flujo-volumen como se muestra en la Figura 3 ejemplo E. Posteriormente se evalúa la CVF que puede estar disminuida o no. Si resulta disminuida, es decir, menor del LIN, puede ser por aumento del volumen residual, lo que disminuye el volumen de aire

desplazable o ser secundaria a restricción asociada previamente llamada patrón mixto. Esta diferenciación requiere de volúmenes pulmonares. Al finalizar se evalúa la gravedad de la alteración con el VEF1.



**Figura 2. Curva volumen-tiempo**

**Nota:** se puede evidenciar un tiempo espiratorio prolongado resultado de la lenta evacuación de aire.



**Figura 3. Alteración ventilatoria obstructiva curva de flujo volumen y curva volumen tiempo**

**Nota:** VR(volumen residual) CPT ( capacidad pulmonar total)

- A) Patrón normal en la curva flujo-volumen: la fase espiratoria muestra un ascenso rápido hasta alcanzar el pico de flujo, seguido de un descenso casi lineal. La fase inspiratoria es relativamente simétrica y adopta una forma similar a una silla de montar.
- B) Obstrucción dinámica extratorácica (variable, no fija): se observa una reducción del flujo con aplanamiento en la fase inspiratoria de la curva.
- C) Obstrucción dinámica intratorácica (variable, no fija): se evidencia una restricción del flujo y aplanamiento en la fase espiratoria de la curva.
- D) Obstrucción fija de la vía aérea superior (intratorácica o extratorácica): se identifica una limitación del flujo con aplanamiento tanto en la fase inspiratoria como en la espiratoria de la curva flujo-volumen.
- E) Obstrucción en las vías aéreas periféricas o inferiores: la fase espiratoria de la curva adquiere una morfología cóncava hacia arriba, lo que indica una restricción del flujo en las vías de menor calibre.

- Alteración ventilatoria no obstructiva, sugestiva de restricción. Sucede si la relación VEF1/CVF se encuentra dentro de lo normal (>LIN o de 0.7) pero la CVF está por debajo del LIN o < a 80 %, es sugestivo de alteración ventilatoria no obstructiva sugestiva de restricción, pues esta anomalía puede representar disminución de la capacidad pulmonar (restricción verdadera) o ser el resultado del aumento del volumen residual. Se debe solicitar prueba de volúmenes pulmonares para evaluar con seguridad.

**Tabla 5. Gravedad de la obstrucción según el VEF<sub>1</sub>**

Gravedad de la alteración	VEF <sub>1</sub> (% del predicho)
Leve	>70 %
Moderada	60-69 %
Moderadamente grave	50-59 %
Grave	35-49 %
Muy grave	<35 %

Adaptado de (8)

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

## Enfermedades más frecuentes en neumología

En los siguientes acápite se abordará el uso de las pruebas de función pulmonar en el asma y en EPOC, dos patologías pulmonares frecuentes que motivan la consulta en atención externa.

### 1. Asma

El asma es una enfermedad caracterizada por la inflamación crónica de las vías respiratorias. Se manifiesta a través de síntomas respiratorios, siendo las sibilancias el más característico. También se asocia a disnea, opresión en el pecho y tos, especialmente nocturna o matutina. Estos síntomas pueden desencadenarse por diversos factores, como predisposición genética, infecciones virales, exposición a alérgenos, humo del tabaco, ejercicio, entre otros. Además, los antecedentes familiares y personales son clave para considerarla. Las manifestaciones clínicas varían en el tiempo y en intensidad debido a la hiperreactividad e inflamación de las vías respiratorias. Espirométricamente se puede encontrar una obstrucción variable del flujo aéreo, que puede ser total o parcialmente reversible (5, 10, 11).

### Pruebas de función pulmonar en asma

#### Espirometría pre y pos broncodilatadores

El diagnóstico de asma se confirma cuando un paciente con síntomas sospechosos presenta una prueba de función pulmonar, preferiblemente espirometría pre y pos broncodilatadores, con una alteración objetiva compatible con la enfermedad. Como el asma es una enfermedad obstructiva, esta se determina por una relación FEV1/FVC por debajo del límite inferior de los valores de referencia, establecido en 0.7. Sin embargo, este criterio puede

conducir a un sobrediagnóstico de obstrucción en pacientes de edad avanzada.

Las guías internacionales recomiendan el uso de valores de referencia adecuados para todas las edades de acuerdo con los valores de referencia obtenidos a partir de estudios en poblaciones sanas, expresando los resultados a través de las desviaciones de la media (*z-score*). El límite inferior de la normalidad (LIN) se establece en -1.64; valores menores a este umbral indican la presencia de obstrucción o restricción pulmonar. Una reducción del FEV1 ratifica la obstrucción, determina su gravedad e indica un mayor riesgo de exacerbaciones. Sin embargo, algunos pacientes asmáticos pueden presentar espirometría normal o patrones no obstructivos sospechosos de restricción por atrapamiento aéreo. En caso de no disponer de espirometría, se puede recurrir a la medición del flujo espiratorio máximo (PEF), aunque su fiabilidad es menor.

Las principales alteraciones funcionales en el asma incluyen la obstrucción del flujo aéreo, la reversibilidad y la hiperrespuesta bronquial. En casos, particulares se necesita realizar diferentes pruebas para confirmar el diagnóstico o suprimir otras causas de los síntomas respiratorios. En ausencia de una espirometría, se recomienda utilizar el flujo espiratorio máximo (PEF) en lugar de fundamentarse exclusivamente en los síntomas. En la medida de lo posible, se debe efectuar la prueba antes de iniciar el tratamiento, pues una vez comenzado, la confirmación del diagnóstico se vuelve más difícil.

En ciertos escenarios, pueden ser necesarias estrategias complementarias o alternativas para confirmar el diagnóstico de asma. Esto es especialmente relevante en pacientes que ya reciben tratamiento con corticosteroides inhalados (ICS), en aquellos con asma variante de tos o en entornos con recursos limitados, donde el acceso a pruebas de función pulmonar es restringido (5, 10-11).

## **Obstrucción variable del flujo confirmada (evaluar la reversibilidad)**

### **Prueba pos broncodilatadores**

Las guías recomiendan esperar 10-15 minutos después de la administración de 2 a 5 *puff* de salbutamol. Se considera una respuesta positiva o broncodilatación significativa cuando el FEV1 o FVC reportado en la espirometría como el mejor intento (“*best*”) tiene  $\geq 12\%$  y  $\geq 200$  mL, respecto al basal, o, con más confianza, si el aumento es  $\geq 15\%$  y  $\geq 400$  mL; o un aumento en el PEF durante 2 semanas de  $\geq 20\%$  si la espirometría no está disponible. Cabe destacar que una broncodilatación no significativa no excluye el diagnóstico de asma.

Otra manera de evaluar reversibilidad es el aumento del FEV1 de  $\geq 12\%$  y  $\geq 200$  mL (o en PEF de  $\geq 20\%$ ) después de 4 semanas de tratamiento diario con corticosteroides inhalados (ICS). Alteración ventilatoria no obstructiva, sugestiva de restricción pudiera estar indicado prueba de volúmenes pulmonar (5).

### **Pruebas de broncoprovocación (evaluar la hiperreactividad bronquial)**

Las pruebas de broncoprovocación son estudios utilizados para evaluar la hiperreactividad bronquial. Se emplean cuando la espirometría pre y pos broncodilatador es normal y no permite un diagnóstico concluyente. Su objetivo es identificar una respuesta exagerada a un broncoconstrictor, lo que ayuda a orientar el diagnóstico. Además, son útiles en otros contextos con pruebas de función pulmonar normales, como la evaluación de la respuesta al tratamiento, la presencia de síntomas atípicos (despertares nocturnos, tos crónica inexplicable), la sospecha de asma ocupacional y pruebas en entornos laborales (10, 12). Estas pruebas evalúan la hiperreactividad bronquial que es clave en la fisiopatología del asma y pueden ser la única evidencia objetiva de disfunción de las vías respiratorias.

Los agentes broncoconstrictores se dividen en mecanismos directos e indirectos. Las pruebas directas se realizan con metacolina o histamina, actuando directamente al músculo liso generando broncoconstricción. Por su parte, las indirectas utilizan solución salina, hipertónica o manitol los cuales inducen la broncoconstricción a través de diversas vías, generalmente mediante la liberación de mediadores como el leucotrieno E4 y la prostaglandina D2 en las proximidades del músculo liso (10).

Quedarán excluidos de las pruebas los pacientes con FEV1  $< 60\%$ , incapacidad para realizar maniobras espirométricas, infarto agudo de miocardio o accidente cerebrovascular en los últimos 3 meses, hipertensión no controlada, aneurisma aórtico conocido, cirugía ocular reciente o riesgo de elevación de la presión intracraneal (12).

## **Interpretación**

### **Adultos**

- Disminución del FEV1 desde el valor basal de  $\geq 20\%$  con dosis estándar de metacolina.
- Disminución del FEV1 de  $\geq 15\%$  con hiperventilación estandarizada, solución salina hipertónica o prueba con manitol.
- Disminución del FEV1 de  $> 10\%$  y  $> 200$  mL con prueba de ejercicio estandarizada (5, 10).

### **Medición del óxido nítrico exhalado fraccionado (FeNO) (evaluar inflamación eosinofílica)**

El FeNO es un biomarcador no invasivo, el cual resulta útil en pacientes con sospecha de asma, sobre todo cuando la espirometría pre y pos broncodilatador no ha demostrado el diagnóstico (5, 10, 11). Según sus valores puede ayudar a respaldar el diagnóstico y orientar el tratamiento de asma; aunque no debe utilizarse de manera aislada para

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

descartar o establecer la enfermedad. El gas puede cuantificarse en el aire exhalado y su origen está relacionado con diversas enzimas. No obstante, sus niveles son variables y pueden elevarse en condiciones no asmáticas como la bronquitis eosinofílica, la rinitis alérgica, la poliposis nasal y el eczema. Por el contrario, no se encuentra elevado en fenotipos no eosinofílicos, como el asma neutrofílica, el asma asociada con obesidad o en personas fumadoras (5, 13).

El aumento de los niveles de NO en el asma se debe principalmente a la enzima iNOS2 (óxido nítrico sintasa 2 inducible), la cual es movilizada en el epitelio de las vías respiratorias en respuesta a la inflamación de tipo T2. Se correlacionan con la reactividad bronquial, el número de eosinófilos en esputo inducido y en lavado broncoalveolar en aquellos que no usan glucocorticoides (11, 14).

El valor de FeNO  $\geq 40$  ppb (10, 11) puede servir como referencia inicial para el diagnóstico, especialmente cuando se complementa con la historia clínica, debido a su alta especificidad (0.75 a 0.95), en particular si se asocia con una reducción del FEV1. No obstante, su baja sensibilidad impide descartar la enfermedad en caso de valores bajos. Por esta razón, la Iniciativa Global para el Asma (GINA) desaconseja su uso como único instrumento de diagnóstico.

## 2. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)

La EPOC es una condición pulmonar heterogénea caracterizada por síntomas respiratorios crónicos como disnea, tos, producción de esputo y/o exacerbaciones, como consecuencia de anomalías en las vías respiratorias (bronquitis, bronquiolitis), los alvéolos (enfisema) y/o vasos pulmonares, lo que provoca una obstrucción persistente a menudo progresiva del flujo aéreo, determinada por espirometría (4, 15).

Se debe sospechar EPOC en cualquier paciente con disnea, tos crónica o producción de esputo, especialmente si tiene antecedentes de exposición a factores de riesgo para la enfermedad. Para su diagnóstico, es fundamental cumplir con tres criterios: presencia de factores de riesgo, síntomas respiratorios y una espirometría que demuestre un FEV1/FVC pos broncodilatador  $< 0.7$  o inferior al LIN (4, 16).

### Pruebas de función pulmonar en EPOC

#### Espirometría

La espirometría es el estándar para el diagnóstico de la EPOC, puesto que confirma la presencia de obstrucción en la vía aérea. Existen dos enfoques para interpretar la relación FEV1/FVC: el primero es el recomendado por GOLD que aconseja el uso del valor fijo de  $< 0.7$  y el segundo es el límite inferior de la normalidad (LIN), basado en datos estadísticos (4, 17).

El grupo de trabajo ATS/ERS para interpretación de pruebas de función pulmonar adoptó el criterio de LIN, lo que se establece como el límite inferior de la normalidad del FEV1/FVC y se determina como un *z-score* -1.645 (13, 19). Si bien el umbral fijo de FEV1/FVC es por consiguiente práctico, el LIN basado en *z-score* es más preciso para evitar errores en jóvenes y ancianos, aunque no existen estudios longitudinales que validen su uso pudiese ser estadísticamente la mejor opción. Sin embargo, el criterio de GOLD sigue utilizando el valor fijo ampliamente debido a su simplicidad y aplicabilidad clínica (17). La Global Lung Initiative (GLI) comparó la interpretación de los valores espirométricos según ambos criterios y encontró que estos enfoques pueden llevar a clasificaciones diferentes, aunque su relevancia clínica aún no está completamente establecida (18). La Tabla 6 compara ambos enfoques para el diagnóstico de EPOC (18, 20).

**Tabla 6. Comparación de interpretación de valores espirométricos**

	Criterios según ATS/ERS	Criterios según GOLD
Criterio	LIN (límite inferior de la normalidad).	FEV1/FVC <0.7 (criterio fijo).
Definición	Basado en <i>z-score</i> de -1.645 (percentil 5 de población sana).	Punto fijo de corte, sin considerar edad u otras variables.
Precisión	Más precisa pues se ajusta por edad, sexo y altura.	Menos preciso ya que no considera cambios fisiológicos de la edad.
Pronóstico	No hay diferencias.	No hay diferencias
Errores diagnósticos	Reduce falsos negativos en jóvenes y falsos positivos en ancianos.	Subdiagnóstica en jóvenes y sobrediagnóstica en ancianos.
Uso en guías	ATS/ERS	GOLD

Una vez evidenciado el patrón obstructivo en espirometría simple o en la fase pre broncodilatador,

las diferentes sociedades científicas concuerdan en recomendar el uso de valores pos broncodilatador para considerar el diagnóstico de EPOC. No obstante, se reconoce que la respuesta al broncodilatador tiene un valor restringido para diferenciar la EPOC del asma (4, 17, 19). Por ello, la espirometría sin prueba pos broncodilatador puede utilizarse como prueba inicial y, si no se detecta obstrucción, la espirometría pos broncodilatador no sería necesaria, salvo en casos de duda clínica elevada de EPOC. La presencia de un FEV1/FVC <0.7 tras la administración del broncodilatador ratifica la existencia de una obstrucción al flujo aéreo no completamente reversible (4).

Como se mencionó previamente, la espirometría pos broncodilatador es esencial para el diagnóstico y evaluación de la EPOC. Sin embargo, las guías GOLD recientemente publicadas ya no recomiendan evaluar el grado de reversibilidad de la obstrucción del flujo aéreo (por ejemplo, midiendo el FEV1 antes y después de un broncodilatador o corticosteroides) para guiar decisiones terapéuticas. Esto se debe a que la reversibilidad varía con el tiempo y no ha demostrado ser útil para diferenciar el diagnóstico de asma. En consecuencia, no es necesario suspender la

medicación inhalada antes de realizar espirometría de seguimiento en estos pacientes (20).

La obstrucción del flujo aéreo debería confirmarse en una nueva espirometría si el valor del FEV1/FVC está entre 0.6 y 0.8, pues hay casos donde la relación puede variar con el tiempo, por el contrario, la relación menor de 0.6 es poco probable que aumente por encima de 0.7 (26, 21).

Finalmente, algunos pacientes presentan alteraciones estructurales y funcionales como enfisema, reducción del FEV1, atrapamiento aéreo y disminución de la capacidad de difusión, sin obstrucción del flujo aéreo (FEV1/FVC ≥0.7), lo que se denomina pre-EPOC. También es importante reconocer el término PRISm (*Preserved Ratio Impaired Spirometry*) que se refiere a una relación FEV1/FVC normal con FEV1 <80 % pos broncodilatador, indicando disfunción pulmonar sin obstrucción. Aunque no todos progresan a EPOC, ambos fenotipos aumentan el riesgo de deterioro pulmonar y peor pronóstico. Por ello, requieren seguimiento clínico y funcional para prevenir la progresión de la enfermedad (4).

#### **Clasificación de la gravedad de la obstrucción del flujo aéreo**

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

La iniciativa GOLD recomienda el uso del VEF1 para clasificar la gravedad. Por su parte, las sociedades ERS (European Respiratory Society) y ATS (American Thoracic Society) sugieren el uso de *z-scores* en lugar de valores porcentuales predichos para clasificar la gravedad en cuatro categorías (4). El VEF1 es utilizado para evaluar riesgo de mortalidad, progresión de la enfermedad, riesgo de exacerbaciones, hospitalizaciones y calidad de vida.

## Tabla 7. Clasificación de la gravedad de la obstrucción del flujo aéreo

ERS/ATS		GOLD	
<i>Z-score</i> FEV1		% VEF1	
Normal	-1.65	Leve	≥80%
Leve	-1.65 y -2.5	Moderado	50 % a < 80 %
Moderado	-2.51 y -4	Grave	30 % a < 50 %
Grave	< -4.1	Muy grave	<30 %

Como en la mayoría de los estudios sobre EPOC utilizados para establecer recomendaciones de tratamiento, se reclutaron pacientes según las etapas GOLD, se recomienda seguir empleando este método para evaluar la gravedad. El porcentaje del valor predicho según GLI puede calcularse mediante la herramienta en línea GLI Calculator ([glicalculator.ersnet.org](http://glicalculator.ersnet.org)).

### Evaluación posdiagnóstica en EPOC

#### Capacidad de difusión de monóxido de carbono (DLCO)

La DLCO normal varía entre 20 y 30 ml/min/mmHg. Esta prueba refleja múltiples componentes de la función pulmonar, incluyendo la capacidad de difusión de la membrana alveolocapilar, el volumen pulmonar, el volumen vascular pulmonar y la

distribución ventilación-perfusión (17). Su medición está indicada en pacientes con disnea desproporcionada ( $mMRC \geq 2$ ),  $FEV1 \leq 50\%$  del previsto o *z-score*  $\leq -2.5$ ,  $SaO_2 < 92\%$  o hipoxemia por esfuerzo ( $SaO_2 < 90\%$ ). La DLCO disminuye en proporción a la gravedad del enfisema y no se usa para casos leves. Su reducción se asocia con un empeoramiento del estado de salud y un aumento en la mortalidad, independientemente de la obstrucción (4, 17). Una disminución desproporcionada sugiere la presencia de enfermedad pulmonar restrictiva concomitante o hipertensión pulmonar.

### Volúmenes pulmonares

Cuando la espirometría pos broncodilatador muestra una disminución en la capacidad vital forzada (CVF), se recomienda evaluar los volúmenes pulmonares mediante pletismografía corporal y con ello determinar si esta disminución se debe a atrapamiento aéreo, hiperinsuflación por la EPOC o la presencia de un patrón ventilatorio restrictivo asociado. Este método es ampliamente favorecido para la medición del volumen pulmonar, ya que los procedimientos basados en la disolución de gas pueden no ser lo adecuadamente sensibles para detectar el atrapamiento aéreo. La hiperinsuflación se identifica cuando hay una reducción en la capacidad inspiratoria (CI) y la capacidad vital, acompañada de un incremento en la capacidad pulmonar total (CPT), la capacidad residual funcional (CRF) y el volumen residual (VR).

Por otro lado, un aumento en la CRF o el VR con una CPT dentro de los valores normales indica atrapamiento aéreo sin hiperinsuflación. En contraste, los patrones restrictivos se identifican por una reducción en la CPT, mientras que las enfermedades pulmonares intersticiales restrictivas presentan disminuciones en la CPT, la CRF y el VR (22).

## Evaluación de la capacidad de ejercicio

La limitación del ejercicio en la EPOC está estrechamente relacionada con la morbilidad y tiene un origen multifactorial. Entre los factores implicados se encuentran el deterioro del intercambio gaseoso, la disfunción de los músculos respiratorios, el aumento de la resistencia de las vías aéreas, la hiperinsuflación dinámica y el incremento del impulso respiratorio (23).

Algunos pacientes presentan síntomas mínimos a pesar de tener una obstrucción grave, lo que puede deberse a una menor percepción de la disnea o a la adaptación al sedentarismo. Para evaluar la capacidad de ejercicio y el intercambio gaseoso, se realiza una prueba de caminata de seis minutos (6MWT) en un trayecto de 30 metros, con medición de oximetría ambulatoria. La limitación en la caminata sugiere la necesidad de un manejo más intensivo y rehabilitación pulmonar.

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx) se considera un predictor de mortalidad más preciso que el VEF1 (24). La evidencia de hipoxemia indicaría la necesidad de una prueba adicional de intercambio de gases. En sujetos sanos, la distancia recorrida en la 6MWT varía entre 400 m y 700 m. El estudio ECLIPSE encontró que una distancia  $\leq 357$  m se asocia con mayor riesgo de hospitalización, mientras que  $\leq 334$  m aumenta el riesgo de muerte (25). Los metros recorridos en la 6MWT se incluyen en el índice BODE para predecir la evolución del paciente. Otras pruebas de función pulmonar, como la caminata incremental, los gases arteriales y estudios en pacientes con patrón restrictivo y volúmenes pulmonares alterados, exceden los objetivos de este capítulo.

## Conclusiones

Las pruebas de función pulmonar, en particular la espirometría con curva de flujo-volumen, son herramientas esenciales para el diagnóstico,

seguimiento y manejo de enfermedades respiratorias como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Estas pruebas permiten evaluar de manera objetiva la función pulmonar, identificando patrones que orientan el diagnóstico diferencial y la elección del tratamiento más adecuado.

La correcta interpretación de la espirometría es clave para reconocer alteraciones ventilatorias propias de cada patología, lo que facilita una toma de decisiones clínica precisa. Además, su uso en combinación con otras pruebas complementarias proporciona una evaluación más detallada de la función pulmonar. Esto no solo optimiza el tratamiento, sino que también permite un enfoque personalizado para cada paciente, mejorando el control de la enfermedad y su calidad de vida.

En el contexto del asma y la EPOC, la espirometría sigue siendo el pilar diagnóstico pues permite detectar alteraciones tempranas, monitorear la respuesta al tratamiento y ajustar las estrategias terapéuticas según la progresión de la enfermedad.

## Viñeta clínica: desenlace

La espirometría de la paciente proporciona los valores teóricos, que representan los resultados esperados según la edad, sexo y altura del paciente; los valores medidos, que corresponden a los resultados obtenidos en la prueba; el porcentaje del valor teórico, que indica qué porcentaje del valor esperado alcanzó el paciente; el *z-score*, que refleja la desviación del resultado respecto a la normalidad (donde valores menores a -1.64 se consideran anormales); y el porcentaje de cambio, que mide la mejora tras la administración de un broncodilatador.

En la fase pre broncodilatador encontramos una relación FEV1/FVC de 73.3 % que está debajo del LIN (LLN: 75.2 %), lo que confirma el patrón obstructivo; la FVC también está reducida (59 %), se puede asociar a un componente restrictivo o simplemente una baja secundaria a la obstrucción, y



el FEV1 está muy bajo (52 % del esperado, *z-score* -4.12) lo cual indica obstrucción severa. En la fase pos broncodilatador la relación FEV1/FVC aumenta a 81.1 %, indicando una mejoría significativa de la obstrucción; la FVC mejora un 19 %, se acerca más a lo esperado lo que sugiere que la obstrucción era un factor limitante, y el FEV1 mejora un 32 % y aumenta 480 mL indicando respuesta significativa al broncodilatador.

La paciente fue correctamente diagnosticada con asma a partir de los resultados de la espirometría. En la interpretación, se descartó restricción mediante el análisis de los volúmenes pulmonares, considerando la reducción en la CVF. Se le brindó tranquilidad respecto a su enfermedad y, tras explicarle los resultados y el pronóstico, se le prescribió el tratamiento de primera línea para el asma, el cual se adecuaba mejor a su cuadro clínico.

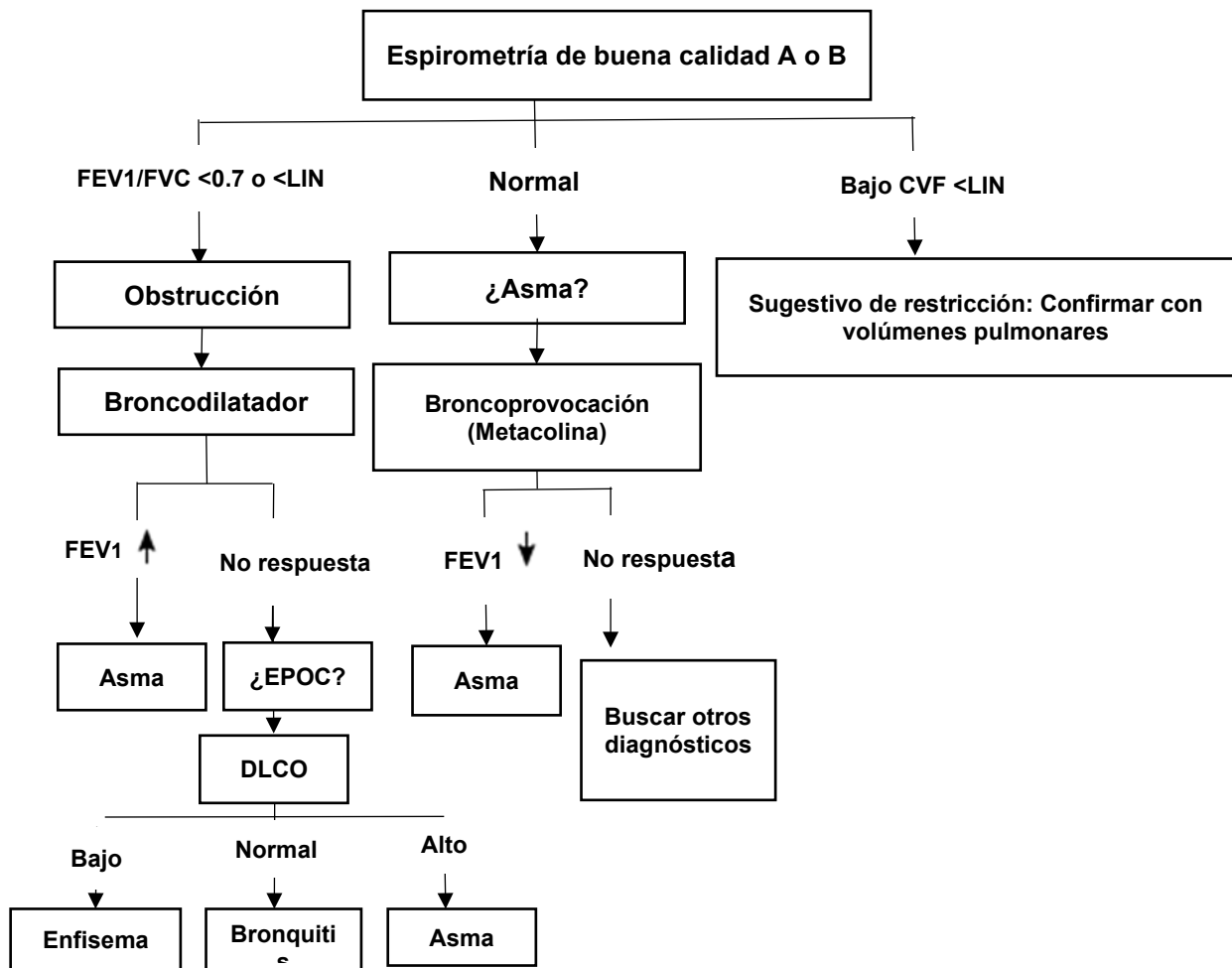


Figura 4. Algoritmo de enfoque

## Referencias bibliográficas

1. Corporación para Investigaciones Biológicas [Internet]. [citado 9 de marzo de 2025]. Neumología, 7 ed. (2022). Disponible en: <https://cib.org.co/producto/neumologia-7-ed-2022/>
2. Ong-Salvador R, Laveneziana P, Jongh F de. ERS/ATS Global Lung Function Initiative normal values and classifying severity based on z-scores instead of per cent predicted. *Breathe* [Internet]. 10 de diciembre de 2024 [citado 9 de marzo de 2025];20(3):230227. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11629165/>
3. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 15 de octubre de 2019 [citado 9 de marzo de 2025]; Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.201908-1590ST>
4. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease - GOLD [Internet]. [citado 9 de marzo de 2025]. 2025 GOLD Report. Disponible en: <https://goldcopd.org/2025-gold-report/>
5. Global Initiative for Asthma - GINA [Internet]. [citado 9 de marzo de 2025]. 2024 GINA Main Report. Disponible en: <https://ginasthma.org/2024-report/>
6. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, Cooper BG, Culver B, Derom E, Hall GL, Hallstrand TS, Leuppi JD, MacIntyre N, McCormack M, Rosenfeld M, Swenson ER. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022 Jul 13;60(1):2101499. doi: 10.1183/13993003.01499-2021.
7. Nr B, C B, Da K, Mc M, N T, S S, *et al.* Race and Ethnicity in Pulmonary Function Test Interpretation: An Official American Thoracic Society Statement. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 15 de abril de 2023 [citado 9 de marzo de 2025];207(8). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36973004/>
8. Backman H, Ekström M. Interpretative Implications of Not Adjusting for Race: A Switch to the Global Lung Function Initiative Global Spirometry Equations. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 29 de diciembre de 2023 [citado 9 de marzo de 2025]; Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.202307-1245ED>
9. Albuquerque ALP, Berton DC, Campos EVMFÁS, Queiroga-Júnior FJP, Santana ANC, *et al.* New spirometry recommendations from the Brazilian Thoracic Association - 2024 update. *J Bras Pneumol*. 2025 Jan 20;50(6):e20240169. doi: 10.36416/1806-3756/e20240169.
10. GEMA 5.4 - Guía española para el manejo del asma [Internet]. [citado 9 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.semng.es/index.php/consensos-guias-y-protocolos/427-gema-5-4-guia-espanola-para-el-manejo-del-asma>
11. Louis R, Satia I, Ojanguren I, Schleich F, Bonini M, Tonia T, *et al.* European Respiratory Society guidelines for the diagnosis of asthma in adults. *Eur Respir J*.

# Medicina Interna

Innovación, humanidad y excelencia  
2025



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Medicina

- 2022 Sep 7;60(3):2101585. doi: 10.1183/13993003.01585-2021.
12. Coates AL, Wanger J, Cockcroft DW, Culver BH; Bronchoprovocation Testing Task Force: Kai-Håkon Carlsen; Diamant Z, Gauvreau G, Hall GL, Hallstrand TS, Horvath I, de Jongh FHC, Joos G, Kaminsky DA, Laube BL, Leuppi JD, Sterk PJ. ERS technical standard on bronchial challenge testing: general considerations and performance of methacholine challenge tests. *Eur Respir J*. 2017 May 1;49(5):1601526. doi: 10.1183/13993003.01526-2016.
  13. Dweik RA, Boggs PB, Erzurum SC, Irvin CG, Leigh MW, Lundberg JO, Olin AC, Plummer AL, Taylor DR; American Thoracic Society Committee on Interpretation of Exhaled Nitric Oxide Levels (FENO) for Clinical Applications. An official ATS clinical practice guideline: interpretation of exhaled nitric oxide levels (FENO) for clinical applications. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 Sep 1;184(5):602-15. doi: 10.1164/rccm.9120-11ST.
  14. Spahn JD, Malka J, Szeffler SJ. Current application of exhaled nitric oxide in clinical practice. *J Allergy Clin Immunol*. 2016 Nov;138(5):1296-1298. doi: 10.1016/j.jaci.2016.09.002.
  15. Celli B, Fabbri L, Criner G, Martinez FJ, Mannino D, Vogelmeier C, et al. Definition and Nomenclature of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Time for Its Revision. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 12 de diciembre de 2022 [citado 1 de abril de 2024];206(11):1317. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9746870/>
  16. Qaseem A, Wilt TJ, Weinberger SE, Hanania NA, Criner G, van der Molen T, et al. Diagnosis and management of stable chronic obstructive pulmonary disease: a clinical practice guideline update from the American College of Physicians, American College of Chest Physicians, American Thoracic Society, and European Respiratory Society. *Ann Intern Med*. 2011 Aug 2;155(3):179-91. doi: 10.7326/0003-4819-155-3-201108020-00008.
  17. JHaynes JM, Kaminsky DA, Ruppel GL. The Role of Pulmonary Function Testing in the Diagnosis and Management of COPD. *Respir Care*. 2023 Jul;68(7):889-913. doi: 10.4187/respcare.10757.
  18. Vaz Fragoso CA, McAvay G, Van Ness PH, Casaburi R, Jensen RL, MacIntyre N, et al. Phenotype of Spirometric Impairment in an Aging Population. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016 Apr 1;193(7):727-35. doi: 10.1164/rccm.201508-1603OC.
  19. Calverley PM, Albert P, Walker PP. Bronchodilator reversibility in chronic obstructive pulmonary disease: use and limitations. *Lancet Respir Med*. 2013 Sep;1(7):564-73. doi: 10.1016/S2213-2600(13)70086-9.
  20. Hansen JE, Porszasz J. Counterpoint: Is an increase in FEV<sub>1</sub> and/or FVC  $\geq$  12% of control and  $\geq$  200 mL the best way to assess positive bronchodilator response? No. *Chest*. 2014 Sep;146(3):538-541. doi: 10.1378/chest.14-0437.
  21. Aaron SD, Tan WC, Bourbeau J, Sin DD, Loves RH, MacNeil J, et al. Diagnostic Instability and Reversals of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Diagnosis in Individuals with Mild to Moderate Airflow Obstruction. *Am J Respir Crit Care Med*.

---

2017 Aug 1;196(3):306-314. doi:  
10.1164/rccm.201612-2531OC.

- 22.** Bhakta NR, McGowan A, Ramsey KA, Borg B, Kivastik J, Knight SL, *et al.* European Respiratory Society/American Thoracic Society technical statement: standardisation of the measurement of lung volumes, 2023 update. *Eur Respir J.* 2023 Oct 12;62(4):2201519. doi:  
10.1183/13993003.01519-2022. Erratum in: *Eur Respir J.* 2023 Nov 29;62(5):2251519. doi: 10.1183/13993003.51519-2022.
- 23.** Stickland MK, Neder JA, Guenette JA, O'Donnell DE, Jensen D. Using Cardiopulmonary Exercise Testing to Understand Dyspnea and Exercise Intolerance in Respiratory Disease. *Chest.* 2022 Jun;161(6):1505-1516. doi:  
10.1016/j.chest.2022.01.021.
- 24.** Oga T, Nishimura K, Tsukino M, Sato S, Hajiro T. Analysis of the factors related to mortality in chronic obstructive pulmonary disease: role of exercise capacity and health status. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003 Feb 15;167(4):544-9. doi:  
10.1164/rccm.200206-583OC.
- 25.** Andrianopoulos V, Wouters EF, Pinto-Plata VM, Vanfleteren LE, Bakke PS, Franssen FM, *et al.* Prognostic value of variables derived from the six-minute walk test in patients with COPD: Results from the ECLIPSE study. *Respir Med.* 2015 Sep;109(9):1138-46. doi:  
10.1016/j.rmed.2015.06.013.