



Colegio de  
**San Francisco de Paula**

# Tema 10. Fisiología Humana

## 10.3 Intercambio de gases

Germán Tenorio

Biología NS-Diploma BI



International  
Baccalaureate

© Original Artist  
Reproduction rights obtainable from  
[www.CartoonStock.com](http://www.CartoonStock.com)

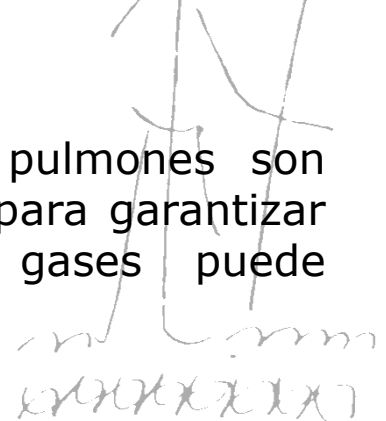


search ID: epa2079

"THE GOOD NEWS IS, YOU HAVE PHOTOGENIC LUNGS!"

**Idea Fundamental:** Los pulmones son ventilados de forma activa para garantizar que el intercambio de gases puede producirse de forma pasiva.

San Francisco de Paula  
Bachillerato





# NATURALEZA CIENCIAS: Epidemiología

- ¿Cómo se han llegado a conocer cuáles son los factores causantes del cáncer de pulmón?
- Siempre se proponen diversas teorías para intentar explicar las causas de una enfermedad. Para poder obtener evidencias a favor o en contra de estas teorías, deben recogerse datos que permitan ver una asociación entre la enfermedad y dicha causa propuesta, lo cual se consigue con un estudio epidemiológico.

## Lung Cancer

### *Epidemiology & Pathophysiology*



- Leading cause of cancer death in U.S.\*
- All stages, 5 year survival 16%
- Advanced disease, 5 year survival <5%

U. S. Annual Incidence & Deaths (Lung Cancer)	
Incidence	Deaths
228,190	159,480

- 40% of patients present with metastatic disease
- A significant unmet need exists for new treatment options for these patients

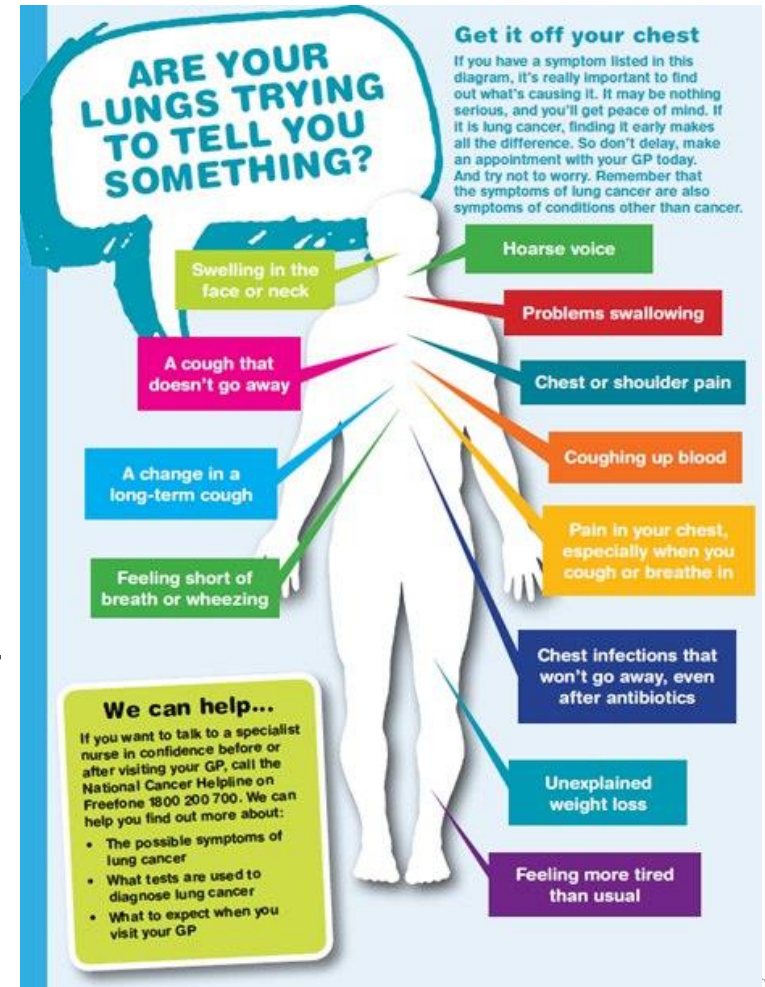
- La **epidemiología** es el estudio de la ocurrencia, distribución y control de las enfermedades.





## NATURALEZA CIENCIAS: Epidemiología

- Para comprobar la teoría de que el tabaco provoca cáncer, **se necesitan recoger datos acerca de los hábitos fumadores** de tanto personas que han desarrollado el cáncer como de aquellas que no lo han desarrollado.
- Una correlación entre un factor de riesgo y una enfermedad no prueba que el factor sea la causa de la enfermedad.
- Un ejemplo de ello, es la asociación repetidamente encontrada por los epidemiólogos entre la delgadez de una persona y el riesgo de padecer cáncer de pulmón.
- En realidad, esto se explica porque fumar reduce el apetito (se está más delgado) y al mismo, fumar aumenta el riesgo de desarrollar un cáncer de pulmón.





## NATURALEZA CIENCIAS: Epidemiología

- Para reducir el efecto de estos factores que introducen confusión, es necesario recolectar datos de muchos otros factores aparte del factor investigado.
- Esto permite aplicar un estudio estadístico para intentar aislar el efecto de cada factor aislado.
- Ejemplo de estos factores son también la edad o género de la persona, por lo que muchas veces se realiza el estudio con personas de un determinado sexo o rango de edad.

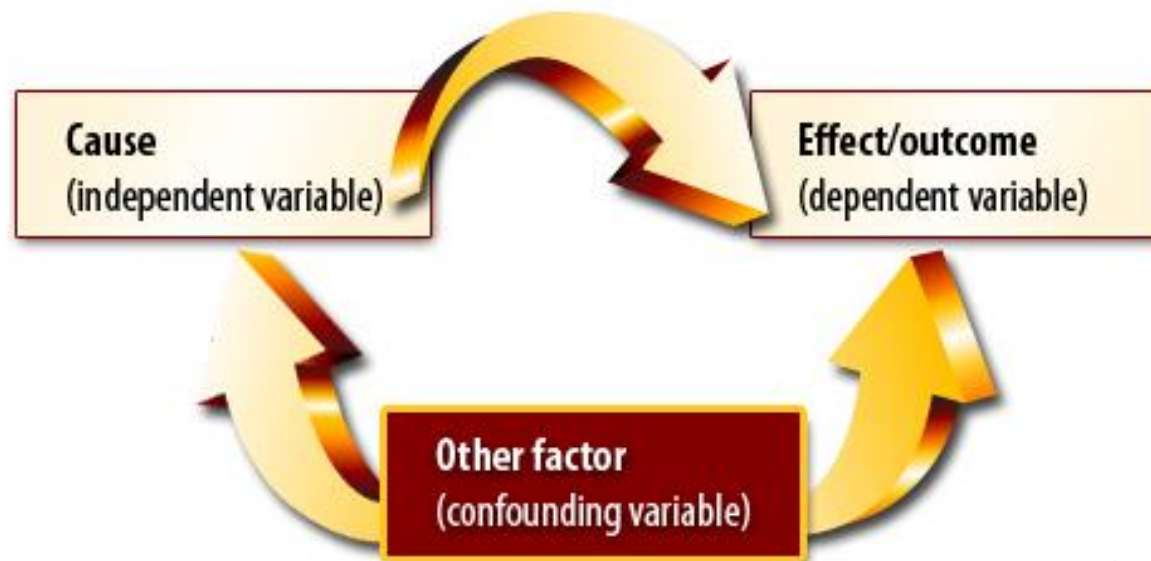


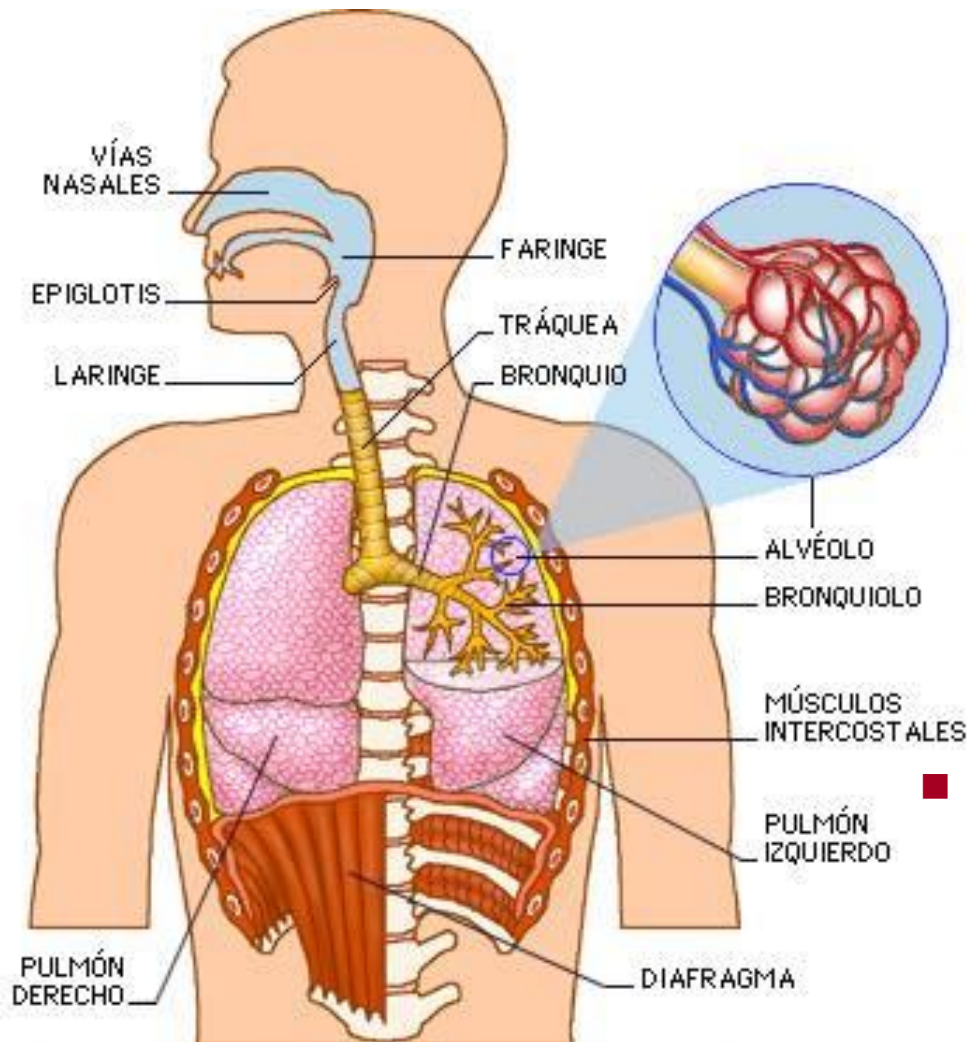
IMAGEN: explorable.com







## Estructura del sistema respiratorio



### Sistema respiratorio

**Tráquea**

**Bronquios**

**Bronquiolos**

**Pulmones**

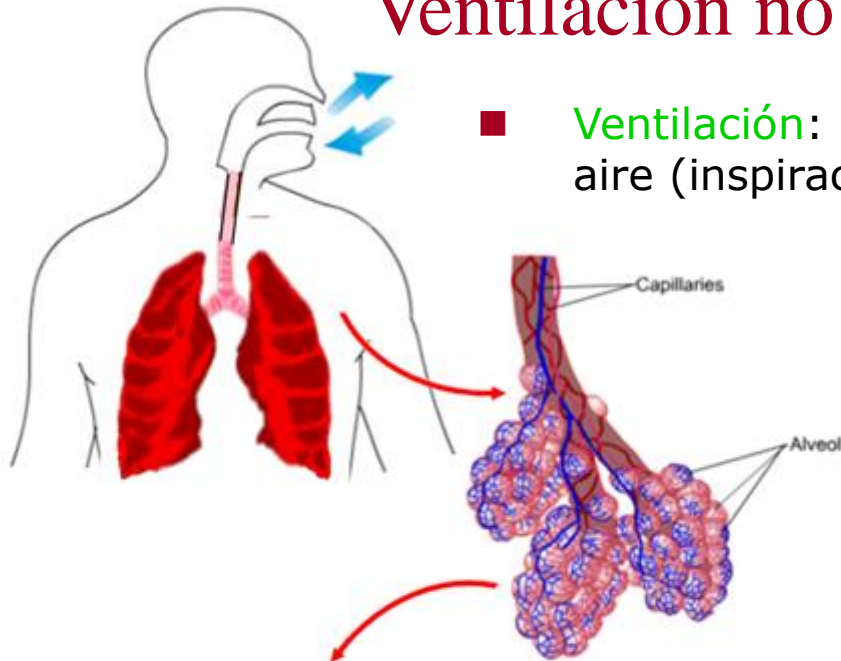
El aire es transportado hasta los pulmones por la tráquea y los bronquios, y a continuación hasta los alvéolos a través de los bronquiolos.

**Video1**



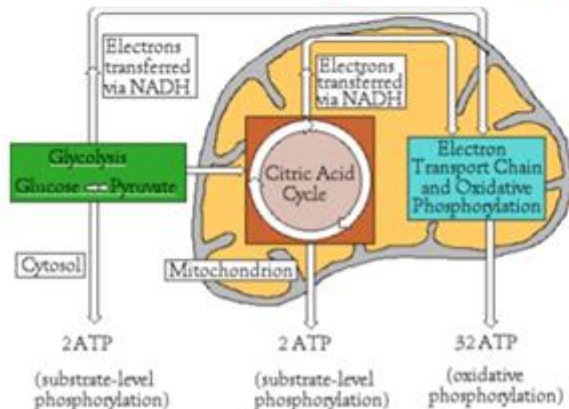
## Ventilación no es respiración

<http://www.kfu.edu.sa/Coleges/College22/physiology/Respiratory%20basics.swf>

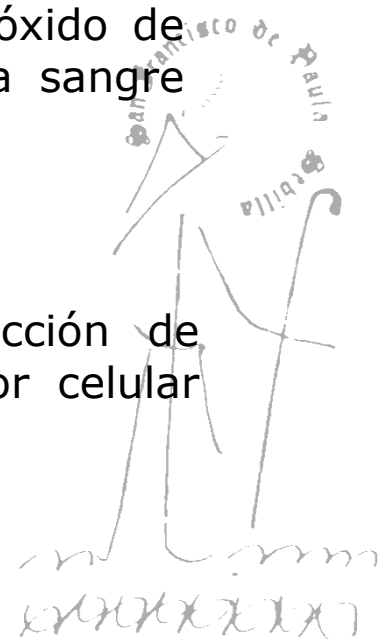


- **Ventilación:** Movimiento de entrada y salida del aire (inspiración y espiración) en los pulmones.

- **Intercambio gaseoso:** Intercambio por difusión de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y los alveolos.



- **Respiración celular:** Producción de energía (ATP) en el interior celular (mitocondria).





## Necesidad de la ventilación

- Para que el intercambio gaseoso sea eficiente, debe mantenerse un **alto gradiente de concentración** de oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire de los alvéolos y la sangre que fluye por los capilares adyacentes, lo que se consigue con el sistema de ventilación.
- La inspiración incrementa el gradiente de concentración de  $O_2$  entre el alvéolo y la sangre, permitiendo que difunda hacia la sangre.
- La espiración elimina el  $CO_2$  (y  $O_2$  no utilizado), incrementando el gradiente de concentración de  $CO_2$  entre el alvéolo y la sangre, permitiendo que difunda hacia el aire.

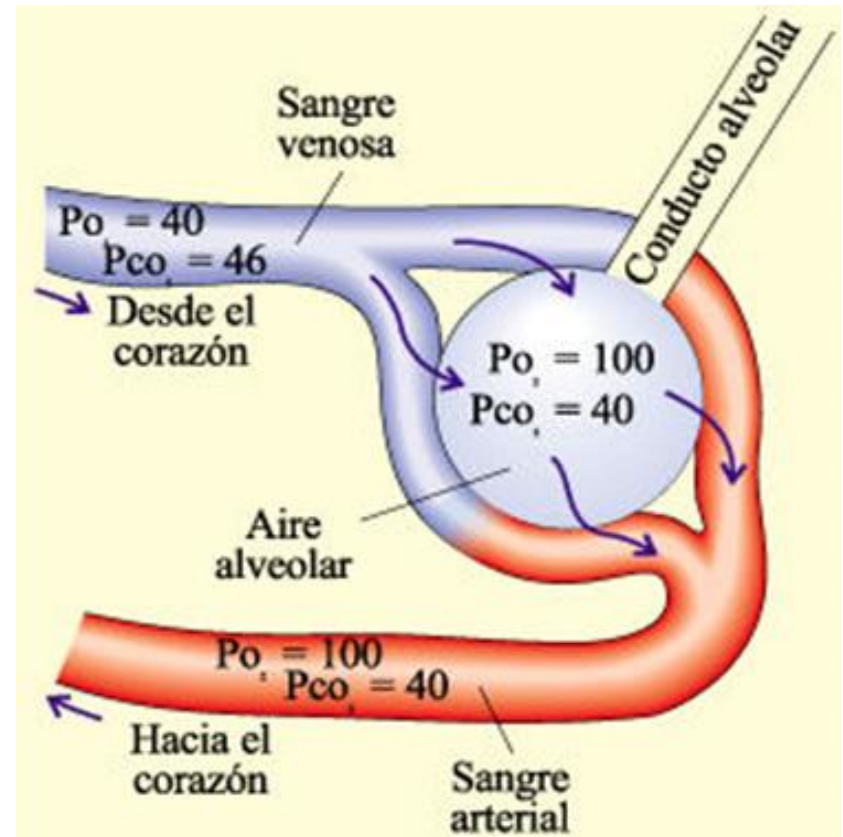


IMAGEN: <https://dc354.4shared.com>



## La ventilación

- La ventilación de los pulmones implica ciertos conceptos básicos de las leyes de los gases, relacionados con la Ley de Boyle.
- Si las partículas de un gas se expanden para ocupar un volumen mayor, la presión del gas disminuye. De forma contraria, si las partículas de un gas se comprimen para ocupar un volumen menor, la presión del gas aumenta.
- Si un gas tiene libertad de movimiento, siempre se moverá desde una región de mayor presión a otra región de presión menor.

Estado inicial

$$p_1 \cdot V_1 = k$$

Estado final

$$p_2 \cdot V_2 = k$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Ley de Boyle

IMAGEN: cienciasdejoseleg.blogspot.com.es

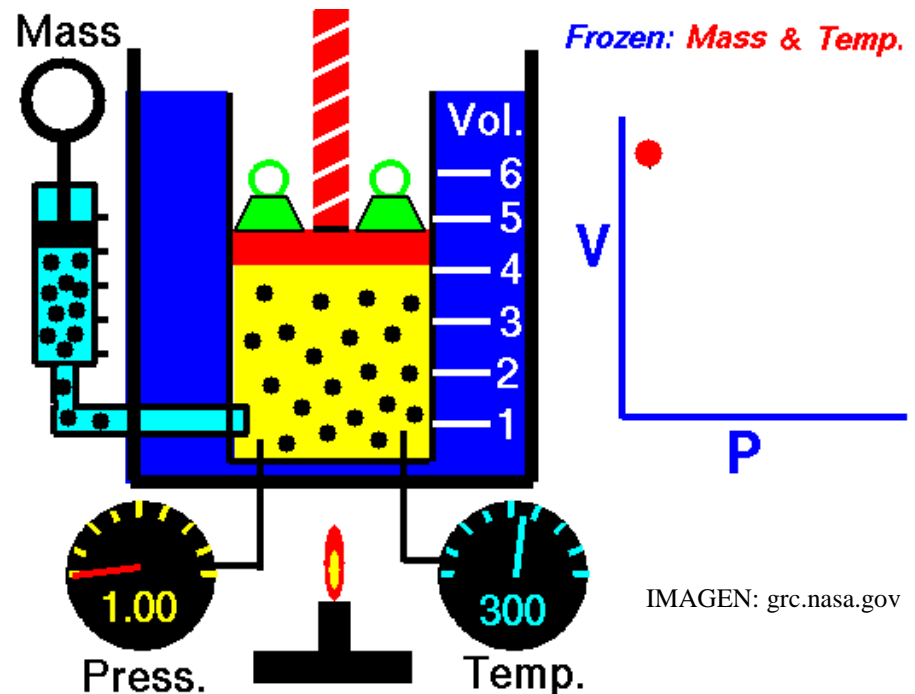


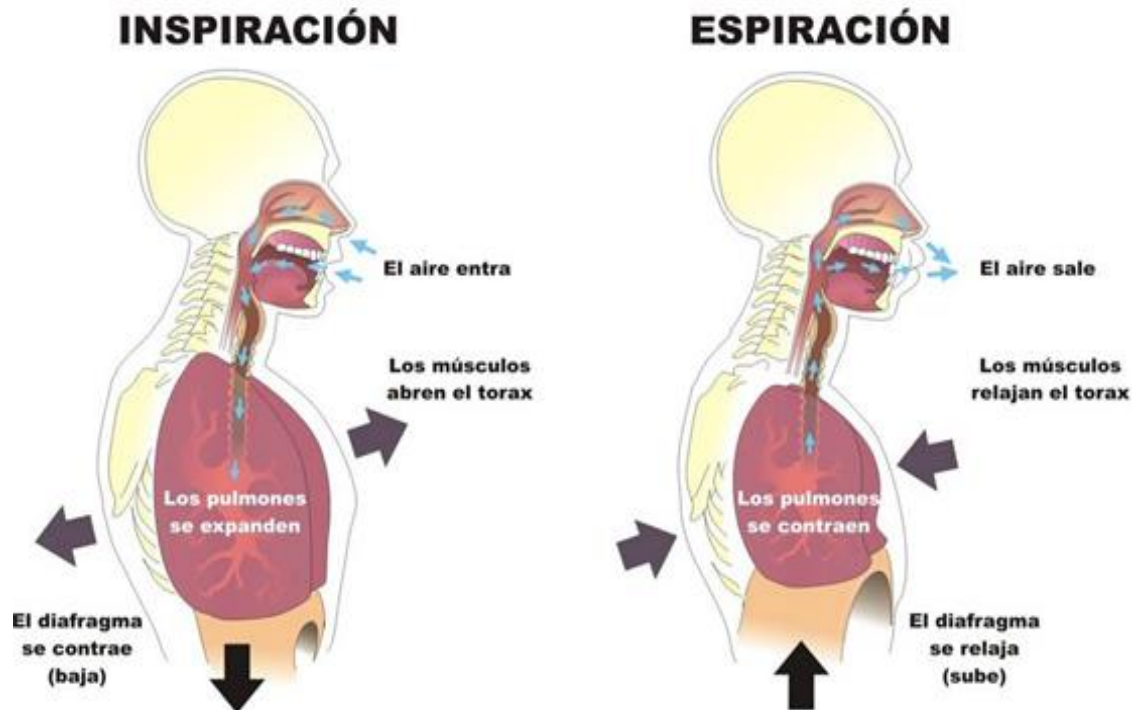
IMAGEN: grc.nasa.gov





## La ventilación

- Durante la ventilación, la **contracción** de ciertos músculos causa que la presión en el interior del tórax disminuya por debajo de la presión atmosférica, lo que fuerza que el aire entre hacia los pulmones desde la atmósfera (**inspiración**) hasta que la presión en los pulmones se iguale a la atmosférica.
- Del mismo modo, la **contracción** de otros músculos causa que la presión en el interior del tórax aumente por encima de la presión atmosférica, lo que fuerza que el aire salga de los pulmones hacia la atmósfera (**espiración**) hasta que la presión en los pulmones se iguale a la atmosférica.

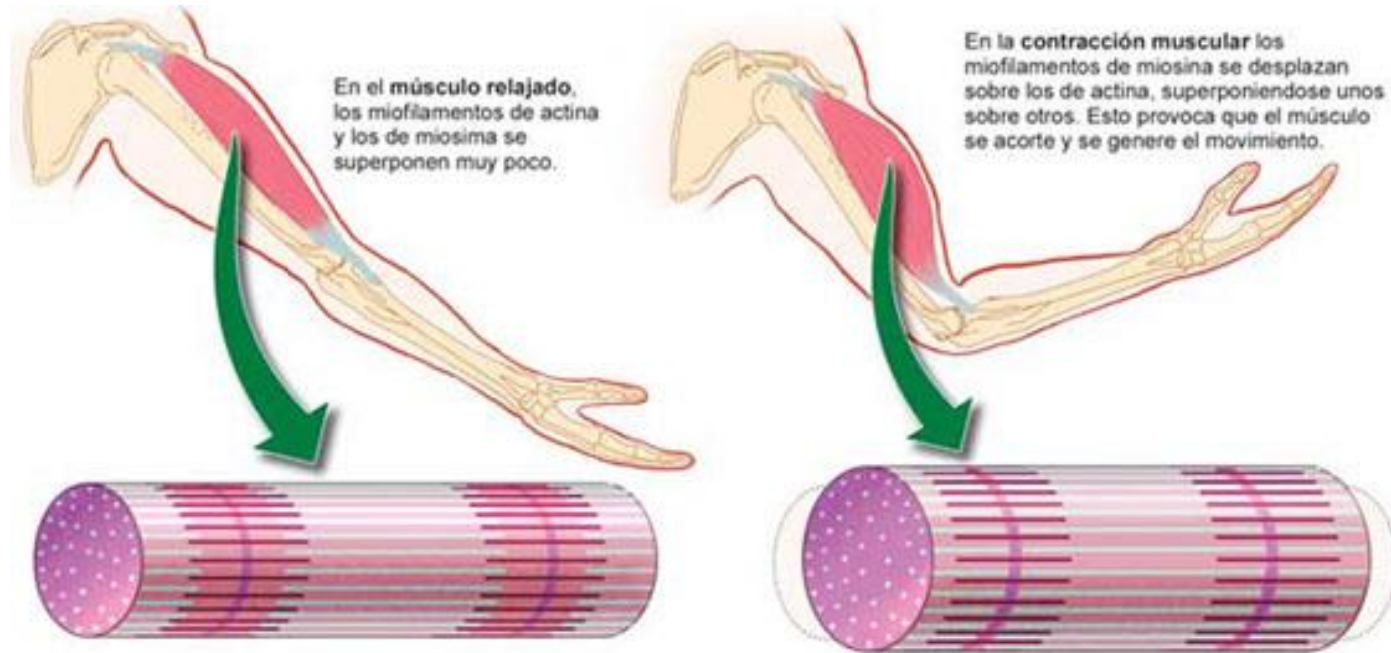


*Handwritten signature and scribbles.*



## Músculos antagonistas

- Para **la inspiración y la espiración** se **requieren distintos músculos**, ya que los músculos solo trabajan al contraerse.
- Así, cuando los músculos **se contraen**, se acortan y llevan a cabo una fuerza de tensión que causa un movimiento particular, mientras que cuando **se relajan**, se alargan de forma pasiva, aunque la mayoría de los músculos son alargados a partir de la contracción de otro músculo.

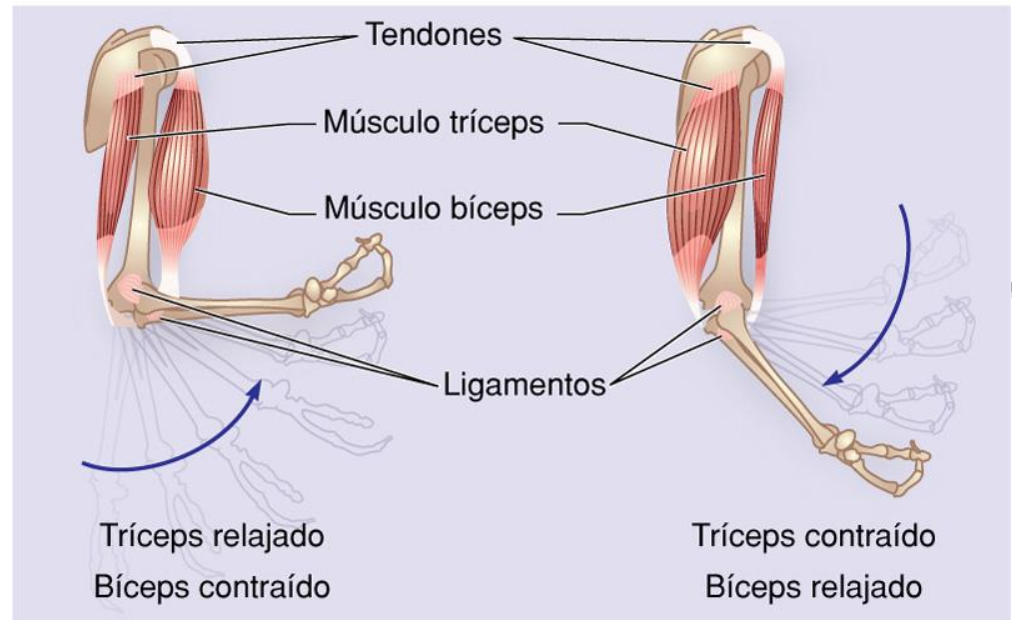


COLEGIO DE PAULA  
Escuela  
de  
masaje  
y  
fisioterapia  
XXXXXX



## Músculos antagonistas

- Los músculos solo causan movimiento en una única dirección, por lo que cuando se necesita realizar un movimiento en direcciones opuestas, se necesitan al menos dos músculos.
- Así, cuando un músculo se contrae y causa un movimiento, el segundo músculo se relaja y es elongado por el primero. El movimiento opuesto es causado por la contracción del segundo músculo mientras que el primero se relaja.
- Aquellos músculos que trabajan juntos de esta forma se conocen como **músculos antagonistas**.
- La ventilación (inspiración y espiración) implica movimientos opuestos, requiriendo distintos músculos que trabajen como pares antagonistas.

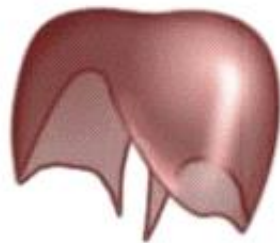




## APLICACIÓN: Músculos antagonistas implicados en la ventilación

- El **diafragma** es un músculo que divide la cavidad torácica de la abdominal, que junto con los **músculos intercostales internos y externos** (situados entre las costillas) y los **músculos abdominales** son responsables de los mecanismos respiratorios de ventilación, constituyendo un **ejemplo de acción de músculos antagonistas**.

### Diafragma



El diafragma  
tiene forma  
de paracaídas



IMAGEN: [energiacraneosacral.com/imagenes\\_anatomia/imagen\\_0060.gif](http://energiacraneosacral.com/imagenes_anatomia/imagen_0060.gif)

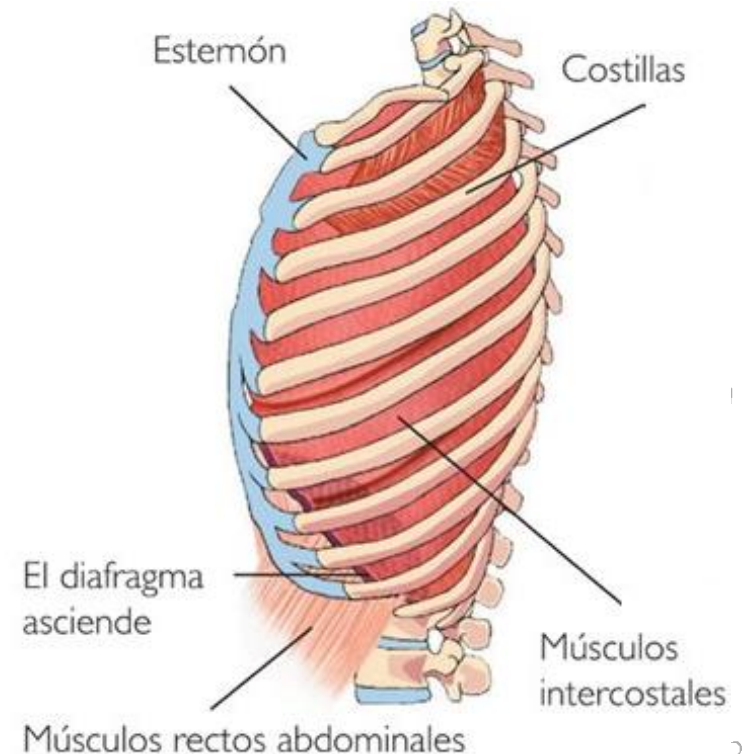


IMAGEN: [img.vitonica.com/2012/02/respiracion1.jpg](http://img.vitonica.com/2012/02/respiracion1.jpg)



## APLICACIÓN: Músculos antagonistas implicados en la ventilación

### Inspiración (inhalación)

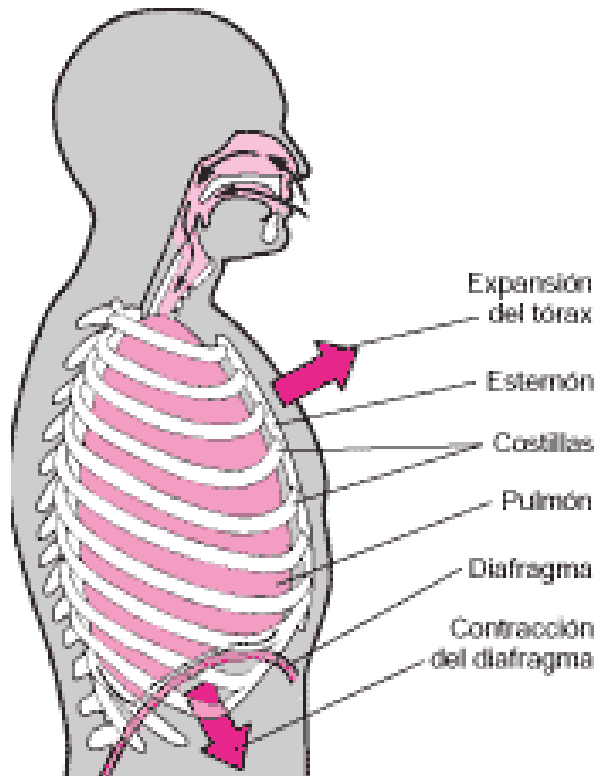


IMAGEN: <https://cordovaboss.files.wordpress.com>

- El **diafragma se contrae** y se aplana hacia abajo, mientras que el **músculo abdominal se relaja** permitiendo que la presión del diafragma empuje a la pared del abdomen hacia fuera.
- Los músculos **intercostales externos se contraen**, tirando de la caja torácica hacia arriba y hacia fuera, mientras que los músculos **intercostales internos se relajan** recuperando su estado elongado.
- Esto incrementa el volumen del tórax, pulmones y alvéolos pulmonares.

- Por tanto, disminuye la presión del aire en el alvéolo por debajo de la atmosférica (Ley de Boyle), por lo que el aire entra para igualar la presión.





## APLICACIÓN: Músculos antagonistas implicados en la ventilación

- El **diafragma se relaja** y se curva hacia arriba, mientras que el **músculo abdominal se contrae** empujando al diafragma hacia arriba.
- Los músculos **intercostales externos se relajan** recuperando su estado elongado, permitiendo a las costillas caer hacia abajo, mientras que los músculos **intercostales internos se contraen** tirando de la caja torácica hacia debajo y hacia dentro.
- Esto disminuye el volumen del tórax, pulmones y alvéolos pulmonares.

### Video2

- Por tanto, incrementa la presión del aire en el alveolo por encima de la atmosférica (Ley de Boyle), por lo que el aire sale para igualar la presión.

### Espiración (exhalación)

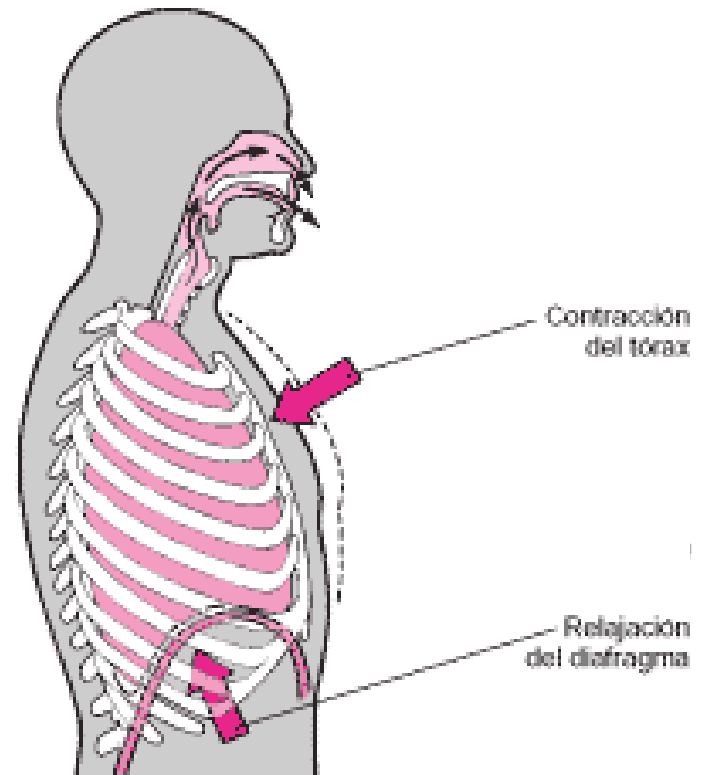


IMAGEN: <https://cordovaboss.files.wordpress.com/>

XXXXXXXXXX



## APLICACIÓN: Músculos antagonistas implicados en la ventilación

Inhalación	Estructura	Exhalación
Se contrae, aplanándose y aumentando el volumen abdominal	<b>Diafragma</b>	Se relaja, curvándose al ser empujado por la presión abdominal
Se contrae, tirando de las costillas hacia arriba y hacia fuera	<b>Músculos intercostales externos</b>	Se relaja, dejando caer las costillas
Se relajan	<b>Músculos intercostales internos</b>	Se contrae
Se relaja	<b>Músculo abdominal</b>	Se contrae
Aumenta	<b>Volumen capacidad torácica</b>	Disminuye
Disminuye por debajo de la presión atmosférica	<b>Presión del aire en el interior pulmonar</b>	Aumenta por encima de la presión atmosférica
Entra	<b>Flujo de aire</b>	Sale

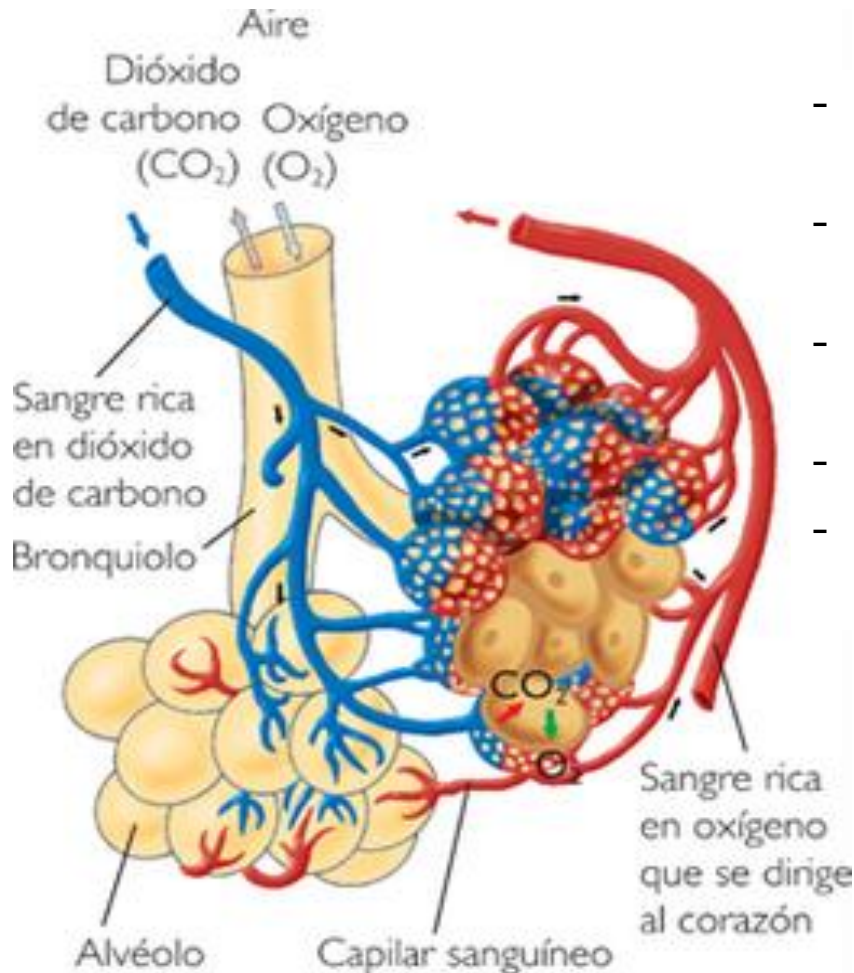
XXXXXXXXXX



## Estructura y función de los alvéolos

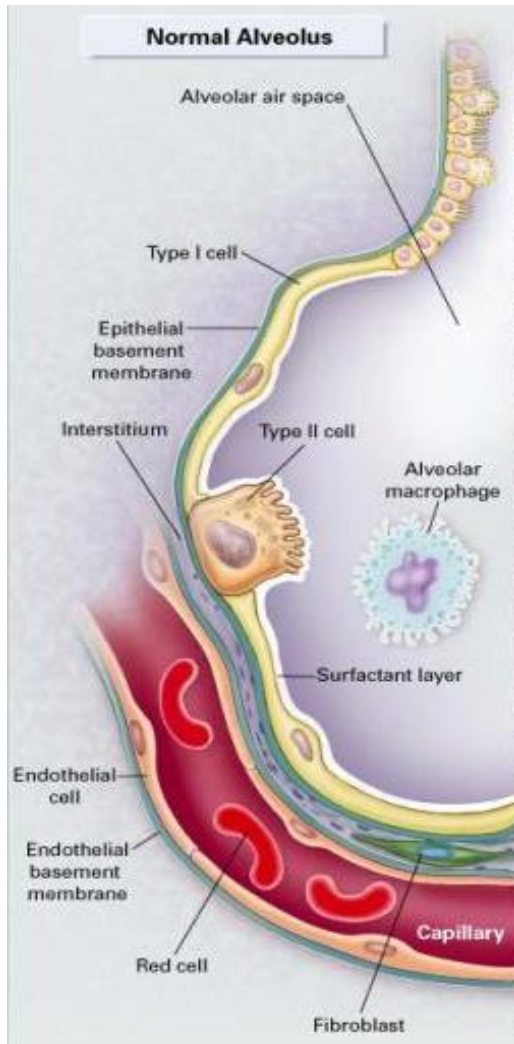
- Los alvéolos están bien adaptados para realizar su función, ya que:

- Incrementan la superficie de intercambio (700 millones = 70 m<sup>2</sup>).
- Corta distancia de difusión sangre-alveolo.
- Superficie húmeda, para facilitar la difusión de gases.
- Densa red capilar.
- Alto gradiente de concentración.





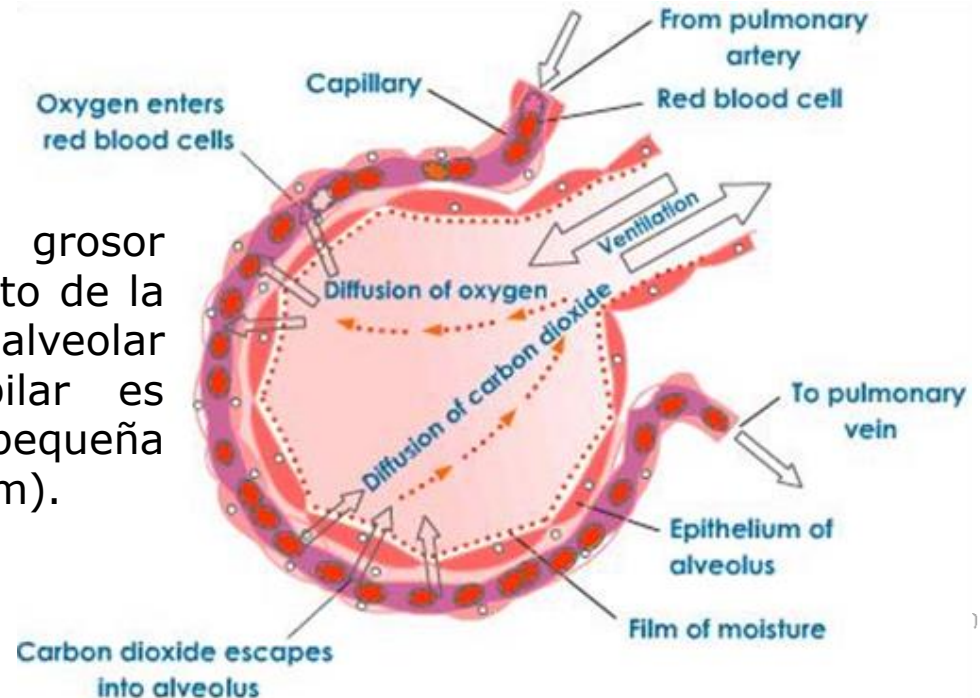
## Estructura y función de los alvéolos



- Los alvéolos están rodeados de una densa red de capilares que transportan sangre desoxigenada desde el corazón.
- La pared de los alveolos está formada por una única capa de células **epiteliales** y la de los capilares por una única capa de células **endoteliales**, lo que facilita el intercambio gaseoso por **difusión**.

- El grosor conjunto de la pared alveolar y capilar es muy pequeña ( $0.5 \mu\text{m}$ ).

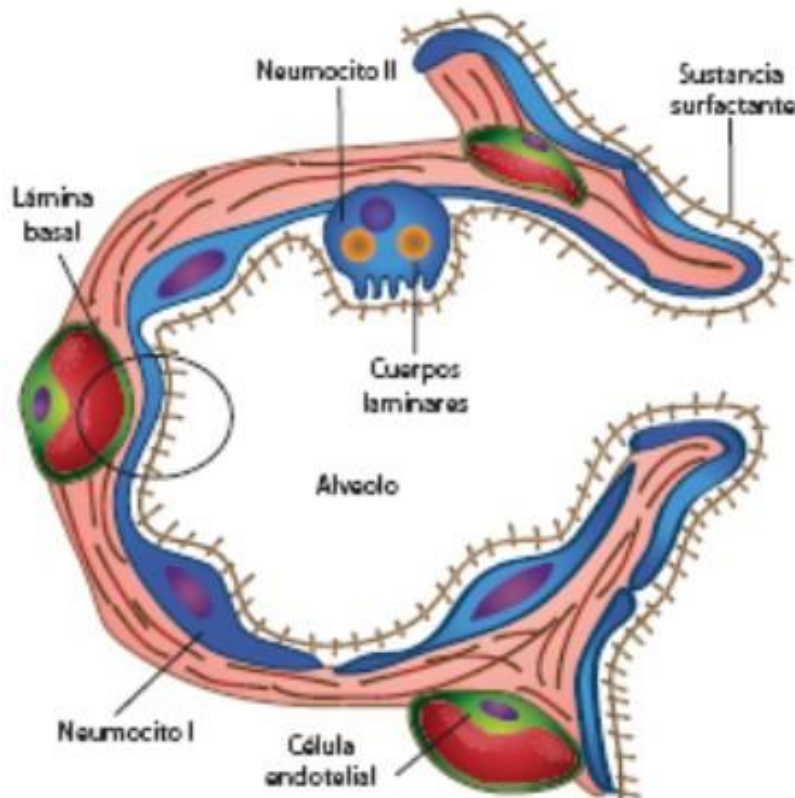
### Video3



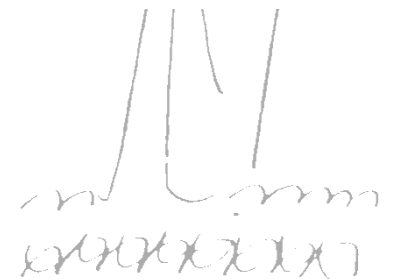


## Estructura y función de los alvéolos

- La mayoría de las células que forman el epitelio alveolar son **neumocitos Tipo I**, caracterizadas por ser células aplanadas extremadamente finas, con un grosor de  $0.15\ \mu\text{m}$  en su citoplasma, y adaptadas para llevar a cabo el intercambio de gases.



- Los **neumocitos Tipo II** son células redondeadas que ocupan un 5% del área superficial alveolar, y que segregan un fluido que tapiza el interior alveolar, permitiendo que el  $\text{O}_2$  se disuelva y difunda a la sangre de los capilares alveolares, y que el  $\text{CO}_2$  pueda evaporarse al aire y ser exhalado.







## Estructura y función de los alvéolos

- Además, esta solución producida por los neumocitos Tipo II que cubre la superficie interna del alveolo, contiene **surfactantes que reducen la tensión superficial** y evitan que el agua adhiera las paredes de los alvéolos entre sí cuando el aire es exhalado.
- El surfactante contiene moléculas de estructura parecida a los fosfolípidos de membrana, que forman una monocapa con las colas hidrofóbicas hacia el aire y las cabezas hidrofílicas hacia el agua.

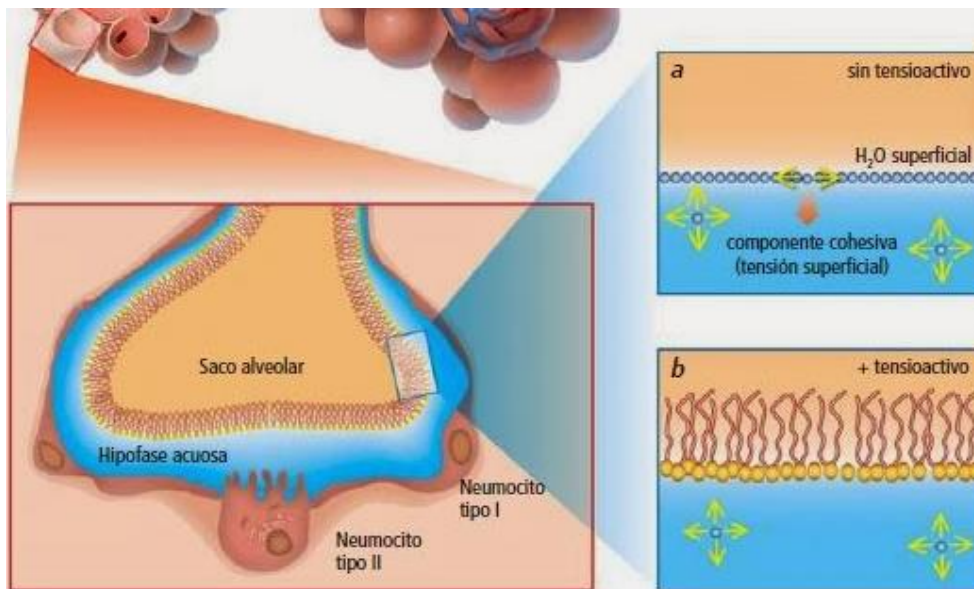


IMAGEN: 2.bp.blogspot.com

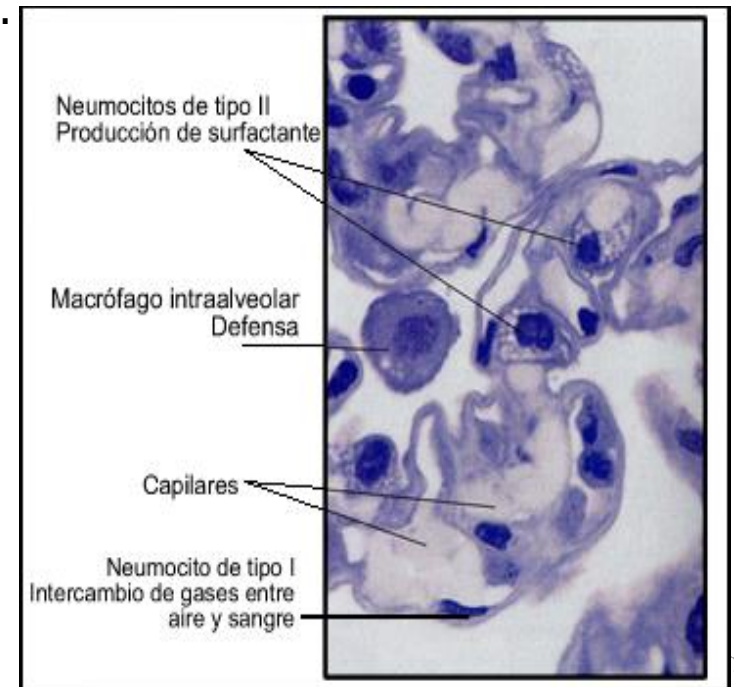
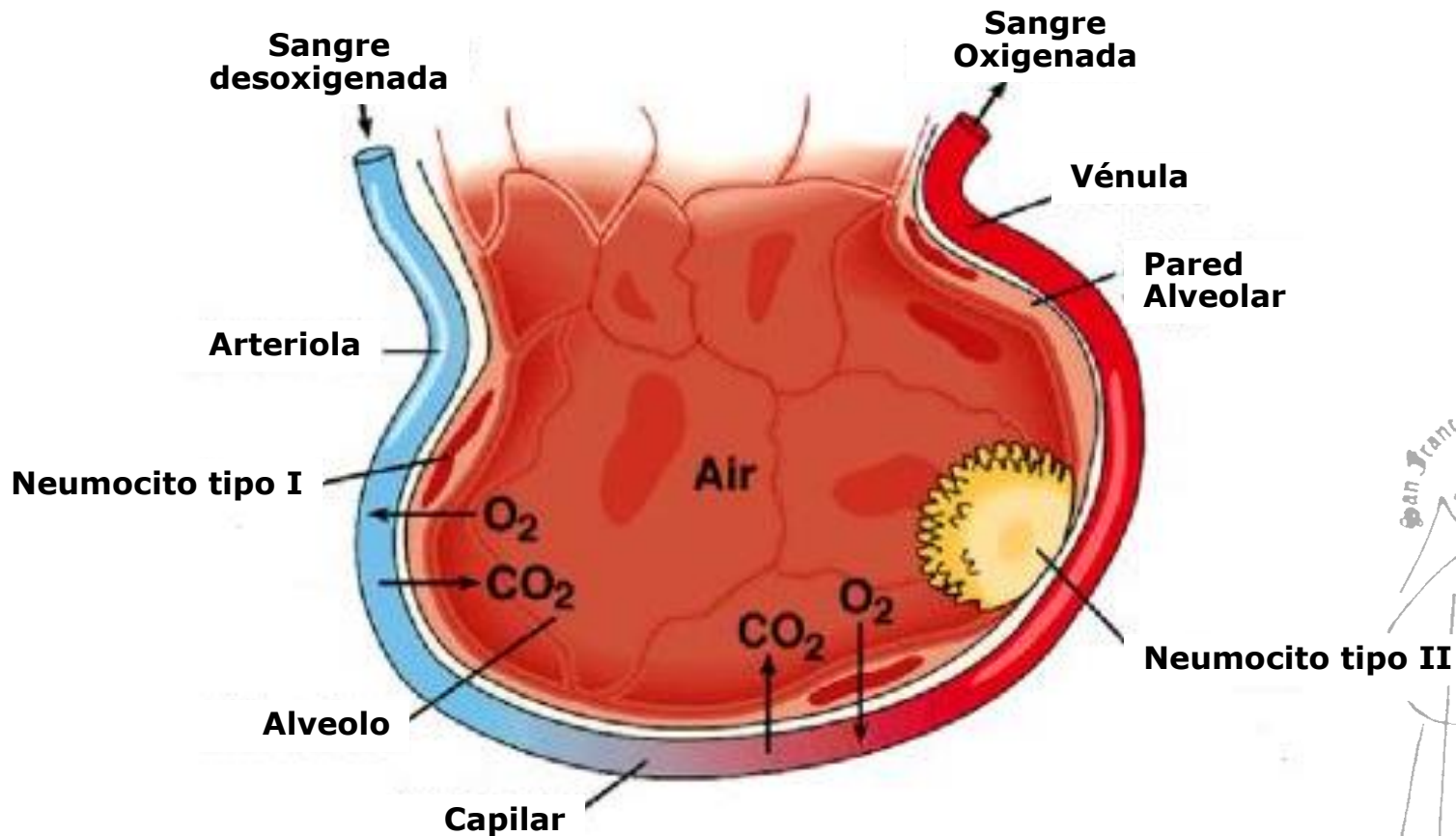


IMAGEN: virtual.unal.edu.co



## Diagrama alvéolo-capilar





## APLICACIÓN: Enfisema pulmonar

- Los bronquiolos de unos pulmones saludables, contienen miles de alvéolos con paredes muy finas. Sin embargo, los pacientes con enfisema presentan una reducción del número de alvéolos, los cuales además, son de mayor tamaño y presentan unas paredes mucho más gruesas.
- Esto hace que el área superficial total disponible para el intercambio gaseoso se encuentre reducida y que la distancia que deben difundir los gases se vea incrementada, de manera que el intercambio gaseoso sea mucho menos efectivo.



IMAGEN: [mexico.cnn.com/media/2013/05/27/enfisema-pulmonar-lung-emphysema.jpg](http://mexico.cnn.com/media/2013/05/27/enfisema-pulmonar-lung-emphysema.jpg)

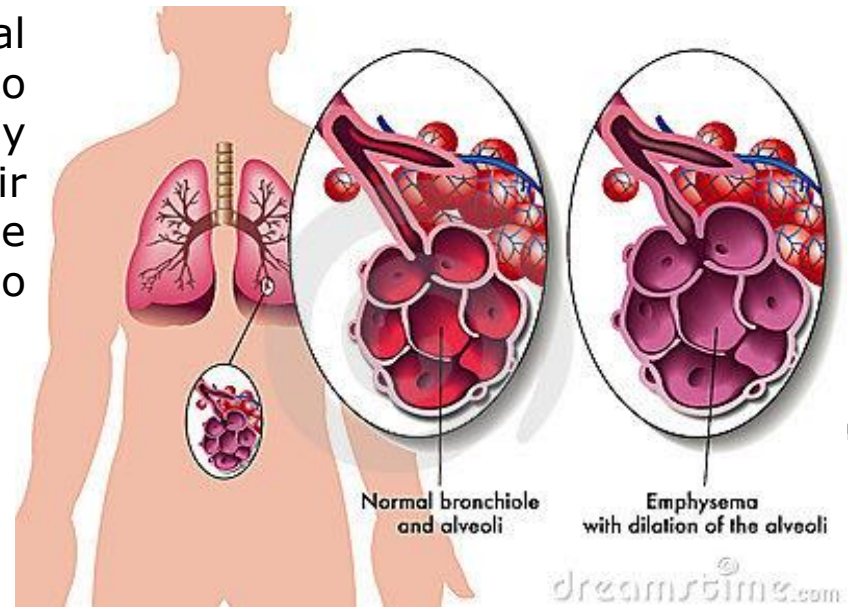


IMAGEN: [humbs.dreamstime.com/x/pulmonary-emphysema-22050446.jpg](http://humbs.dreamstime.com/x/pulmonary-emphysema-22050446.jpg)

- Además, los pulmones se vuelven menos elásticos, dificultando la ventilación.

*Handwritten signature and scribbles in the bottom right corner.*



## APLICACIÓN: Enfisema pulmonar

- Los mecanismos moleculares implicados todavía no se comprenden en su totalidad, aunque existen las siguientes evidencias:
  - Los macrófagos del interior alveolar previenen infecciones pulmonares fagocitando a bacterias y eliminándolas mediante la producción de **elastasa**, una enzima que digiere proteínas.

### Elastase

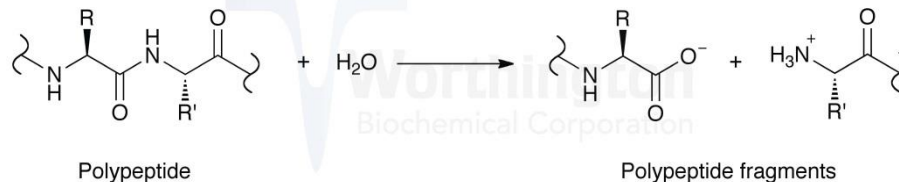


IMAGEN: [worthington-biochem.com/es/images/reaction.jpg](http://worthington-biochem.com/es/images/reaction.jpg)

- **Alfa-1 antitripsina (A1AT)** es un inhibidor enzimático sintetizado en el hígado y que viaja a los pulmones, donde previene que la elastasa y otras proteasas digieran proteínas del propio pulmón.

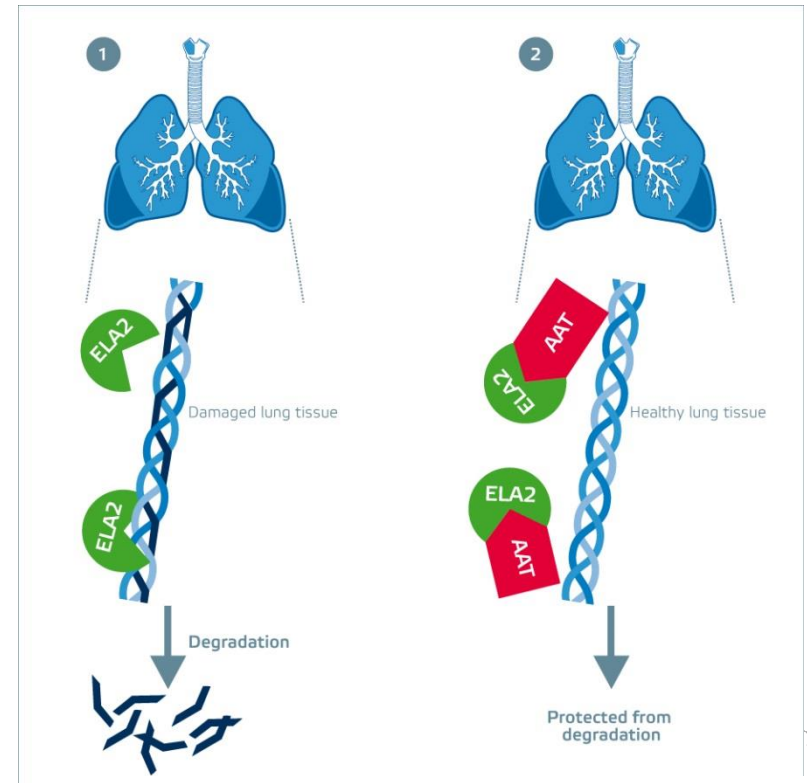


IMAGEN: [biologis.com/pgs/benefit/prevention/prevention-panel](http://biologis.com/pgs/benefit/prevention/prevention-panel)

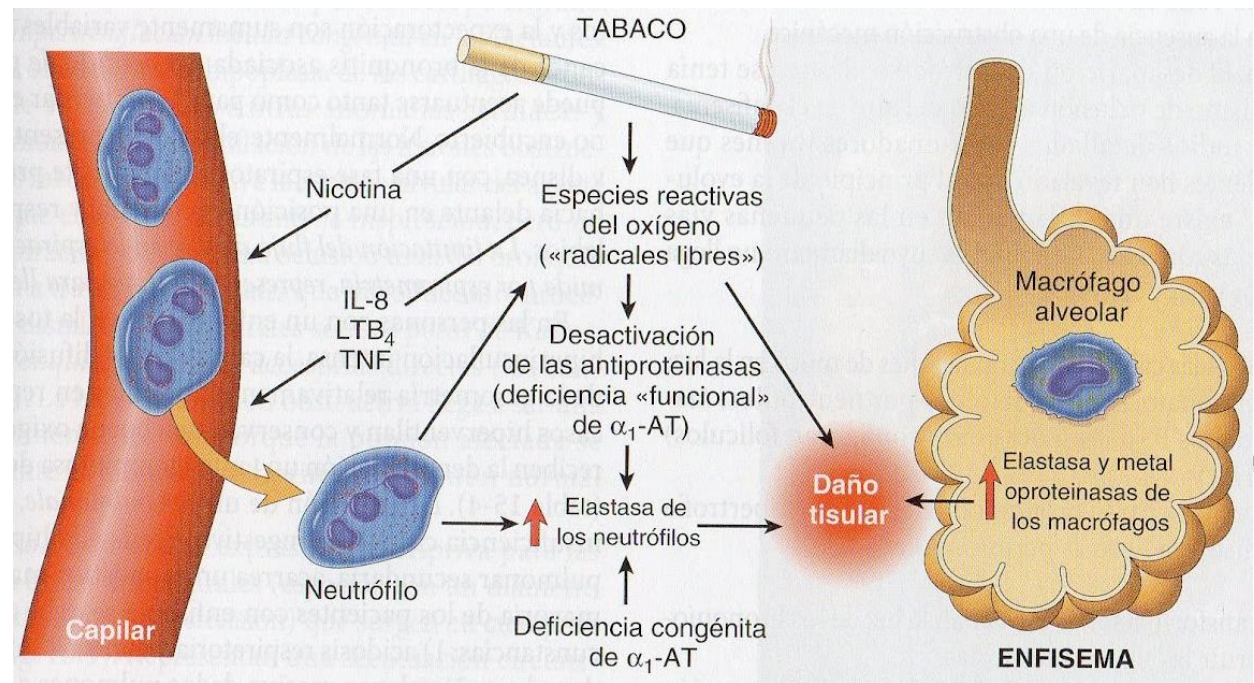




## APLICACIÓN: Enfisema pulmonar

- En **personas fumadoras**, el número de fagocitos en los pulmones aumenta, produciendo **más elastasa**.
- Además, existen **factores genéticos** que afectan a la cantidad y efectividad de A1AT producida.

IMAGEN: 2.bp.blogspot.com/



- La digestión de proteínas de la pared del alvéolo se ve incrementada en un 30% debido al aumento de la cantidad de proteasas, lo que debilita la pared de los alvéolos y eventualmente su destrucción.





## APLICACIÓN: Enfisema pulmonar

- Por tanto, el **tabaquismo** constituye la **principal CAUSA** del enfisema.

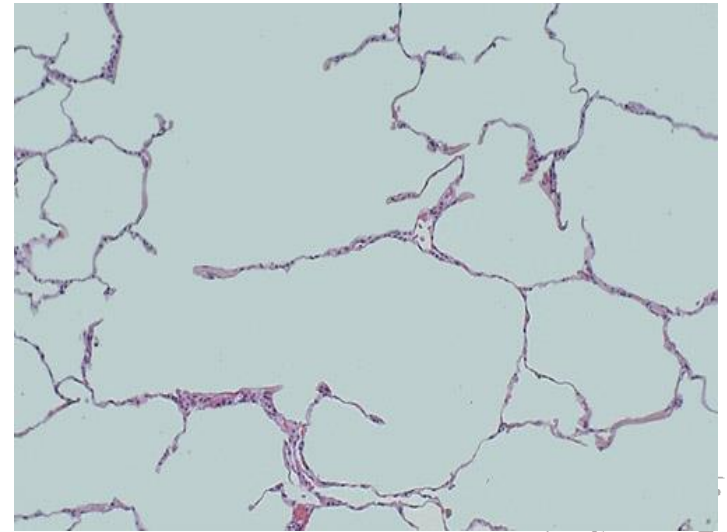
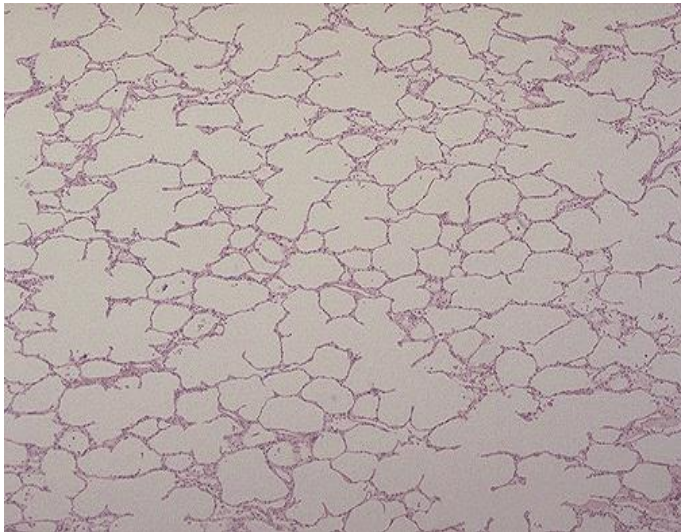


IMAGEN: homepage.smc.edu



IMAGEN: www7.uc.cl/sw\_educ/2.2.html



## APLICACIÓN: Enfisema pulmonar

- Entre las **CONSECUENCIAS** del enfisema pulmonar, destacan:
  - Enfermedad crónica dado que el daño en los alvéolos es irreversible.
  - Concentraciones mayores de  $\text{CO}_2$  y menores de  $\text{O}_2$  de lo normal.
  - Como consecuencia, los pacientes carecen de energía al encontrarse la respiración celular mitocondrial reducida.
  - En casos menos severos, existe un acortamiento de la respiración durante actividades de moderadas a vigorosas.
  - La ventilación es dificultosa y tiende a ser más rápida de lo normal.

### Video4



IMAGEN: [mexico.cnn.com/media/2013/05/27/enfisema-pulmonar-lung-emphysema.jpg](http://mexico.cnn.com/media/2013/05/27/enfisema-pulmonar-lung-emphysema.jpg)





## APLICACIÓN: Cáncer de pulmón

- Es el **tipo de cáncer más común en el mundo**, tanto en número de casos como en número de muertes debidas a él.
- Entre las **CAUSAS** del cáncer de pulmón se encuentran:
  - El tabaco causa el 87% de los casos. El humo del tabaco contiene mutágenos químicos, de manera que como cada cigarro conlleva un riesgo, la incidencia del cáncer depende del número de cigarros que se fumen al día y el número de años fumando.
  - Ser fumador pasivo, es decir, inhalar el humo exhalado por los fumadores, causa el 3% de los casos.



IMAGEN: 3.bp.blogspot.com/

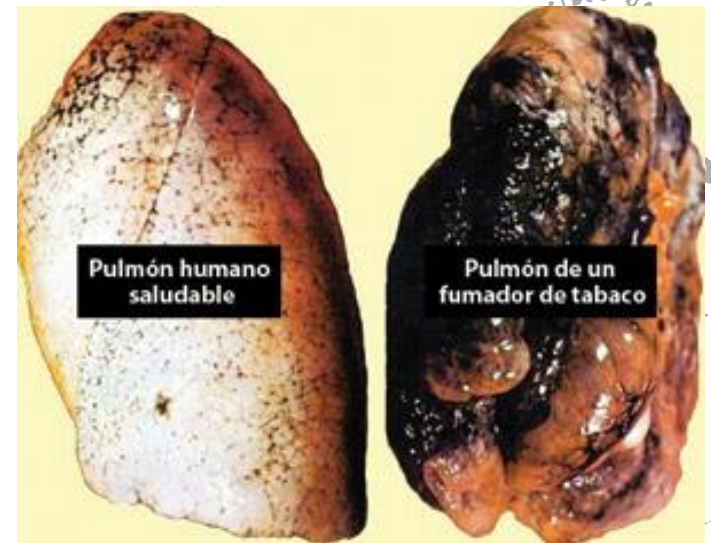


IMAGEN: drugabuse.gov/



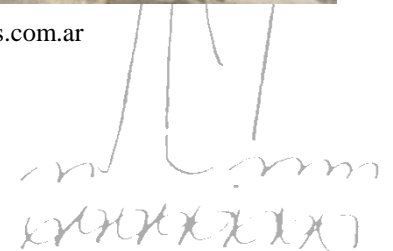


## APLICACIÓN: Cáncer de pulmón

- La polución del aire debida al humo del diésel de los coches u óxidos de nitrógenos de los vehículos en general y otros humos de la industria, causa el 5% de los casos.
- El gas radón causa un número significativo de casos en algunas partes del mundo. Este es un gas radioactivo que emana de algunas rocas.
- La exposición al asbesto (amianto), sílica y otros sólidos inhalados en fábricas y minas.



IMAGEN: esigas.com.ar





## APLICACIÓN: Cáncer de pulmón

- Entre las **CONSECUENCIAS** del cáncer de pulmón se encuentran:
  - Muchas de sus consecuencias son síntomas de la propia enfermedad, como son la dificultad para respirar, tos persistente, tos con sangre, dolor en el pecho, pérdida de apetito, pérdida de peso y fatiga en general.
  - Su tasa de muerte es elevada, ya que solo el 15% de los pacientes sobrevive a los primeros 5 años desde el diagnóstico.
  - Si el tumor es descubierto con la suficiente antelación como para ser extirpado, los pacientes pueden ser tratados con quimio o radioterapia.
  - La minoría de pacientes que sobreviven al cáncer de pulmón, pierden parte del tejido pulmonar y mantienen el dolor, fatiga y las dificultades respiratorias.



IMAGEN: drogas-legales-  
blog.blogspot.com

**Video5**



IMAGEN: keckmedicine.adam.com/g





## Cáncer de pulmón

- Fumar MATA, tan solo es cuestión de tiempo.

