



Sesión 10:

Práctica: Leyes generales de los gases y Espirometría

Propósitos Generales

El alumno comprenderá las principales leyes que rigen el comportamiento de los gases y aplicará estos conocimientos en comprender algunos procesos de la fisiología respiratoria y la interpretación básica de una espirometría.

Propósitos Específicos

Que el alumno comprenda la relación entre las variables que se incluyen en las principales leyes de los gases (Presión, Temperatura, Volumen, mol)

Que el alumno describa 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.

Resultados de aprendizaje

El alumno comprende las bases físicas que permiten la ventilación pulmonar, y puede interpretar los resultados obtenidos en una espirometría normal.

Diagnóstico 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. Define los siguientes conceptos: 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

¿Por qué respiramos? ¿Cómo es que las moléculas de oxígeno realizan el viaje desde la atmósfera, hasta el interior de una célula? ¿En dónde se utiliza el oxígeno que obtenemos del medio? ¿Cuáles son los mecanismos y fuerzas involucradas en estos procesos? ... preguntas como éstas son las que debemos hacernos al hablar de un tema tan importante como lo es la respiración. 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.
- 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.
- Respiración celular, que involucra la utilización del oxígeno en los tejidos para la producción de energía y la producción de CO₂ como metabolito.

Podemos agregar también un cuarto proceso, que involucra los mecanismos de control y regulación de la respiración.

Una herramienta que tenemos para estudiar el proceso de ventilación es la espirometría, técnica que determina los volúmenes de aire que entran y salen de los pulmones.

Para poder comprender las bases físicas que rigen estos flujos de aire primero debemos entender las principales leyes que rigen el comportamiento de los gases.

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.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Esta ley no afecta la ventilación 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 tu 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.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Ecuación universal de los gases

Las leyes anteriores se pueden resumir en la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

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 cm² es de 7.5 mmHg. Te invitamos a hacer el cálculo.

Ahora considera que la diferencia de presión durante la respiración es aproximadamente 1 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.

Espirometría

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*. Los principales volúmenes y capacidades pulmonares que se obtienen mediante esta prueba se describen a continuación. Para una descripción de las características de un espirograma normal, su interpretación y las alteraciones que se pueden observar en un en patologías obstructivas o restrictivas ver el anexo I

Volúmenes pulmonares estáticos

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



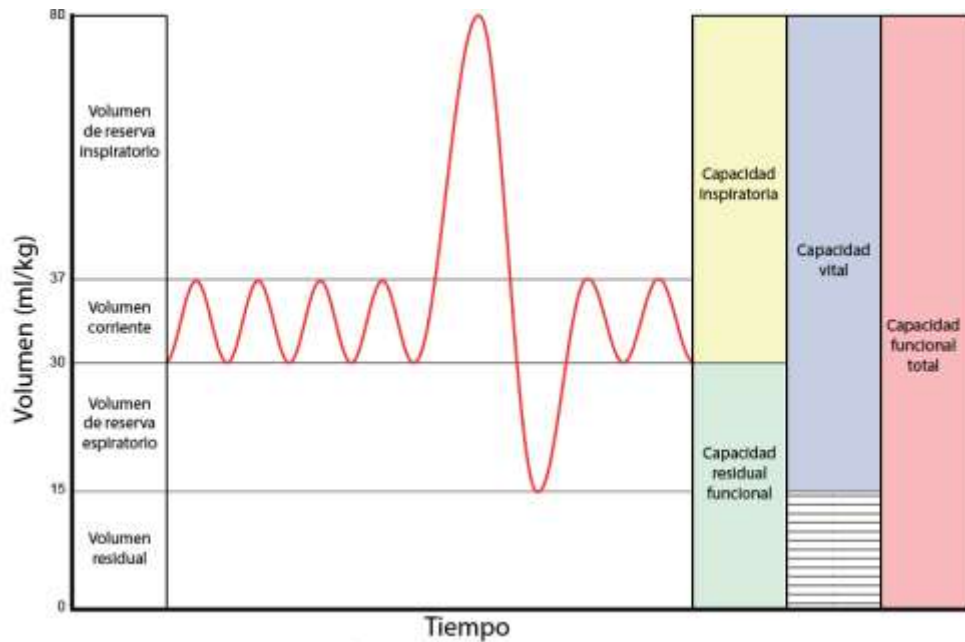


Figura 1- Volúmenes y Capacidades Pulmonares.

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 registrara 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*.

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.

FEV₁, Es el volumen de gas espirado en el primer segundo (Fig. 2)

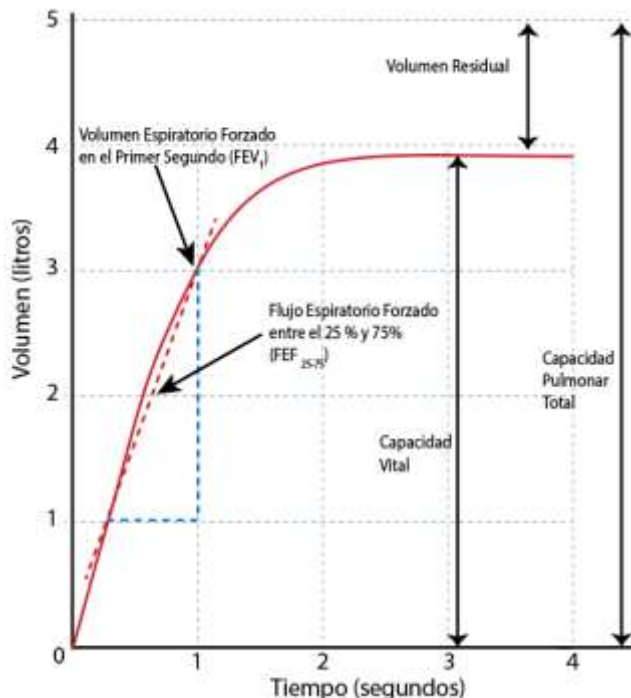


Figura 2- Espiograma. En el eje horizontal lo que se mide es el aire espirado por el paciente, por lo que el volumen es cero al inicio del registro, pues antes de comenzar a registrar se le pide al paciente realizara una inspiración forzada (Capacidad Pulmonar Total)

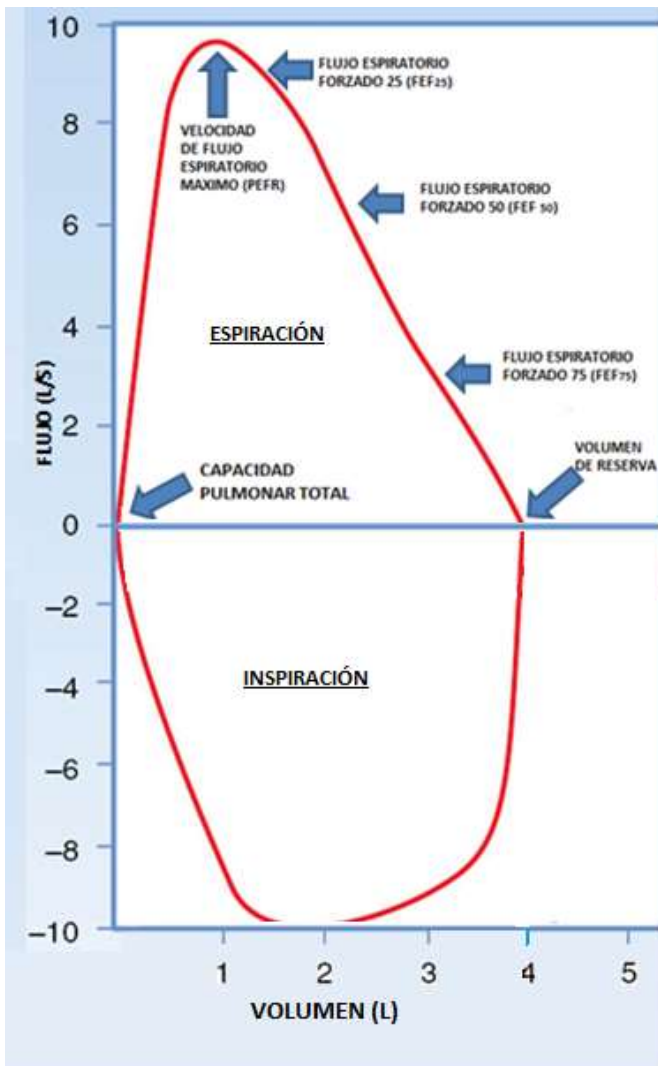


Figura 3. Curva Flujo- Volumen. Relaciona los flujos máximos generados con los volúmenes dinámicos (tanto inspiratorio como espiratorio). En el caso de la rama Espiratoria, el primer 30% corresponde a esfuerzo dependiente, mientras que el resto no está relacionado con el esfuerzo si no de la compresión dinámica de las vías aéreas. Modificado de Koeppen B. M., B. A. Stanton. Berne y Levy: Fisiología. Elsevier, 6ª Ed., 2009.

FEF 25-75%, Es el flujo de aire en la parte media de la espiración forzada entre el 25% y 75%. (Se mide en litros/s). 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/seg) (Fig. 2 y 3)

Índice FEV1/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. 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.



Existen en 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.

Material

Parte 1 (Leyes generales de los gases)

<ul style="list-style-type: none">• 3 Globos• Popotes o cilindros plásticos de diferentes diámetros• Un vaso de vidrio de borde liso• Dos vasos de precipitados de 50 mL• Un plato extendido• Una vela• Una jeringa de 50 mL• Un tapón de hule• Un tubo de plástico transparente de 1m de longitud	<ul style="list-style-type: none">• Algodón• Un recipiente de plástico de 3 o 5 litros• 100 mL de agua mineral• Rojo de metilo• Cinta métrica• Cronómetro• HCl concentrado• NH₄• Extracto de vainillina• Perfume base alcohol de porcentaje conocido
--	--

Parte 2 (Espirometría)

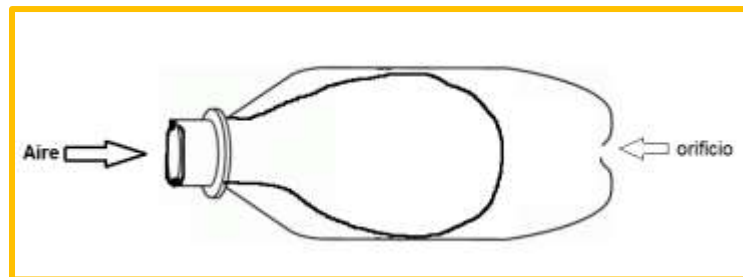
- Espirómetro
- Oxímetro
- Bolsa de papel estraza
- Ropa cómoda



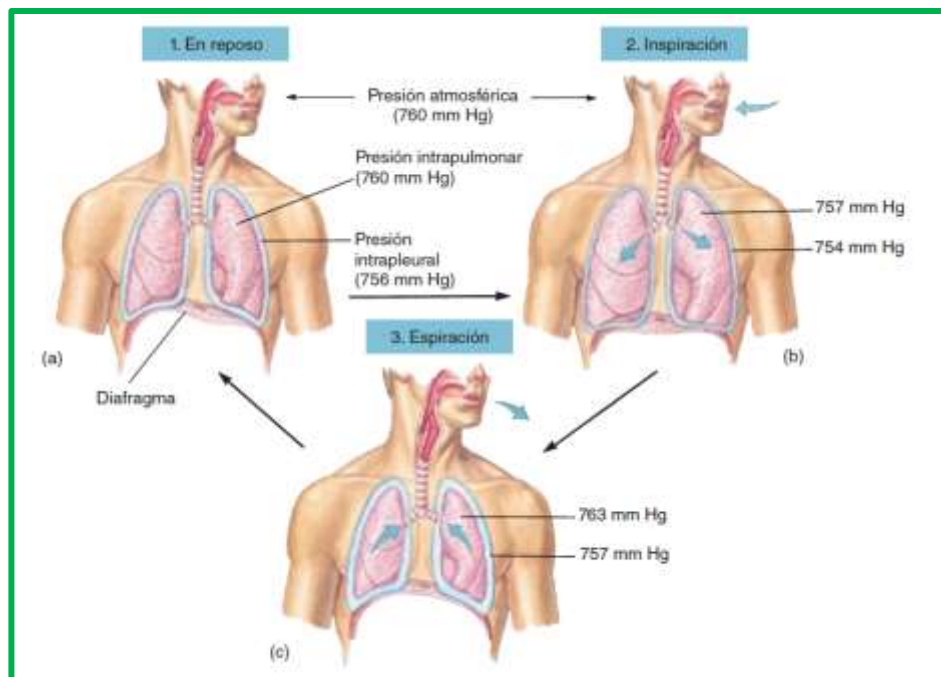
Procedimiento Experimental (Parte 1 : Leyes Generales de los Gases)

1. Ley de Boyle-Mariotte

- Realiza un orificio de 3 mm de diámetro en el fondo del recipiente de plástico de 3 L.
- Coloca el globo en la boca del mismo recipiente cuidando que el resto del globo permanezca por dentro del recipiente como se muestra en la imagen siguiente.



- Infla el globo y cuando esté lleno tapa el orificio del fondo con el dedo índice. ¿Qué ocurre? ¿a qué se debe?
- Destapa por un momento el orificio ¿hubo algún cambio? ¿por qué?
- Aplicando la ley de Boyle-Mariotte y la ley general de los gases ideales, explique que propicia los cambios en las presiones intrapulmonares y cómo esto permite la inspiración y espiración.



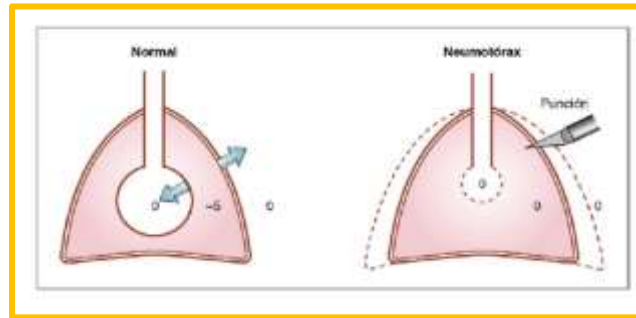
Imágenes tomadas de Fox, S., 2011.



Explique por qué una perforación de la pleura parietal puede provocar un neumotórax.



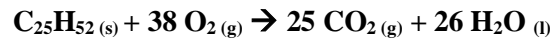
Neumotórax del pulmón derecho.



Imágenes tomadas de Constanzo, L. 2011; Fox, S., 2011.

2. Ley de Dalton y Ley de Charles

- Coloca la vela en el centro del plato extendido
- Agrega 30 mL de agua en el plato y enciende la vela
- toma el vaso de vidrio y colócalo de cabeza cubriendo la vela encendida y anota lo ocurrido.
- Teniendo en cuenta que en la reacción de combustión de la cera se consume la cera de parafina y el oxígeno y se produce CO₂ y vapor de agua, explica lo ocurrido en este experimento.



El experimento anterior nos ayuda a entender por qué la presión de vapor del agua modifica las presiones parciales de los demás gases en una mezcla. El vapor de agua se comportará como un gas más en la mezcla, si ese vapor es condensado, entonces la cantidad de gases en la mezcla disminuirá y la presión total del sistema también disminuirá. Por otra parte, si tenemos una mezcla de gases



“secos” y lo tenemos en equilibrio de presión total con la misma mezcla, pero conteniendo una cantidad vapor de agua podríamos observar que las presiones parciales de los gases de la mezcla no son iguales, se ven disminuidos en la mezcla que contiene vapor de agua. Por esta razón para determinar la presión parcial del O_2 en un ambiente con 100% de humedad se debe realizar el siguiente cálculo:

$$PO_2 \text{ (nivel del mar)} = 0.21 (760 \text{ mm Hg} - 47 \text{ mm Hg}) = 150 \text{ mm Hg.}$$

0.21 representa la fracción de Oxígeno en el aire atmosférico seco.

760 mm Hg es la presión atmosférica a nivel del mar

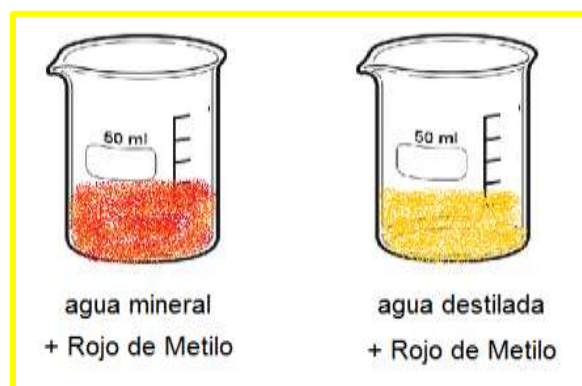
47 mm Hg es la presión del vapor de agua

	Aire inspirado	Aire alveolar
H_2O	Variable	47 mm Hg
CO_2	000.3 mm Hg	40 mm Hg
O_2	159 mm Hg	105 mm Hg
N_2	601 mm Hg	568 mm Hg
Presión total	760 mm Hg	760 mm Hg

Imágenes tomadas de Fox, S., 2011.

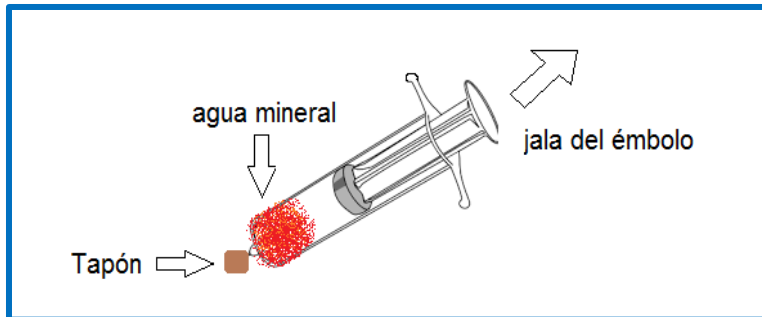
3. Ley de Henry

- En un vaso de precipitados de 50 mL adiciona 25 mL de agua mineral y en otro 25 mL de agua destilada
- Agrega unas cuantas gotas de rojo de fenol a cada uno de los vasos
-





- Toma con la jeringa de 50 mL 3 mL de agua mineral con rojo de metilo
- Coloca el tapón de goma sobre la punta de la jeringa y desplaza el émbolo hacia fuera creando un vacío ¿qué ocurre con el color del agua mineral dentro de la jeringa? ¿a qué se debe dicho cambio?



La pequeña distancia entre el aire alveolar y la sangre capilar favorecen la rápida difusión del O_2 y de CO_2 , de acuerdo con la ley de Henry, la cantidad de estos gases disueltos en el plasma son directamente proporcionales a las Presiones parciales de sendos gases. Por ejemplo, si el plasma se lleva al equilibrio con una $PO_2 = 100$ mm Hg, este podrá disolver 0.3mL de O_2 por cada 100 mL de plasma, si la PO_2 se reduce a la mitad, la cantidad disuelta de O_2 también se reduciría a la mitad. Este efecto no es tan importante para el O_2 pero si lo es para el CO_2 , que tiene una solubilidad 20 veces mayor que el oxígeno y que además participa en el equilibrio ácido base sanguíneo.

4. Ley de Graham

- Mide la distancia que hay entre los dos extremos más lejanos del laboratorio.
- En un extremo debe estar presente uno o dos observadores mientras que en el otro extremo estará la persona que disperse el extracto de vainillina y el perfume.
- Comience a registrar el tiempo en el momento en el que se disperse el perfume y deténgalo cuando en el otro extremo el o los observadores indiquen que perciben el olor a perfume.
- Ventile el laboratorio y permita que el olor a perfume deje de percibirse. Posteriormente disperse el extracto de vainillina y nuevamente registre el tiempo entre la dispersión y la percepción del olor.

¿A qué se debe la diferencia entre los tiempos de percepción del olor de la vainillina y el perfume?

- Para esta parte de los experimentos se debe tener cuidado especial al manipular el HCl concentrado y el NH_4 , use guantes y pinzas de disección.
- Tome un poco de algodón y sumérgalo en el HCl concentrado, de forma similar haga con otro algodón con el amoníaco.



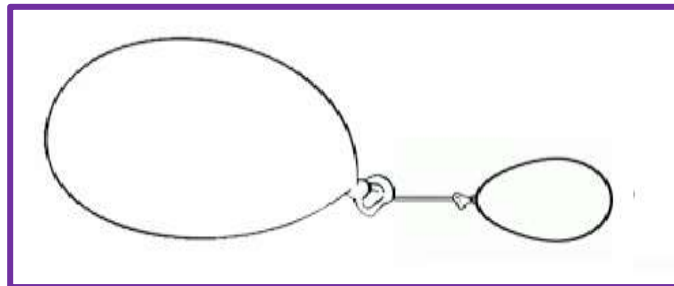
- Introduzca cada algodón en uno de los extremos del tubo de plástico transparente de 1 m y coloque un tapón de goma o bien cinta adhesiva para evitar que los vapores salgan por el extremo del tubo.



- Observe la posición a la que aparece una mancha blanquecina o polvo blanco, ¿de qué extremo está más próxima la mancha? ¿a qué se debe este hecho?

5. Ley de Laplace-Young

- Tome dos globos e ínfeles con diferente cantidad de aire y tome el cuello de los globos y presione con los dedos evitando la salida del gas.
- Coloque los globos uno a cada extremo de un popote o tubo de plástico y observe lo que sucede.



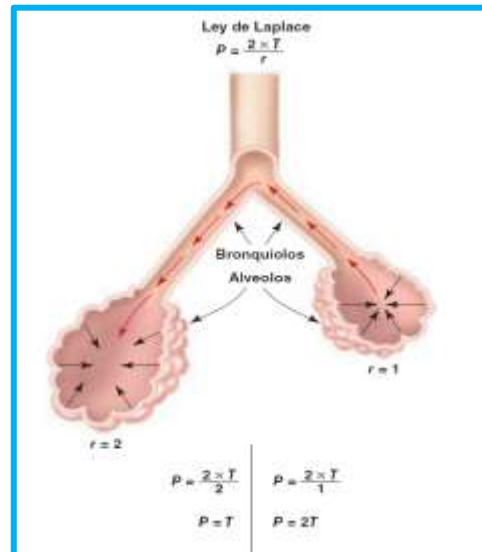
- Modifique el tamaño de los globos y repita. ¿Ocurre siempre lo mismo? ¿por qué?

El fenómeno que acaba de observar sería el destino de los alveolos pequeños con la consecuente formación de un superalveolo, afortunadamente esto no ocurre fisiológicamente.

Las células alveolares tipo II secretan factor surfactante que permanece entremezclado entre las moléculas de agua y reduce la formación de enlaces de hidrógeno y por tanto la tensión superficial. Dicho efecto es más evidente en alveolos pequeños y esto evita que los alveolos pequeños colapsen.



La importancia del factor surfactante se hace evidente en el Síndrome de Dificultad Respiratorio, donde los prematuros presentan alveolos colapsados ya que el factor surfactante se comienza a producir al final de la vida fetal.





Procedimiento Experimental (Parte 2: Espirometría)

Se debe realizar la calibración del aparato mediante la aplicación un volumen de aire que debe parecerse, tanto en la magnitud de flujos como de volúmenes y tiempos, a la propia señal biológica de la espiración forzada. En este sentido, se realizara la calibración mediante una jeringa certificada de 3 litros, procedimiento que será realizado por el profesor de laboratorio.

Preparación del sujeto y el material

1. Seleccionar un voluntario por equipo (la prueba puede tomar varios minutos)
2. Medir el peso y la altura del voluntario e ingresar su información en el espirómetro.
3. 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.
4. 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.

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

Leyes Generales de los Gases

Le corresponde al alumno registrar cada una de las observaciones que realizó durante los experimentos, así como dar respuestas a las preguntas que se plantearon durante la metodología. El profesor es responsable de guiar una discusión en donde se compartan las respuestas y observaciones, así como de proporcionar o dirigir a los alumnos a la obtención de respuestas en los casos en los que el alumnado no pudo obtenerlas de forma satisfactoria.

Los alumnos deberán explicar el fundamento físico de la ventilación pulmonar y en la medida de lo posible plantear los cambios en la saturación de oxígeno debido a cambios en la altura sobre el nivel del mar.

Espirometría

Describe los resultados obtenidos en la espirometría,

Defina si cumplen con los criterios de aceptabilidad (ver anexo I)

En caso de que sean aceptables, discuta si la espirometría es normal o si existe un patrón obstructivo o restrictivo.

Haga un reporte de la práctica con los resultados obtenidos.

Referencias:

1. Fox, Stuart Ira., Fisiología Humana, 13ª edición, Mc Graw Hill, México D.F., 2014.
2. Peter Atkins, Julio De Paula, "Atkins Química Física", 8va edición, Editorial Médica Panamericana, 2007.
3. Guyton, A. C. y Hall, J. E. Tratado de Fisiología Médica. 13a Ed. Barcelona, España. Editorial Elsevier Saunders, 2016.
4. Ganong WF. Fisiología Médica. Mc Graw Hill - Lange, 25ª Edición 2016.
5. Boron W. y Boulpaep, E. Medical Physiology, 3a Ed., Philadelphia, Editorial Elsevier-Saunders, 2017.
6. Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el médico, 1ª Ed. Asociación latinoamericana del Tórax. México, 2007.
7. Oliva Hernández C. Estudio de la función pulmonar en el paciente colaborador Parte I. Anales de Pediatría, Asociación Española de pediatría. 2007. P 393- 406.