

# Humedad en Anestesia

**Dr. James Sylvester**

CT2 Anaesthetics, Doncaster Royal Infirmary, UK

Editado por:

**Dr. Alex Konstantatos**

Consultant, The Alfred, Australia

Traducido por:

**Dr. Esteban Soto Ramírez (11659)**

Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica

**Correspondencia a:** [atotw@wfsahq.org](mailto:atotw@wfsahq.org)

Se encuentra disponible una prueba en línea para educación médica continua (CME). Se otorgará un certificado al aprobar la prueba. Puede consultar la política de acreditación haciendo click [aquí](#).



**19 de Septiembre 2017**

[Tomar prueba en línea](#)

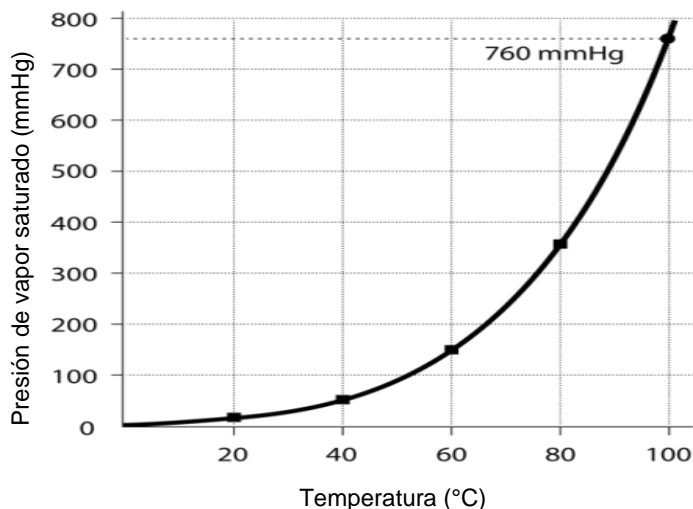
## PUNTOS CLAVE

- La humedad describe la cantidad de vapor de agua dentro de un gas
- Existen múltiples dispositivos para medir la humedad de los gases
- La ausencia de humidificación de los gases puede causar complicaciones en el paciente
- La humidificación es vital para un ambiente seguro y confortable en sala de operaciones
- Los dispositivos para la humidificación del gas inspirado pueden ser activos o pasivos

## INTRODUCCIÓN

Las sustancias pueden existir como sólidos, líquidos o gases. En la fase líquida las moléculas tienen un movimiento aleatorio y una energía cinética variable. En la superficie de un líquido algunas moléculas pueden escapar de las fuerzas intermoleculares que las mantienen en estado líquido para evaporarse y formar vapor. Las moléculas que escapan son las que tienen una mayor energía cinética, por lo tanto la energía cinética promedio del líquido restante y su temperatura disminuyen<sup>1</sup>.

Si el líquido se deja dentro de un recipiente sellado se alcanza un equilibrio entre las moléculas que salen y reingresan al líquido. El vapor que se encuentra por encima del líquido satura el gas y así ejercerá una presión parcial. En equilibrio esto se conoce como la **presión de vapor saturado**<sup>1</sup> (PVS). Al agregar energía térmica al sistema la energía cinética de las moléculas aumenta, incrementando así la cantidad de sustancia que escapa del estado líquido. Esto a su vez eleva la presión de vapor saturado. La cantidad de energía térmica necesaria para convertir 1 gramo de sustancia en fase líquida a vapor a una temperatura dada se conoce como **calor latente de vaporización**<sup>1</sup>. Si no se agrega calor al sistema la energía es obtenida del líquido y este se enfría. Esta es la razón de la compensación térmica en los vaporizadores de anestésicos.



**Fig. 1: Efecto de la temperatura sobre la PVS**

La humidificación describe la adición de vapor de agua a un gas. La **humedad absoluta** es la cantidad de vapor de agua dentro de un gas y se mide en  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  o en  $\text{mg}/\text{L}$ . La **humedad relativa** es una relación entre la cantidad de vapor de agua medida dentro de un gas dividido por la presión de vapor saturado a una temperatura dada<sup>1,2</sup>. Conforme aumenta la temperatura de un gas la cantidad de vapor de agua que puede retener incrementa, y por lo tanto, su presión de vapor saturado se eleva (Tabla 1/Fig. 1).

Temperatura (°C)	Humedad absoluta (g/m <sup>3</sup> )
0	5
20	17
37	44

**Tabla 1. Efecto de la temperatura sobre la humedad absoluta<sup>1</sup>**

Al bajar la temperatura de un gas la cantidad de vapor de agua que este puede retener disminuye. La temperatura a la cual una masa de aire se encuentra a una humedad relativa del 100% se conoce como **punto de rocío**. En este punto el vapor de agua se condensa en el líquido a la misma velocidad que se evapora. Si el punto de rocío está por debajo de 0 °C, este se conoce como **punto de congelación**<sup>1</sup>.

## Humedad y Anestesia

El aire interior a una temperatura de 20 °C tiene una humedad relativa de 50-60%<sup>3</sup>. A medida que este aire pasa por la nasofaringe, se calienta y se satura por completo a una humedad absoluta de 44 g/m<sup>3</sup> (Tabla 1). El punto de saturación total durante la respiración normal se conoce como **límite de saturación isotérmica**, y se alcanza justo encima de la carina<sup>2</sup>. La nariz está adaptada para incrementar la humedad relativa, esto por ser un área muy vascularizada y por la presencia de los cornetes nasales, los cuales incrementan el área de superficie para calentar y humedecer el aire.

Las células epiteliales de la vía aérea secretan moco; este moco lubrica las vías respiratorias y proporciona un medio para atrapar partículas y patógenos inhalados. El moco es desplazado hacia la nasofaringe por el movimiento rítmico de los cilios, eliminando así los detritos. Al omitirse el paso del aire por la nasofaringe con un tubo endotraqueal o un tubo de traqueostomía el aire que llega a la vía respiratoria será frío y seco. El aire es humidificado por la evaporación de líquido de la capa de moco. Esto provoca que el moco se seque y la pérdida de calor debido al calor latente de vaporización. La pérdida de calor por este mecanismo es de importancia en los pacientes pediátricos. Los niños, y en especial los neonatos tienen una elevada relación volumen minuto/área de superficie corporal, y la ventilación por 90 minutos con aire no-humidificado puede causar una disminución de 0.75 °C en la temperatura corporal<sup>3</sup>.

La humidificación inadecuada de la vía aérea produce un esputo espeso. Este esputo es difícil de expectorar y puede formar tapones de moco que pueden obstruir el tubo endotraqueal o incluso la vía aérea. Esto puede exponer al paciente a atelectasias distales, desequilibrio V/Q y a un mayor riesgo de infección. A mayor tiempo de exposición, mayor es el daño. La exposición prolongada a gases no-humidificados puede causar pérdida en el número y función de los cilios, queratinización y necrosis de la vía aérea<sup>3,4</sup>. Durante la ventilación en cuidados críticos, estas complicaciones pueden incrementar la incidencia de neumonía asociada al ventilador, incremento del trabajo respiratorio y ventilación mecánica prolongada/dificultad para el destete de la ventilación mecánica.

La humedad tiene un papel importante en sala de operaciones. Si la humedad relativa es muy alta, el ambiente se puede tornar incómodo para el personal, ya que la pérdida de calor a través de la sudoración se reduce. Si la humedad es muy baja se incrementa el riesgo de incendio y explosiones. La baja humedad también ha sido asociada con un empeoramiento en la rinitis y el asma. El equilibrio se alcanza a una humedad del 50-60%<sup>4</sup>.

## Medición de la humedad atmosférica

Cualquier cosa que mida la humedad se conoce como higrómetro. Los dispositivos que miden la humedad se pueden dividir en aquellos que miden la humedad relativa (ej. higrómetro de cabello, higrómetro de bulbo seco y húmedo y el higrómetro de Regnault), y los que miden la humedad absoluta (ej. transductores y espectrometría de masas).

### Higrómetro de cabello

El cabello humano y cabello de distintos animales ha sido utilizado para este tipo de higrómetros. Funciona bajo el principio que conforme aumenta la humedad también aumenta la longitud del cabello. El cabello es tensado de modo que un extremo permanezca fijo mientras el extremo libre se expande sobre una escala pre-calibrada. El higrómetro de cabello es preciso a una humedad relativa entre 30-90%<sup>5</sup>.

### Higrómetro de bulbo seco y húmedo

Se utilizan dos termómetros de mercurio. El bulbo seco se encuentra en equilibrio con la temperatura del aire ambiente. El bulbo húmedo se encuentra suspendido en agua. El bulbo húmedo es enfriado por el calor latente de vaporización conforme se evapora el agua. La velocidad de evaporación es proporcional a la humedad relativa por encima del agua. Una humedad elevada causa que menos agua se evapore y esto produce un menor enfriamiento del bulbo húmedo. La diferencia de temperatura entre los dos bulbos se puede determinar con una tabla psicrométrica y así calcular la humedad relativa. Para asegurar la precisión, se requiere un flujo de aire constante sobre el dispositivo, esto para prevenir el acúmulo de humedad<sup>1</sup>.

## Higrómetro de Regnault

Funciona con el paso de aire a través de un tubo de plata que contiene éter, el cual causa que el aire se enfríe. Una vez que el aire alcanza su punto de rocío (humedad relativa del 100%), se produce condensación por fuera del tubo. La humedad relativa puede ser calculada a partir de la temperatura del punto de rocío utilizando las tablas de Regnault. Este es el método más preciso para medir la humedad relativa<sup>5</sup>.

## Humedad absoluta

La humedad absoluta se puede medir con un espectrómetro de masas y con transductores. Los transductores funcionan bajo el principio de que la resistencia eléctrica o la capacitancia cambian con el aumento de la humedad. Los espectrómetros de masas miden la humedad del aire en las muestras de gas, pero no requieren condensación en la línea de muestreo<sup>1</sup>.

## Métodos de humidificación de la vía aérea superior

El dispositivo de humidificación ideal debe:

- Ser barato
- Ser simple de usar
- No incrementar el riesgo de infección
- Humedecer y calentar los gases a condiciones fisiológicas
- No producir un aumento significativo de la resistencia ventilatoria o del espacio muerto

El tamaño de las gotitas de agua que proporcionan los dispositivos de humidificación es importante. El tamaño ideal es de 1 micra, para poder llegar a los alvéolos. Las gotitas con un tamaño  $\geq 5$  micras se depositan en la tráquea y no confieren beneficio para la vía aérea distal. Las gotitas con un tamaño  $\geq 20$  micras son las responsables de la condensación visible en los tubos de ventilación<sup>5</sup>. Los dispositivos actuales se pueden clasificar en sistemas activos o pasivos. Los sistemas pasivos no dependen de una fuente de energía externa o de agua, a diferencia de los sistemas activos.

## Intercambiador de calor y humedad

Los humidificadores pasivos más utilizados son los intercambiadores de calor y humedad (ICH). Un ICH consiste en una membrana (comúnmente papel, cerámica o espuma de poliuretano) con un revestimiento de material higroscópico (cloruro de calcio o de litio) suspendido en una carcasa de plástico liviano con un agujero de entrada y uno de salida<sup>1</sup>. El gas humidificado y calentado es espirado y se condensa en la membrana. Conforme se inspira gas frío y seco, este pasa por el filtro para humidificarse y calentarse. Toma alrededor de 20 minutos para alcanzar la eficacia máxima, produciendo una humedad relativa de 70%<sup>1,5</sup>.

*Ventajas* – Es barato y simple de usar. Se le puede incorporar un microfiltro antibacteriano (ICHF) (Figura 2).

*Desventajas* – Es voluminoso y necesita estar cerca del paciente para minimizar el espacio muerto. Menos eficiente con un alto volumen minuto y se pueden obstruir con secreciones, incrementando la resistencia ventilatoria. Se debe reemplazar cada 24 horas.

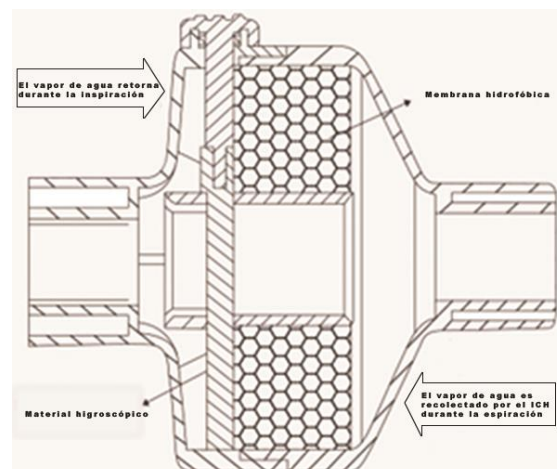


Figura 2. Diagrama esquemático del filtro intercambiador de calor y humedad

## Humidificadores Activos

### Humidificador de cascada o de burbujeo

Los gases se pueden burbujear a través del agua para aumentar su humedad. Cuando el gas pasa a través de agua a temperatura ambiente este se enfría debido al calor latente de vaporización. El agua se puede calentar, mejorando la eficacia del dispositivo y reduciendo la incidencia de colonización bacteriana.

*Ventajas* – Se puede alcanzar una elevada humedad relativa. Calienta el gas inspirado.

*Desventajas* – Contaminación bacteriana si no se calienta a 60 °C. Existe el riesgo de aspiración de agua hacia la vía aérea. Riesgo de quemadura de la vía aérea por la alta temperatura.

### Nebulizadores

Los nebulizadores utilizan un sistema Venturi que emplea el efecto Bernoulli. El paso de un gas a alto flujo por una zona de sección menor aumenta la velocidad del gas y reduce su energía potencial, permitiendo que otros gases o líquidos sean arrastrados. Esto puede incluir medicamentos o en el caso de humidificación, el vapor de agua. El tamaño de la gotita de agua producida por la nebulización determina el punto de la vía aérea donde se depositará<sup>2</sup>. Los nebulizadores estándar producen gotitas de 4 micras de diámetro, las cuales se depositan en la vía aérea superior y en la tráquea. La eficacia se puede mejorar al pasar las gotitas sobre un yunque, para reducir aún más el tamaño de la partícula. El nebulizador más eficiente es el nebulizador ultrasónico. Un transductor es sumergido en agua y vibra a una frecuencia

de 3 MHz, produciendo gotitas de 1-2 micras de diámetro. Estas partículas llegan fácilmente hasta los bronquiolos y proporcionan una excelente humidificación.

Tipo de humidificador	Humedad absoluta g/m <sup>3</sup>
Burbujeo con agua fría	10
ICH	25
Burbujeo con agua caliente	40
Nebulizador Venturi	60
Nebulizador ultrasónico	90

Tabla 2. Eficacia de diferentes dispositivos de humidificación<sup>6</sup>

## RESUMEN

- A medida que el aire pasa por la nasofaringe, se calienta y humedece a una humedad absoluta de 44 g/m<sup>3</sup>.
- El manejo invasivo de la vía aérea sobrepasa los mecanismos protectores a patógenos y partículas.
- La exposición prolongada a gases no-humidificados pueden causar disfunción ciliar y lesiones en la vía aérea.
- Los higrómetros son dispositivos que miden la humedad, ya sea absoluta o relativa.
- Los humidificadores pasivos más usados son los intercambiadores de calor y humedad (ICH).

El tiempo estimado para completar este tutorial es de 0.5 horas (30 minutos). Favor registre el tiempo invertido e informe a su organización de acreditación si desea reclamar los puntos de educación médica continua.

Para realizar la prueba en línea de este tutorial, haga clic [aquí](#)

## REFERENCIAS Y LECTURA ADICIONAL

1. Davis PD, Kenny GNC, Humidification. In: Basic physics and measurement in anaesthesia (2003). Butterworth Heinmann. Pages 127-137
2. McNulty G, Eyre L. Humidification in anaesthesia and critical care. *BJA education* 2015; 15(3): 131-135
3. Gross JL, Park GR. Humidification of inspired gases during mechanical ventilation. *Minerva anaesthesiol.*2012; 78(4): 496-502
4. Shelley MP, Lloyd GM, Park, GR. A review of mechanisms and methods of humidification of inspired gases. *Intensive care med* 1988; 14: 1-9
5. Tidmarsh M, Lin S. Humidity measurement. In: fundamentals of anaesthesia (2008). Cambridge University press. Pages824-826.
6. Shenoy S. Humidification. *Update in anaesthesia.*2008; 24(2): 151-15



This work by WFSA is licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>