

La importancia de controlar la humedad para reducir infecciones respiratorias

El conjunto de medidas que recogen las siguientes líneas sirve para combatir eficazmente la propagación de los virus transmitidos por el aire. ¿Cuáles son las ventajas de tener una humedad relativa controlada entre el 40 y 60%? Para responder a esta pregunta, primero hay que explicar qué es la humedad y luego hablar de sus beneficios cuando se controla.

Fotos: Pixabay



PAUL-EMILE DAVID
Licenciado en Ciencias
Biológicas y Médicas
Licenciado en Farmacia
Miembro de ASHRAE
Especialista HVAC
Armstrong International
www.armstronginternational.com/es

¿ Qué es la humedad del aire? “La humedad excesiva arruina las semillas y la sequedad engendra enfermedades peligrosas (Abbé Raynal (1713-1796), *Hist. phil.* VII, 21). El aire que nos rodea es una mezcla de nitrógeno, oxígeno y otros gases, vapores y contaminantes. La humedad del aire es la cantidad de vapor de agua en el aire. El porcentaje de masa de vapor de agua en el aire puede estar entre el 0,1% y el 2%. El peso de 1 m³ de aire seco es de unos 1205 g⁽²⁾. Por lo tanto, la cantidad de agua en el aire ambiente varía entre 0 g/m³ (nunca se alcanza) y 25 g/m³... En resumen, unos pocos gramos.

La humedad del aire no es fácilmente percibida por nuestros sentidos por dos razones:

- El aire ambiente es húmedo, pero no moja.
- El vapor de agua en el aire es absolutamente invisible.

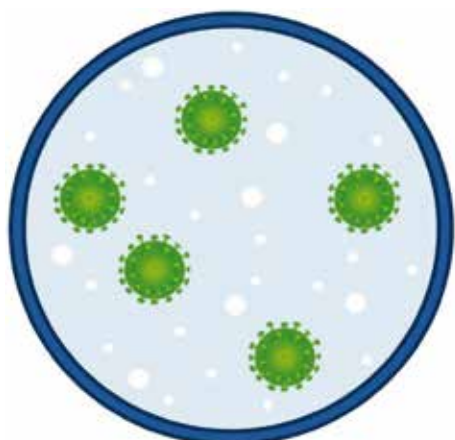
En psicrometría (la ciencia que estudia el aire húmedo), la humedad del aire puede cuantificarse mediante diferentes parámetros. Los dos más importantes son el ratio de humedad y la humedad relativa.

- El ratio de humedad se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Se expresa en gramos de agua por metro cúbico de aire seco (g_{de agua}/kg_{de aire seco}). Esta cantidad no está sujeta a las variaciones de temperatura.

- La humedad relativa (en %) es la relación entre la cantidad de vapor de agua en el aire y la cantidad máxima de vapor de agua que puede absorber el aire y varía con la temperatura.

Por lo tanto, la humedad relativa del aire fluctúa con su temperatura. La calefacción de los edificios aumenta la temperatura del aire interior, disminuyendo su humedad relativa porque el contenido de agua no cambia. Esto explica por qué el aire no tratado es seco en invierno.





SALES DISUELTAS



VIRUS ACTIVOS

Los bioaerosoles son gotas de agua con sales minerales dispersas en el aire. Pueden contener virus respiratorios. Su cantidad de agua está en equilibrio con la humedad relativa del aire. Cuando más seco sea el aire, más rápido reducirán su tamaño.

La evaporación afecta a su diámetro, a su masa y su caída. Las gotas menores de 30 µm alcanzan su tamaño de equilibrio en menos de 1s. Esta pérdida de agua afecta también a su química: el pH disminuye y la concentración de sal aumenta ⁽⁹⁾.

En el tratamiento del aire interior, la humidificación es tan importante como la filtración, la calefacción y la renovación, y todo ello tiene un coste.

El coste de la humidificación en invierno puede compensarse fácilmente con una reducción de los costes de calefacción

La humidificación del aire es la acción de aumentar la cantidad de agua en el aire, con lo que se incrementa la humedad relativa de un local calentado.

BENEFICIOS DE UNA HUMEDAD RELATIVA CONTROLADA ENTRE EL 40 Y EL 60%

Actualmente, muchos estudios científicos internacionales coinciden en que una humedad relativa controlada entre el 40 y el 60% (en con-

Relación entre la humedad relativa ambiental y la supervivencia de los virus respiratorios ⁽⁹⁾			
Virus envueltos	Humedad relativa del aire		
	Baja	Media	Alta
<i>Influenza (PR8)</i>	+	-	-
<i>Influenza A (PR8)</i>	+	-	-
<i>Influenza A (WS Strain)</i>	+	-	+
<i>Influenza A (WSN Strain)</i>	+	-	+
<i>SARS COV</i>	++	-	-

+: positivo para la supervivencia

-: negativo para la supervivencia

Variación de la humedad relativa y ratio de humedad en función de la temperatura de calentamiento sin humidificación								
Temperatura del aire (en °C)	- 8	- 4	0	4	8	12	20	28
Ratio de humedad (g/kg)	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Humedad relativa (%)	100	71	51	38	29	22	13	8

Temperatura y humedad del aire interior recomendadas (Humedad relativa entre 40% y 60%)								
	En invierno							
	En verano							
Temperatura del aire (en °C)	19	20	21	22	23	24	25	26
Ratio de humedad (g/kg)	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.9	10.5
Humedad relativa (%)	50	50	50	50	50	50	50	50

Mantener el ratio de humedad entre 7g/kg y 10g/kg preserva la humedad relativa del aire interior.

Controlar la humedad del aire no es gratis, pero la falta de ella es ciertamente muy costosa

condiciones normales de temperatura interior) es beneficiosa para reducir las infecciones respiratorias. Sus beneficios afectan a todo lo relacionado con el sistema respiratorio, desde la calidad del aire respirado hasta la protección de los alvéolos pulmonares. Sus beneficios son los siguientes:

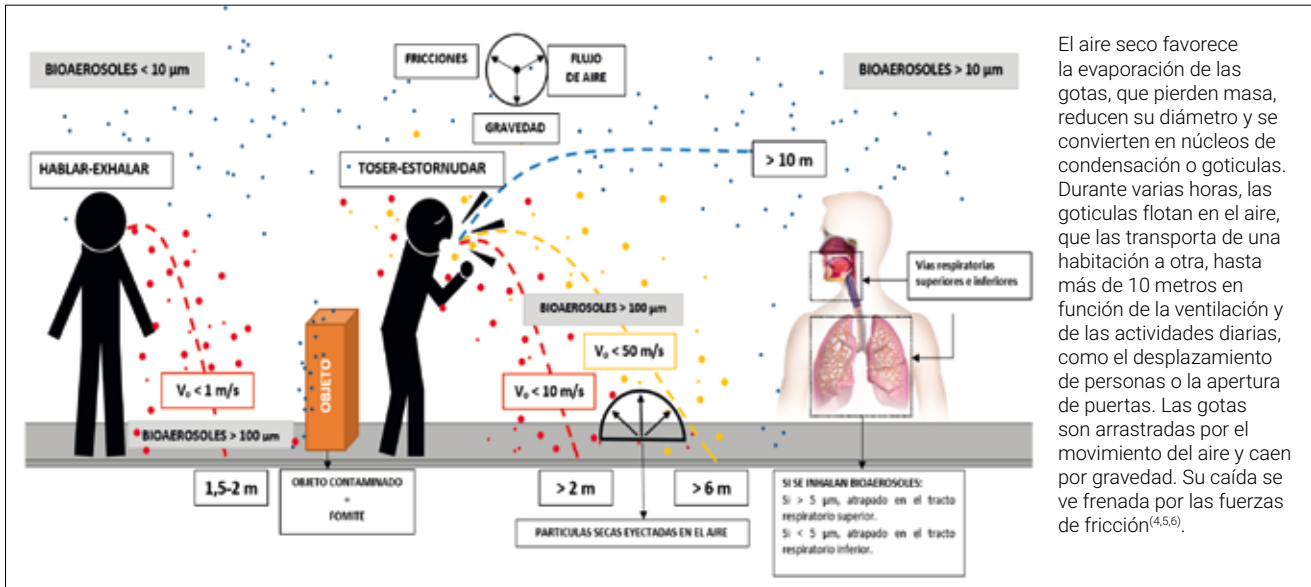
- Ayuda a reducir la transmisión aérea de agentes infecciosos.
- Ayuda a mantener las medidas fisiológicas de protección de las vías respiratorias.
- Ayuda a moderar las reacciones inflamatorias del sistema respiratorio.

En condiciones ambientales normales, los bioaerosoles caen desde una altura de 1,5 a 2,0 m.

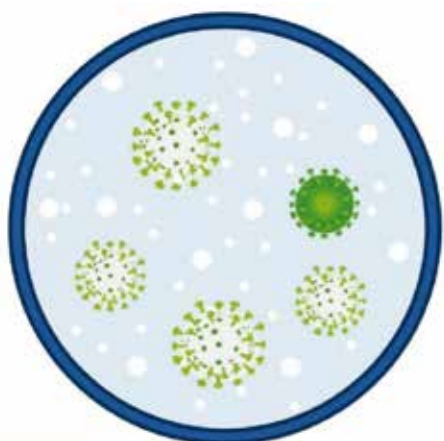
- » en menos de 6 segundos si su diámetro es > 1 mm
- » en ~ 6 segundos si el diámetro es de ~ 100 µm
- » en ~ 8 minutos si el diámetro es de ~ 10 µm
- » en ~ 1,5 horas si el diámetro es de ~ 3 µm
- » en ~ 12 horas si el diámetro es de ~ 1 µm
- » en ~ 41 horas si el diámetro es de ~ 0,5 µm ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

MENOR TRANSMISIÓN E INEFECTIVIDAD DE LOS BIOAEROSOLES

Numerosos estudios científicos confirman que la calidad del aire mejora con la humidificación controlada. Además de reducir la cantidad de polvo y alérgenos en el aire, también actúa sobre



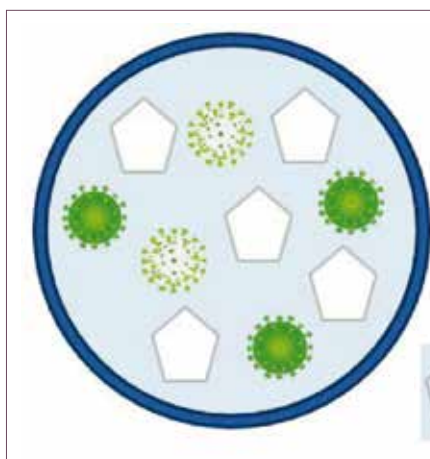
El aire seco favorece la evaporación de las gotas, que pierden masa, reducen su diámetro y se convierten en núcleos de condensación o gotículas. Durante varias horas, las gotículas flotan en el aire, que las transporta de una habitación a otra, hasta más de 10 metros en función de la ventilación y de las actividades diarias, como el desplazamiento de personas o la apertura de puertas. Las gotas son arrastradas por el movimiento del aire y caen por gravedad. Su caída se ve frenada por las fuerzas de fricción^(4,5,6).



VIRUS INACTIVOS

Cuando la humedad relativa está entre el 40% y el 60%, la desecación de las gotas es limitada. Esto reduce la pérdida de masa de los aerosoles y facilita su caída.

Además, las variaciones del pH y de las concentraciones de sal afectan a las proteínas de superficie de los virus envueltos, que se vuelven inestables e inactivos⁽⁹⁾.



SAL CRISTALIZADA

Cuando el aire está seco, los aerosoles pierden su contenido en agua rápidamente. Las sales cristalizan. Esta cristalización no afecta a los virus con envoltura, que permanecen activos durante más tiempo⁽⁹⁾. Estas gotículas con virus activos flotan en el aire.

Mantener la humedad relativa entre el 40-60% reducirá la transmisión e infectividad de los bioaerosoles

A temperatura constante (20°C), la humedad controlada entre el 40 y el 60% reduce la infectividad de los aerosoles contaminados con el virus de la gripe⁽¹¹⁾.

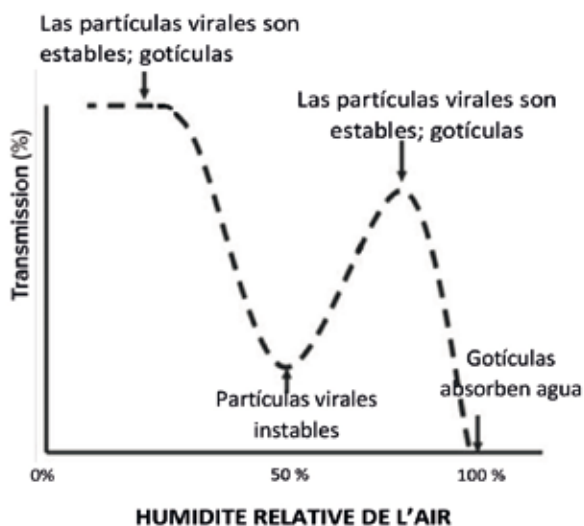
Los investigadores, del Instituto de Investigación Troposférica (TROPOS) de Leipzig y del Laboratorio Nacional de Física del CSIR de Nueva Delhi, informan de que la propagación del virus del

los bioaerosoles. Respirar - hablar - toser - estornudar, estas acciones provocan la dispersión de finas partículas contaminantes en el aire: los bioaerosoles. En el caso de los virus respiratorios, los virus son transportados en gotas de agua.

Los datos gravimétricos (diámetro, masa) de los bioaerosoles y las condiciones del aire ayudan a explicar la transmisión de las infecciones respiratorias.

Variación de la eficacia de la transmisión de la gripe con la humedad relativa del aire⁽¹⁰⁾

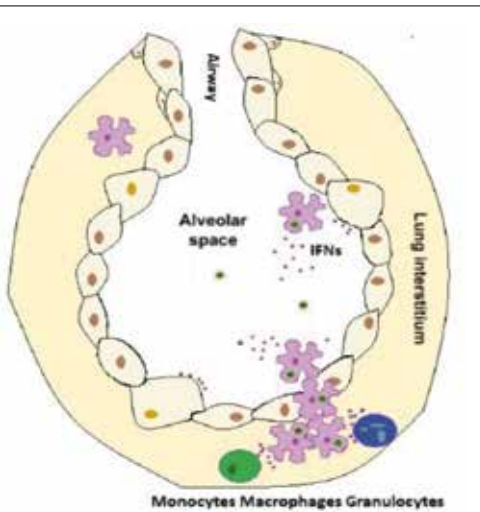
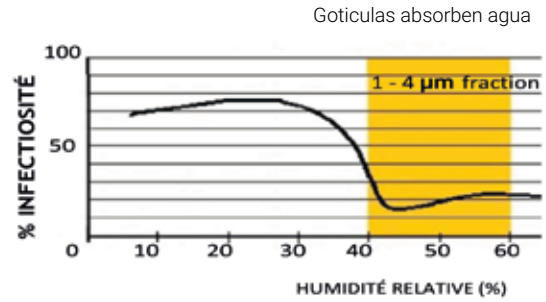
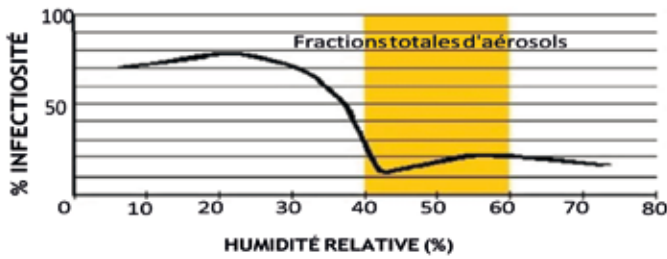
La eficacia de la transmisión del virus de la gripe A es mínima con una humedad relativa del 50%.



Consejos de la Revisión Viroológica Anual (marzo de 2020) para limitar la transmisión de los virus respiratorios en invierno

- » 1. Lavarse las manos para evitar la autoinoculación tras el contacto con fómites.
- » 2. Llevar una mascarilla para mantener la nariz y la garganta calientes y húmedas, y reducir drásticamente la propagación de los virus y la carga viral en el aire.
- » 3. Mantener los niveles de vitamina D en la sangre dentro del rango normal tomando suplementos si es necesario para compensar la reducción de la producción del cuerpo debido a la reducción de la luz solar. La vitamina D es importante para las defensas inmunitarias, al igual que las vitaminas A, C, B6, B9 y B12.
- » 4. Dormir más de 7 horas para ayudar al sistema inmunitario.
- » 5. Ventilar los interiores con suministro de aire fresco y extracción de aire interior para reducir la carga viral y la carga de CO₂.
- » 6. Mantener la humedad relativa del aire interior entre el 40 y el 60% para reducir la transmisión viral y proteger las mucosas del sistema respiratorio.

A temperatura constante (20°C), la humedad controlada entre el 40% y el 60% reduce la infectividad de los aerosoles contaminados con el virus de la gripe⁽¹¹⁾.



Humedad del aire interior correcta y controlada (H.R. óptima al 50%)

- Reduce el daño celular respiratorio,
- Reduce la infección del epitelio de las vías respiratorias,
- Aumenta la eliminación del virus por parte de los macrófagos alveolares protectores,
- Aumenta la inmunidad natural antiviral inducible,
- Aumenta la inmunidad natural de tipo 1 mediada por IFN e independiente de IFN,
- Aumenta otros mecanismos naturales de defensa.
- Reduce la sensibilidad a la activación inflamatoria,
- Reduce la activación de las caspasas,
- Disminuye la producción de citoquinas (interleucinas 1β y 18).

Cuando la humedad relativa del aire interior se mantiene entre el 40 y el 60%, el aire se convierte en un aliado para el organismo

principales causas de las infecciones respiratorias. Se puede mantener esta barrera humidificando el aire⁽¹⁴⁾.

MODERACIÓN DE LAS REACCIONES INFLAMATORIAS

Las partículas y los microorganismos que escapan a la primera línea de defensa, el moco epitelial, llegan al pulmón distal. A partir de ahí deben ser eliminados rápida y eficazmente por la segunda línea de defensa: los fagocitos. Los macrófagos alveolares son las células fagocíticas dominantes en los pulmones⁽¹⁴⁾.

La inflamación respiratoria aguda (IRA) representa la respuesta inmediata a un agente agresivo, de corta duración (unos pocos días o semanas), a menudo de inicio brusco y caracterizada por intensos fenómenos vasculo-exudativos. Múltiples mediadores bioquímicos desencadenan la inflamación. Entre ellos, los interferones (IFN) activan los macrófagos e inhiben la replicación del virus.

Un nivel de humedad interior de unos 7-10 g/kg (humedad relativa del 40-60%) aumenta la defensa inmunitaria natural de los macrófagos y disminuye la virulencia de las IRA.

CONCLUSIÓN

El cuerpo humano está formado por un 65-70% de agua. Todas las barreras (piel y mucosas) que lo protegen del exterior tienen intercambios térmicos y de agua con el aire ambiente. El aire seco absorbe su agua, secándolas y reduciendo su capacidad de protección.

Cuando la humedad relativa del aire interior se mantiene entre el 40 y el 60%, el aire se convierte en un aliado para el organismo. Mejora la calidad del aire, reduce la cantidad y la infectividad de los bioaerosoles, mantiene el efecto barrera de la mucosidad epitelial y garantiza la eficacia del sistema inmunitario. El confort físico producido por esta humedad del aire también tiene un efecto positivo sobre el sueño (según un estudio de la NASA⁽¹⁶⁾).

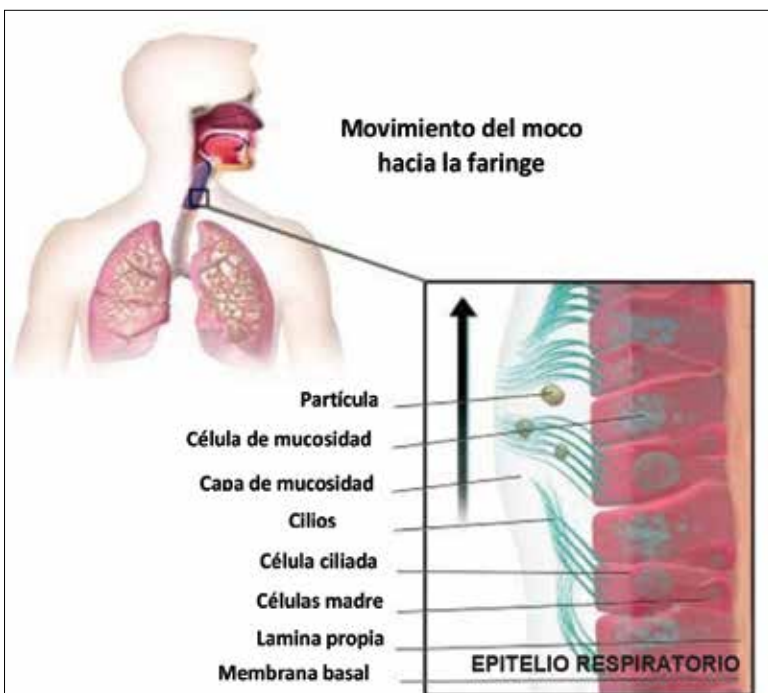
De igual modo, reduce los problemas de electricidad estática, lo que es importante cuando se manipulan gases inflamables (como el oxígeno).

SARS-COV2 también se reduce cuando la humedad relativa está entre el 40 y el 60%⁽¹²⁾.

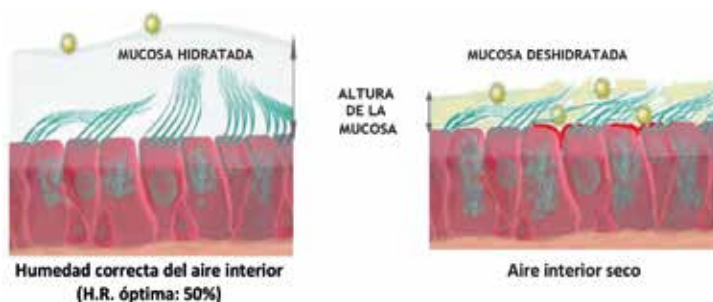
BENEFICIOSA PARA EL EPITELIO RESPIRATORIO

El epitelio respiratorio (que se encuentra en la nariz, la faringe y el sistema traqueal) humidifica y calienta el aire inhalado. Además, su producción de mucosidad limpia las cavidades respiratorias superiores. El moco se une a las partículas transportadas a la faringe por los cilios de las células epiteliales (escalera mucociliar). Cada célula epitelial contiene unos 200 cilios⁽¹³⁾.

Esta limpieza mucociliar es la primera línea de defensa de las vías respiratorias y los pulmones. Su reducción o pérdida es una de las prin-



La humedad relativa entre el 40 y el 60% protege las vías respiratorias



Humedad correcta del aire interior (H.R. óptima: 50%)

- Mantiene una buena hidratación de la mucosa.
- Reduce la densidad del moco.
- Aumenta la fluidez de la mucosa.
- Reduce la producción de moco.
- Aumenta la capa de moco.
- Aumenta la altura de la capa ciliar.
- Mejora el movimiento de los cilios.
- Aumenta el aclaramiento mucociliar.
- Aumenta la eliminación de partículas.
- Reduce el riesgo de inflamación.
- Reduce el daño a los tejidos.
- Mejora la defensa de los tejidos.
- Mejora la reparación de los tejidos

(1)(15)

Aire interior seco

- Provoca la deshidratación de las mucosas.
- Aumenta la densidad del moco.
- Reduce la fluidez del moco.
- Aumenta la producción de moco.
- Reduce la capa de moco.
- Reduce la altura de la capa ciliar.
- Inmoviliza los cilios.
- Reduce el aclaramiento mucociliar.
- Reduce la eliminación de partículas.
- Aumenta el riesgo de inflamación.
- Aumenta el daño a los tejidos.
- Reduce la defensa de los tejidos.
- Reduce la reparación de los tejidos.

(1)(15)

En el tratamiento del aire interior, la humidificación es tan importante como la filtración, la calefacción y la renovación, y todo ello tiene un coste. El coste de la humidificación en invierno puede compensarse fácilmente con una reducción de los costes de calefacción, ya que se puede ahorrar 1°C de calefacción cuando se aumenta la humedad relativa del 20 al 50% (17). Controlar la humedad del aire no es gratis, pero la falta de ella es ciertamente muy costosa. ■

Referencias y citaciones

- (1) Annual Review of Virology 2020. 7:2.1–2.19 Seasonality of Respiratory Viral Infections Miyu Moriyama,1 Walter J. Hugentobler,2 and Akiko Iwasaki1,3,4.
- (2) D. Pedro Rodriguez Ramos. La importancia de la humedad relativa en el control ambiental. Calidad del aire interior.
- (3) Wells, W. F., On Air-borne Infection. Study II. Droplets and Droplet Nuclei. Journal article: American Journal of Hygiene 1934 Vol.20 pp.611-18.
- (4) ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases Approved by ASHRAE Board of Directors April 14, 2020.
- (5) Fabian P, McDevitt JJ, DeHaan WH, Fung ROP, Cowling BJ, et al. (2008) Influenza Virus in Human Exhaled Breath: An Observational Study. PLoS ONE 3(7): e2691. doi:10.1371/journal.0002691.
- (6) Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings Editors: James Atkinson, Yves Chartier, Carmen Lúcia Pessoa-Silva, Paul Jensen, Yuguo Li, and Wing-Hong Seto. Geneva: World Health Organization; 2009.
- (7) Blausen.com staff (2014). "Medical gallery of Blausen Medical 2014".
- (8) COVID-19: Why we should wear all mask, Sui Huang.
- (9) Yang, Wan, and Linsey C Marr. "Mechanisms by which ambient humidity may affect viruses in aerosols." Applied and environmental microbiology vol. 78,19 (2012): 6781-8. doi:10.1128/AEM.01658-12.
- (10) Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P (2007) Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. PLoS Pathog 3(10): e151. doi:10.1371/journal.ppat.0030151.
- (11) Noti JD et. al, High Humidity Leads to Loss of Infections Influenza Virus from Simulated Coughs, PLoS ONE 8(2): e57485, 2013 (11) 2017 ASHRAE Fundamentals Handbook, Chap 10. Indoor environment health.
- (12) Ahlawat, A., Wiedensohler, A. and Mishra, S.K. (2020). An Overview on the Role of Relative Humidity in Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Indoor Environments. Aerosol Air Qual. Res. (in press). DOI: 10.4209/aaqr.2020.06.0302.
- (13) Scherzad A, Hagen R, Hackenberg S. Current Understanding of Nasal Epithelial Cell Mis-Differentiation. J Infl amm Res. 2019;12:309-317 https://doi.org/10.2147/JIR.S180853.
- (14) William J. Janssen, Adrienne L. Stefanski, Bruce S. Bochner, Christopher M. Evans, Control of lung defence by mucins and macrophages: ancient defence mechanisms with modern functions, European Respiratory Journal Oct 2016, 48 (4) 1201-1214; DOI: 10.1183/13993003.00120-2015.
- (15) Kudo E, Song E, Yockey LJ, Rakib T, Wong PW, et al. 2019. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection. PNAS 116:10905–10.
- (16) Caddick, Z. A., et al. (2016). Sleep environment recommendations for future spaceflight vehicles. 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics: Advances in Intelligent Systems and Computing, 484, pp. 923-933.
- (17) ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.