

# Medicina de Altura

## ¿Qué hay de nuevo?

---

Dr. Sebastián Irarrázaval D.  
P. Universidad Católica de Chile

VIII Seminario de  
Medicina de Montaña



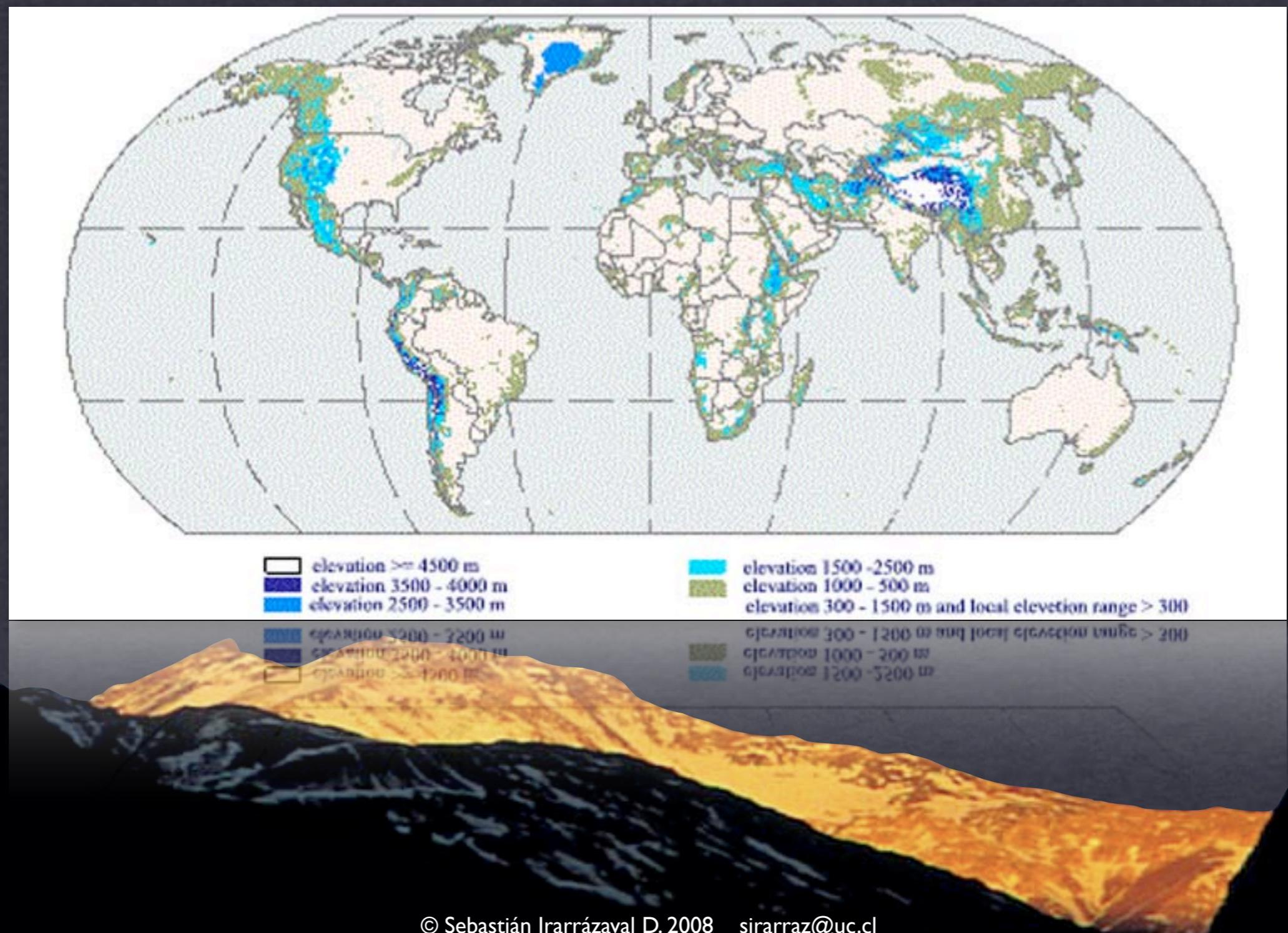
# La altura, un medio adverso

---



# La altura en el mundo

---



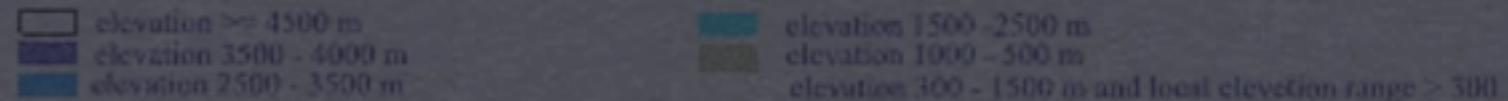
# La altura en el mundo

---

Cerca de 140 millones de personas viven sobre los 2500 msnm en el mundo

Cada año se agregan a ellos 40 millones de personas que viajan a esas altitudes

Estos números van en aumento cada año



# Factores adversos en altura

---

- Hipoxia
- Disminución de la temperatura y viento
- Disminución de la humedad del aire
- Radiación solar y resolana

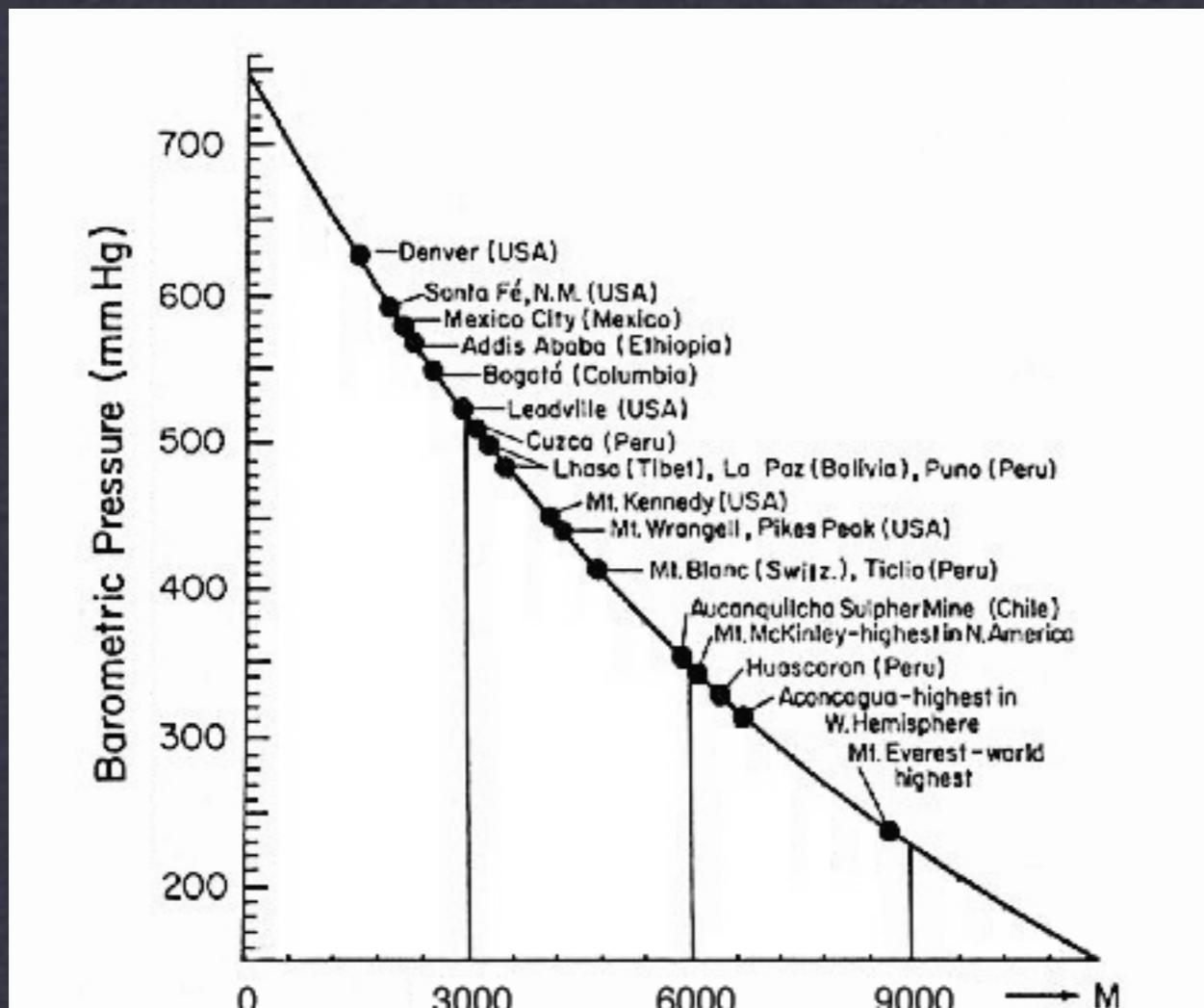


# Hipoxia

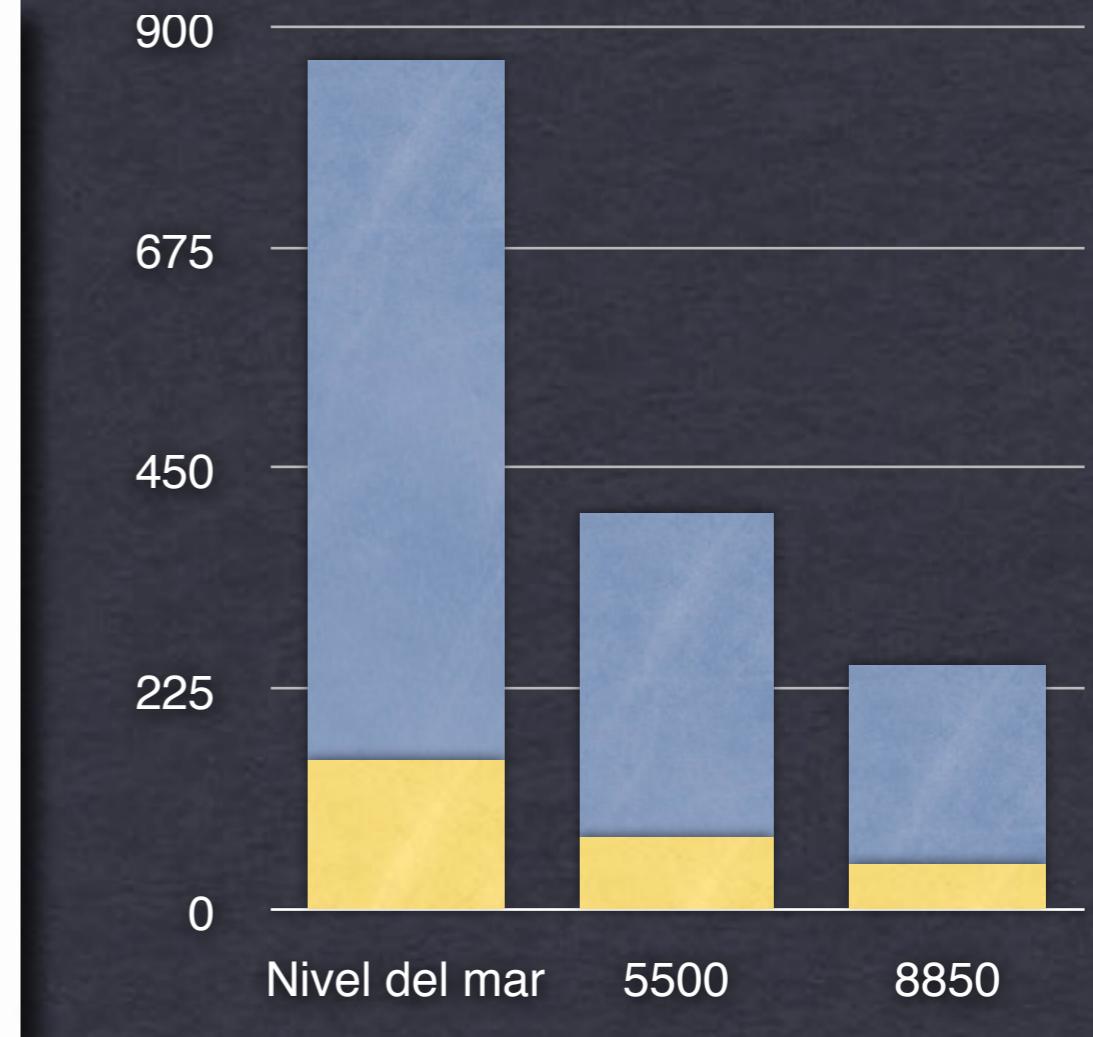
---



# Hipoxia

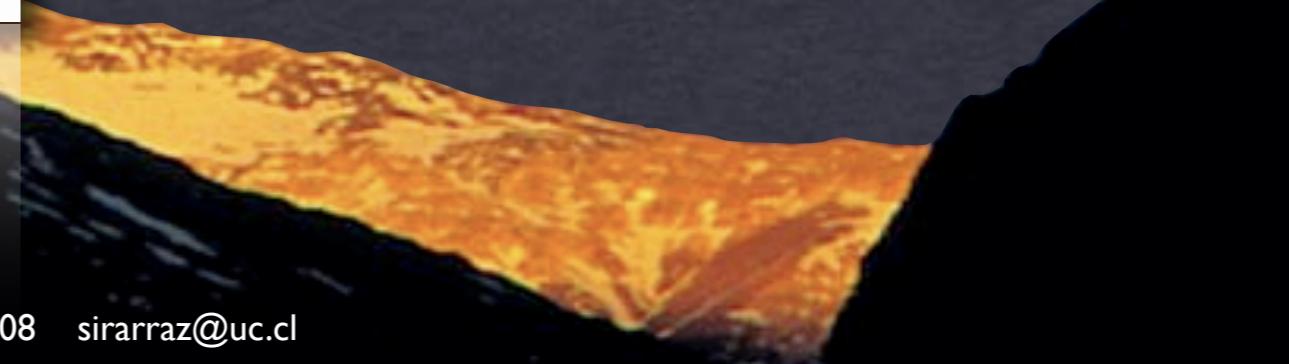
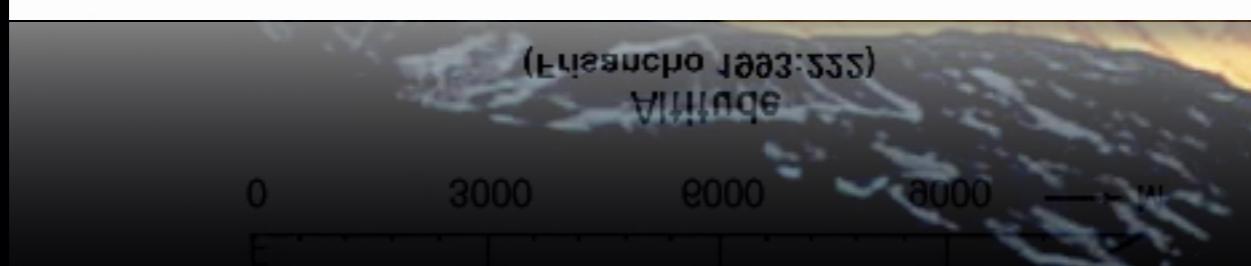


Altitude  
(Frisancho 1993:222)



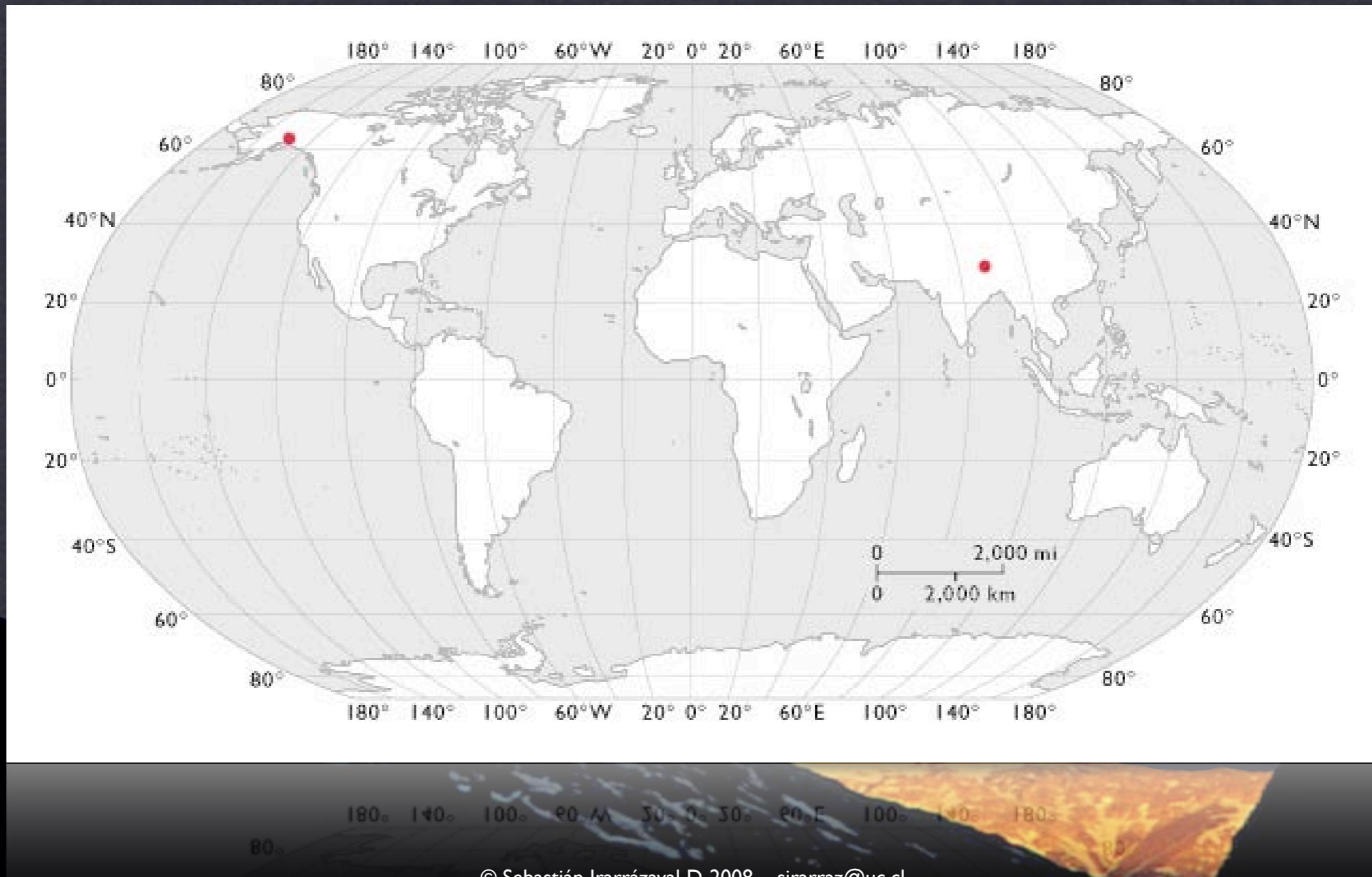
Oxígeno

Nitrógeno

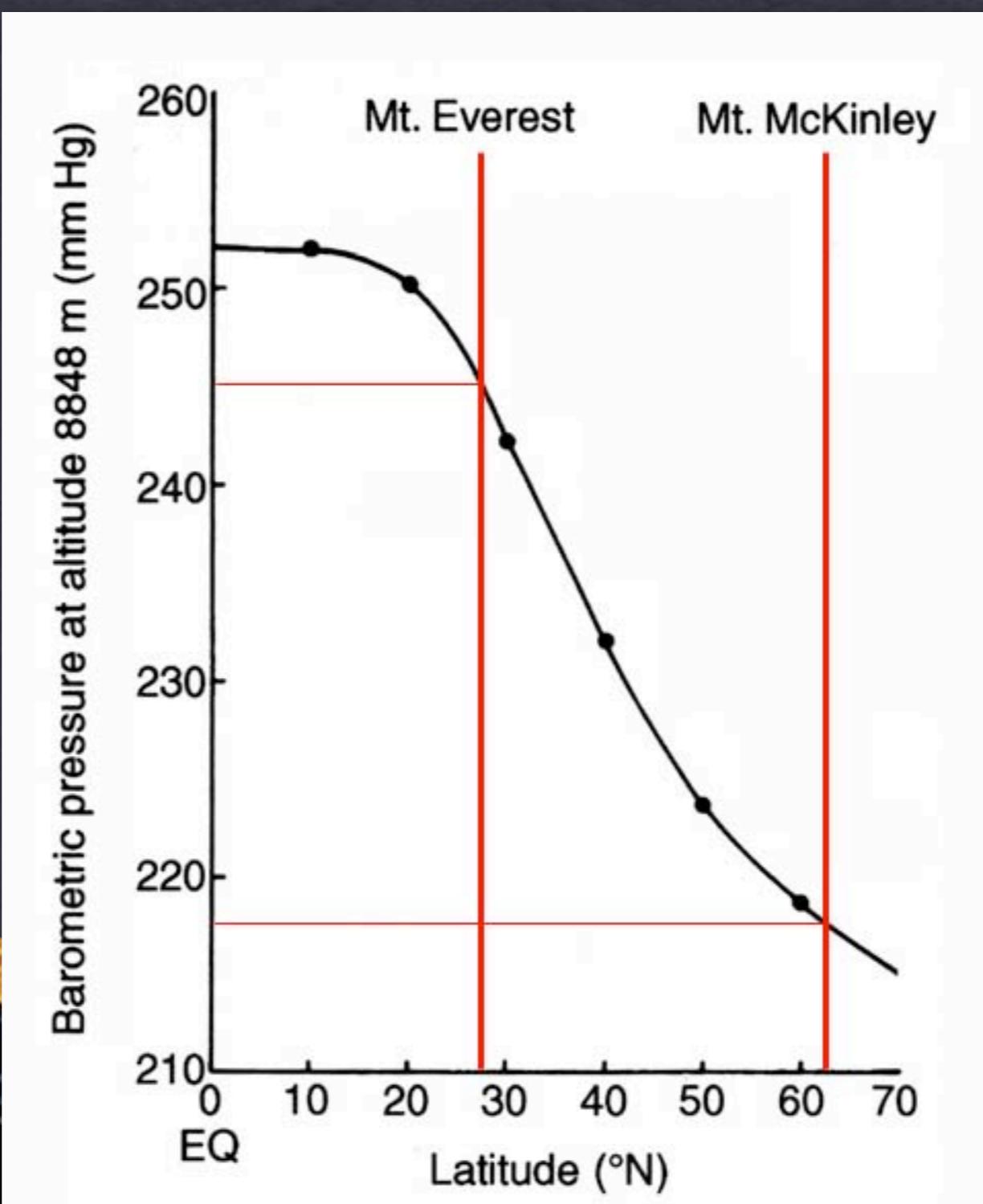


# Latitud e hipoxia

---

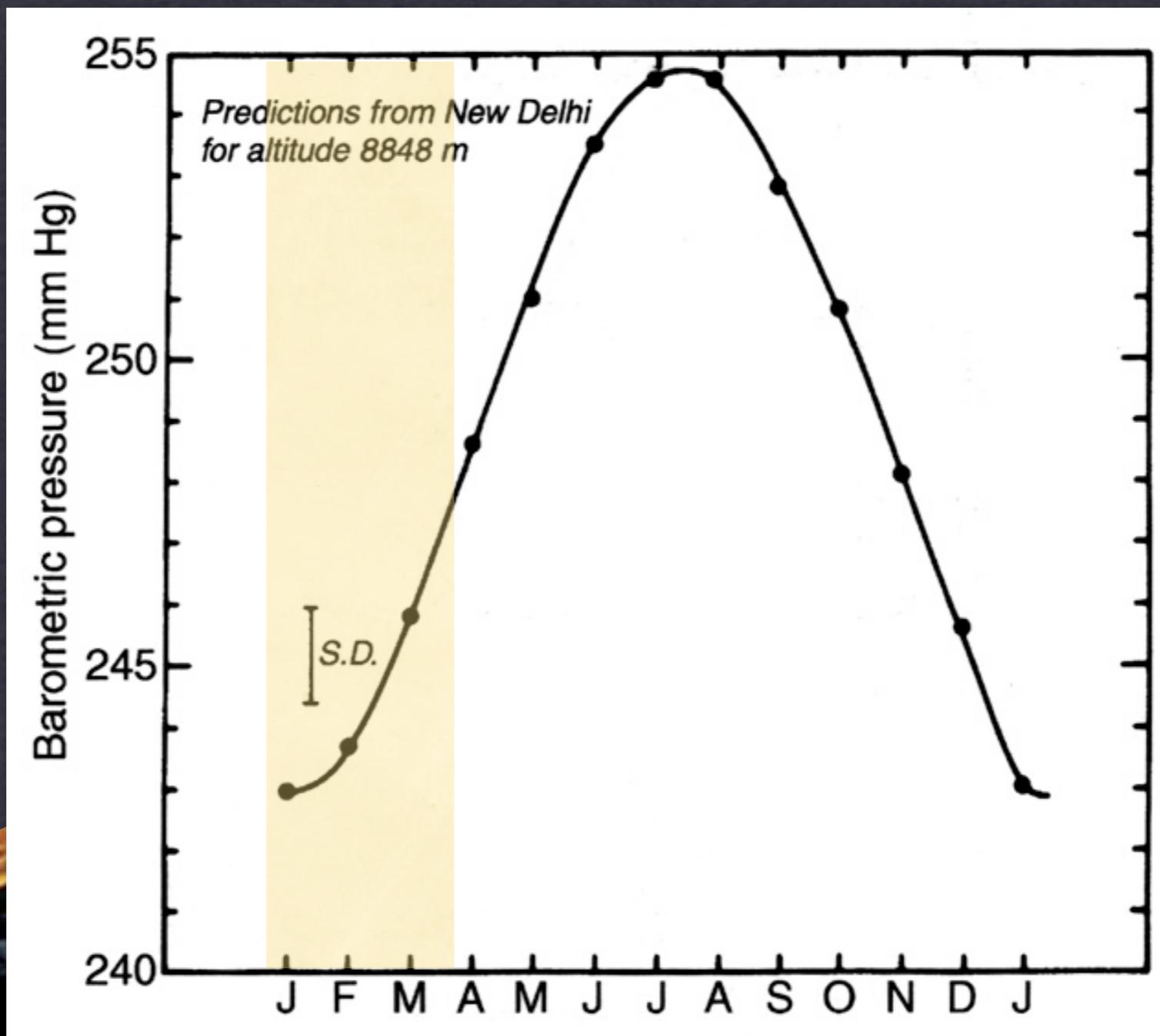


# Latitud e hipoxia



# Clima e hipoxia

---



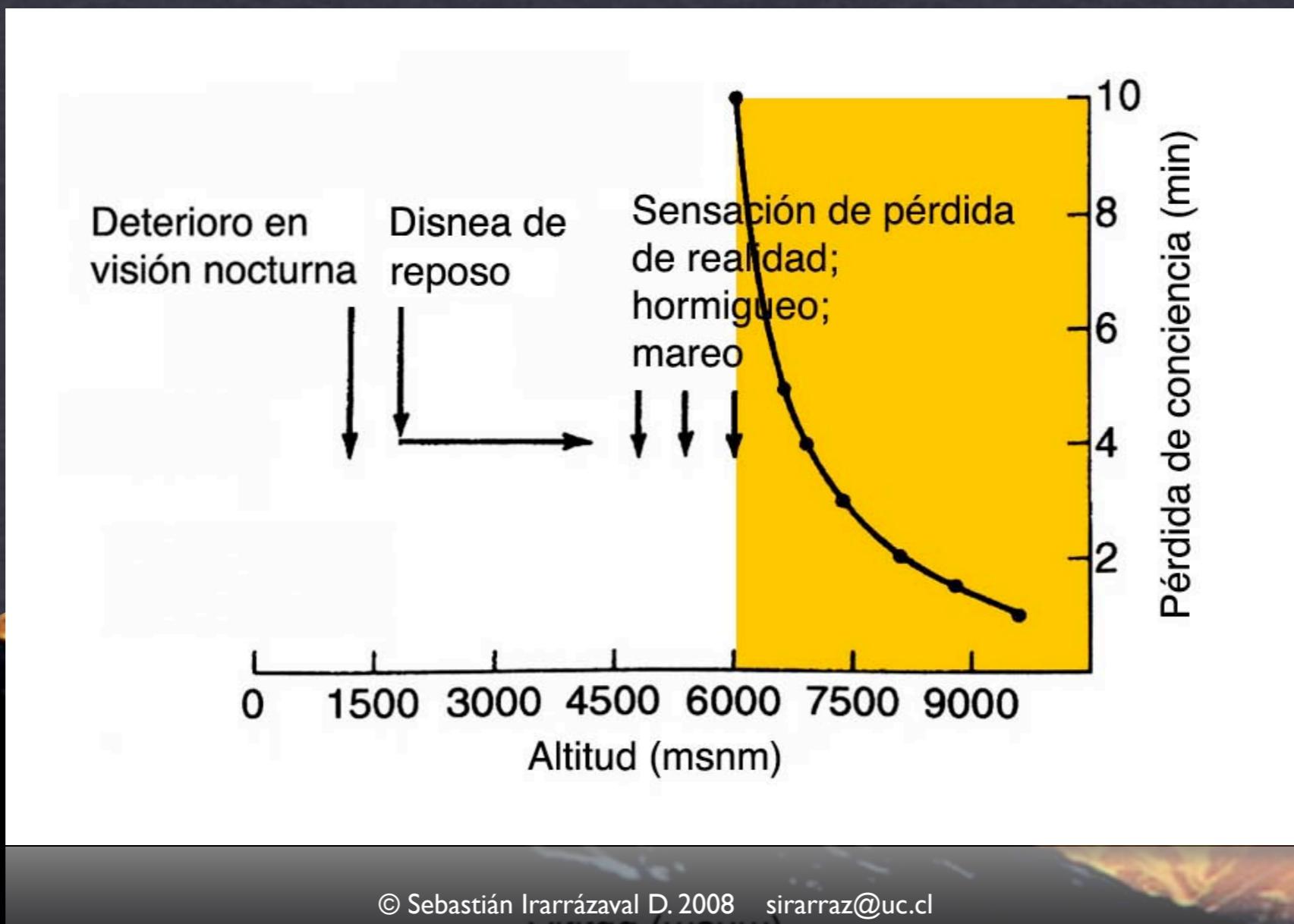
# Aclimatación

---



# Aclimatación

- Cambios adaptativos a la altura en todos los sistemas y en forma gradual y ordenada



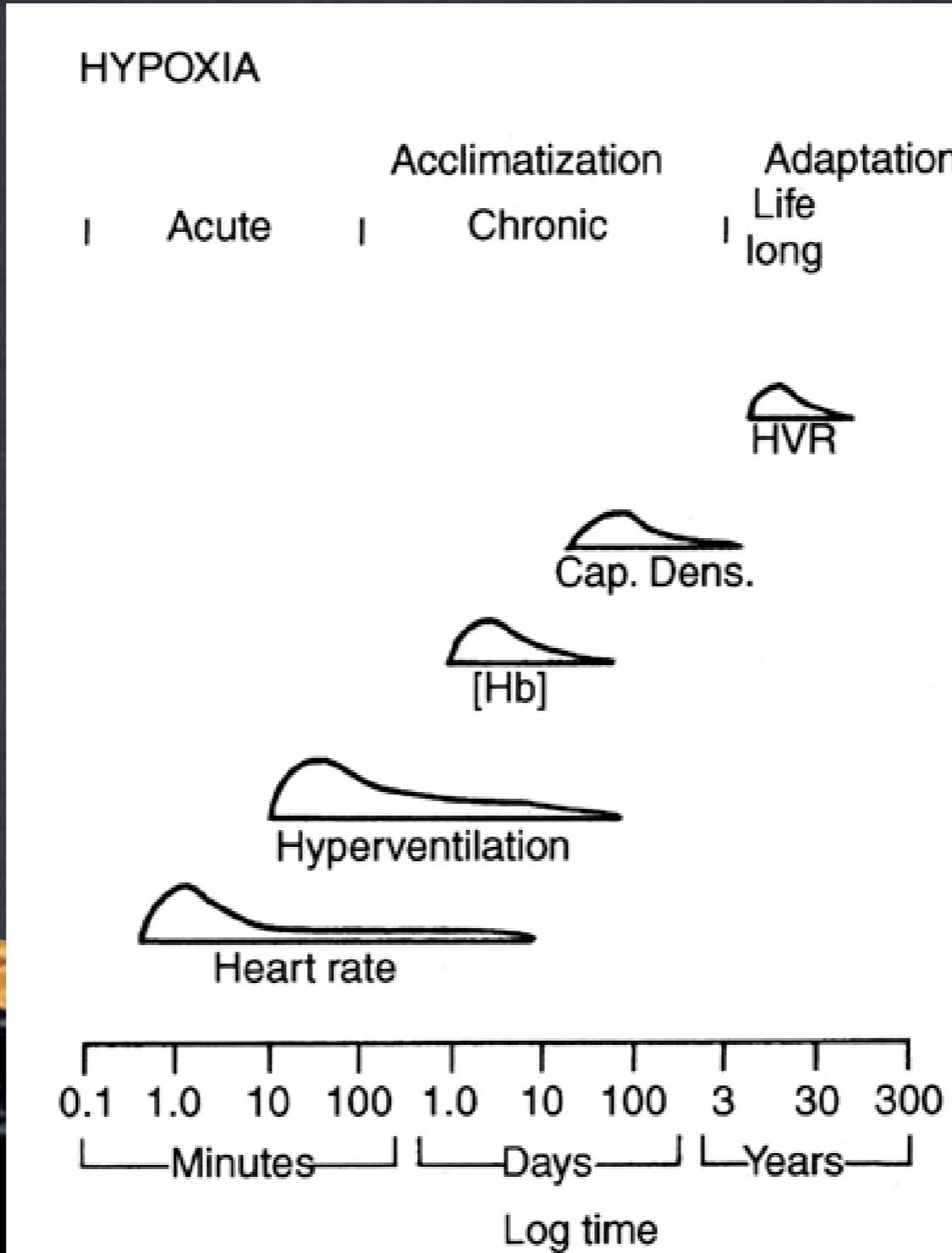
# Aclimatación

---

- Cambios adaptativos a la altura en todos los sistemas y en forma gradual y ordenada



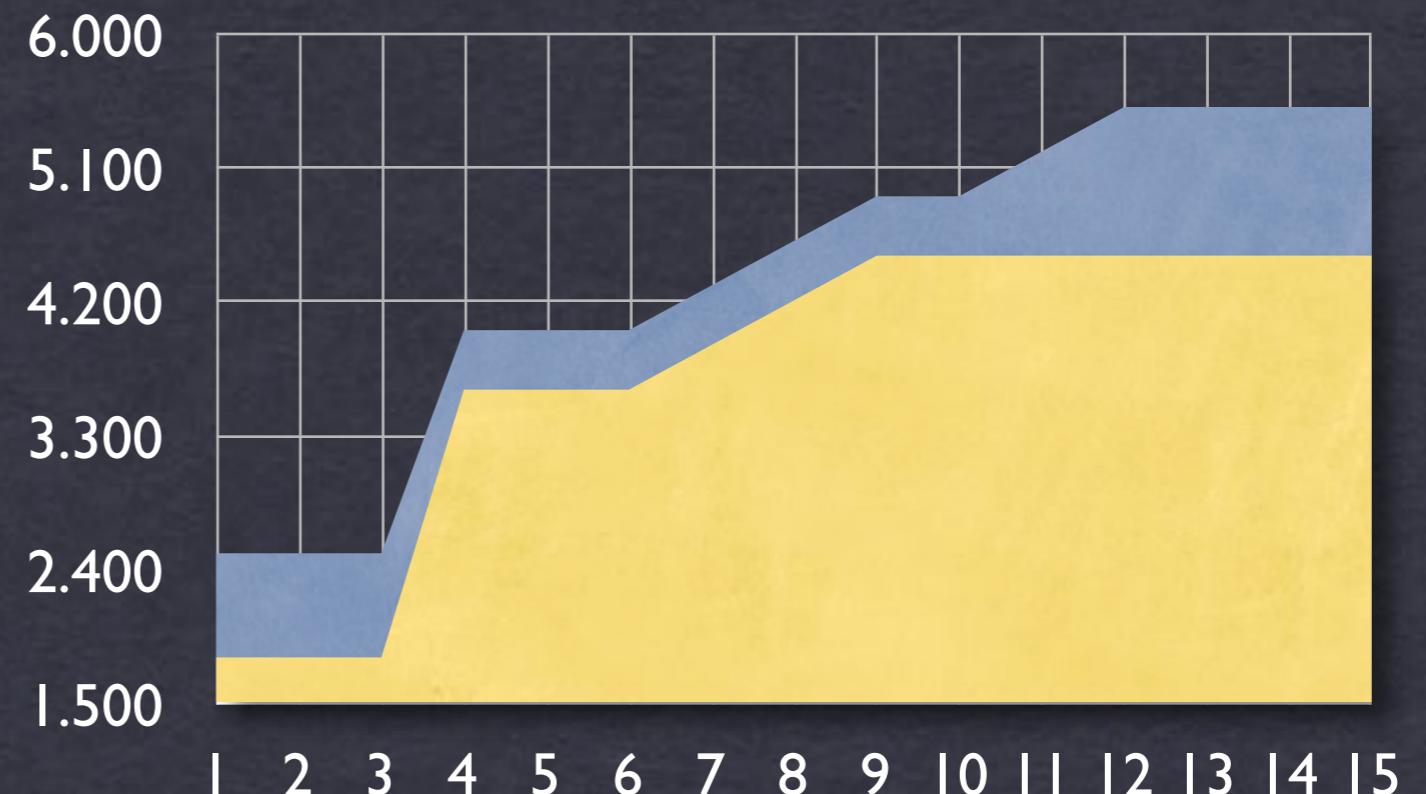
# Aclimatación



# Aclimatación aguda

---

- Sobre 3000 msnm
  - ↑ altitud de descanso en 300 a 600 m/día
- Día extra de descanso c/1000m adicionales
- “Escala alto y duerme bajo”



# Pre-aclimatación

---

- Técnicas naturales:
  - ascensiones con adecuada aclimatación
  - exposiciones cortas y repetidas sobre 1500 a 2000 msnm
    - mínimo 5 días
    - se recomienda vivir en altura más que entrenar en altura
    - se pierde después de 10-14 días



# Pre-aclimatación

---

- Técnicas artificiales
  - cámara hipobárica
  - sistemas de hipoxia intermitente controlada (hypoxicators)
    - AltiPower®
    - Go2altitude®



# Pre-aclimatación artificial

---

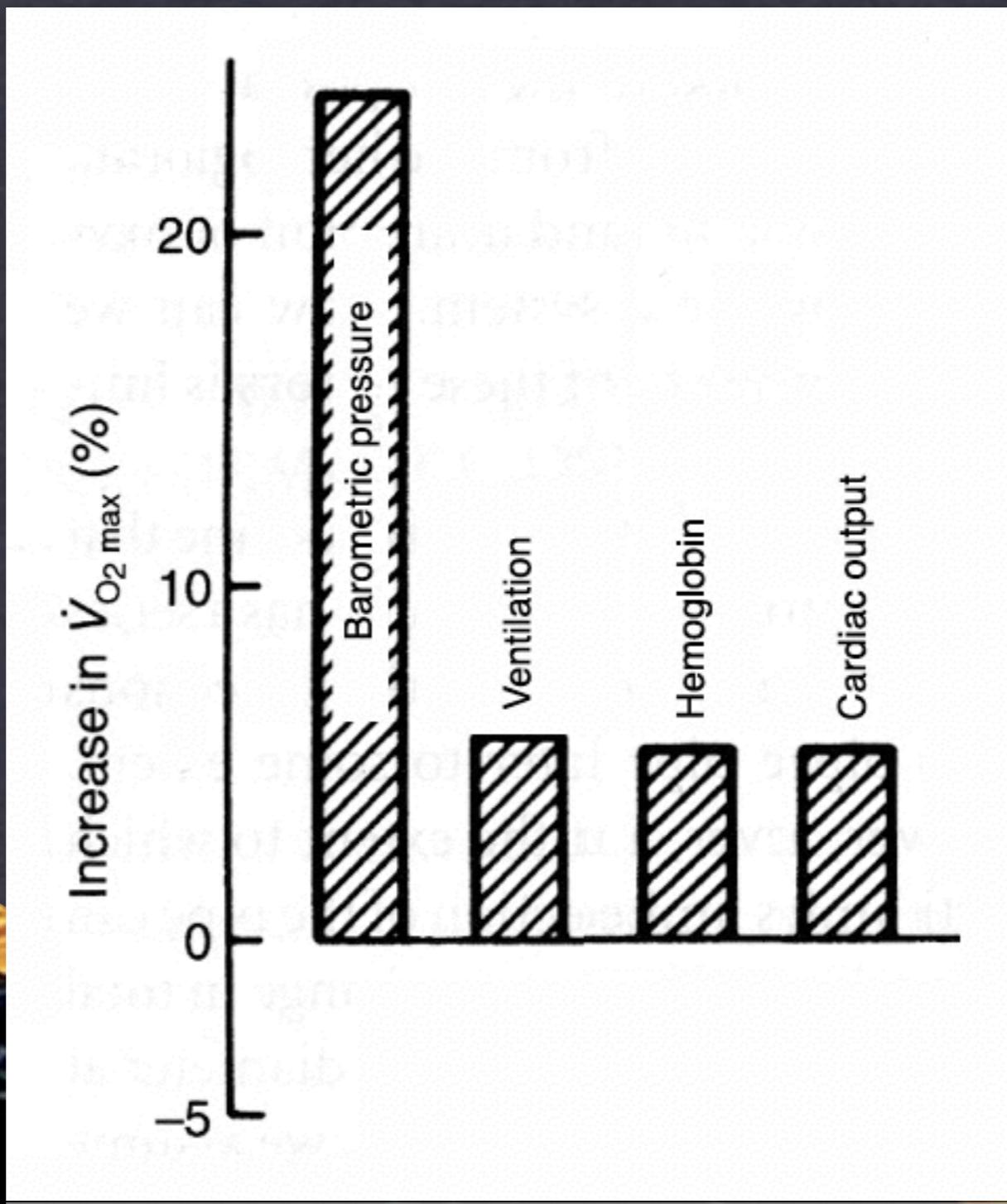


# Procesos fisiológicos claves

---



# Procesos fisiológicos claves

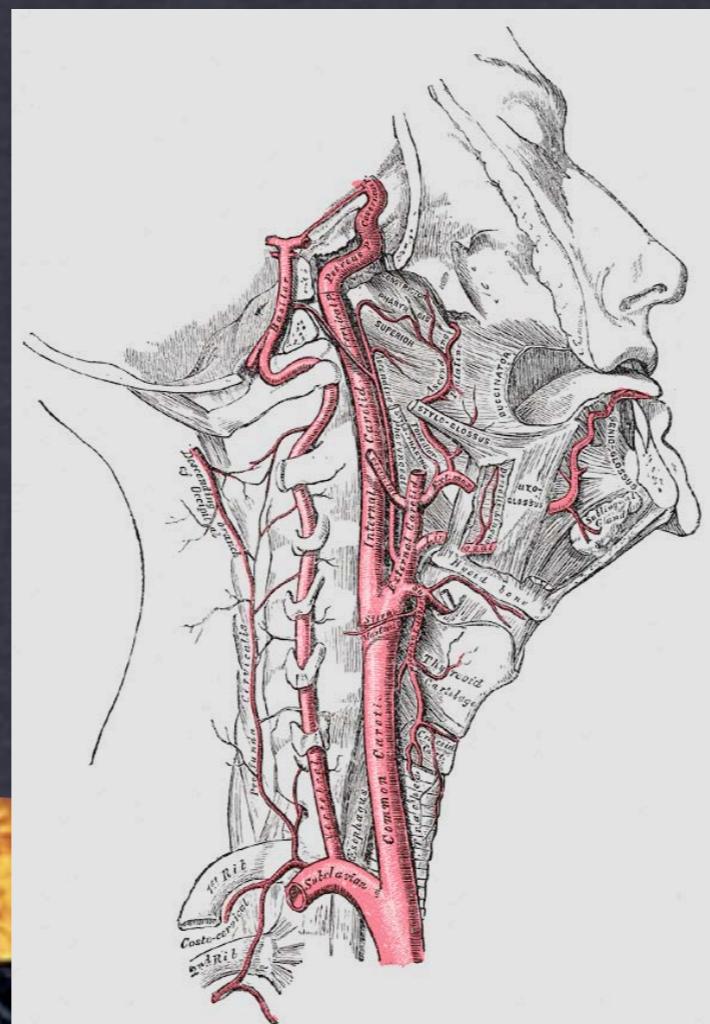


West 1983

# Sistema Respiratorio

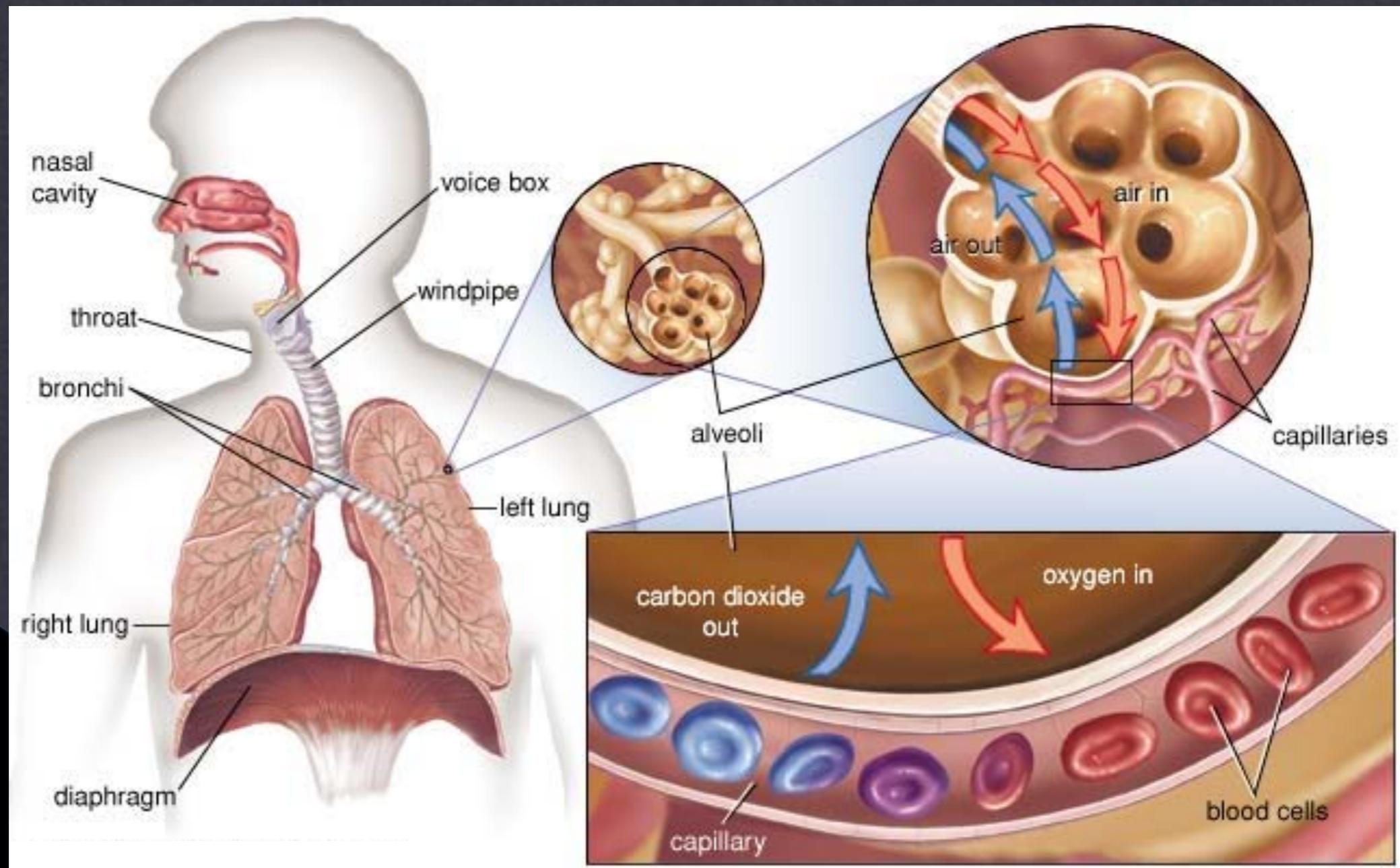
---

- Respuesta ventilatoria a la hipoxia: Hiperventilación



# Sistema Respiratorio

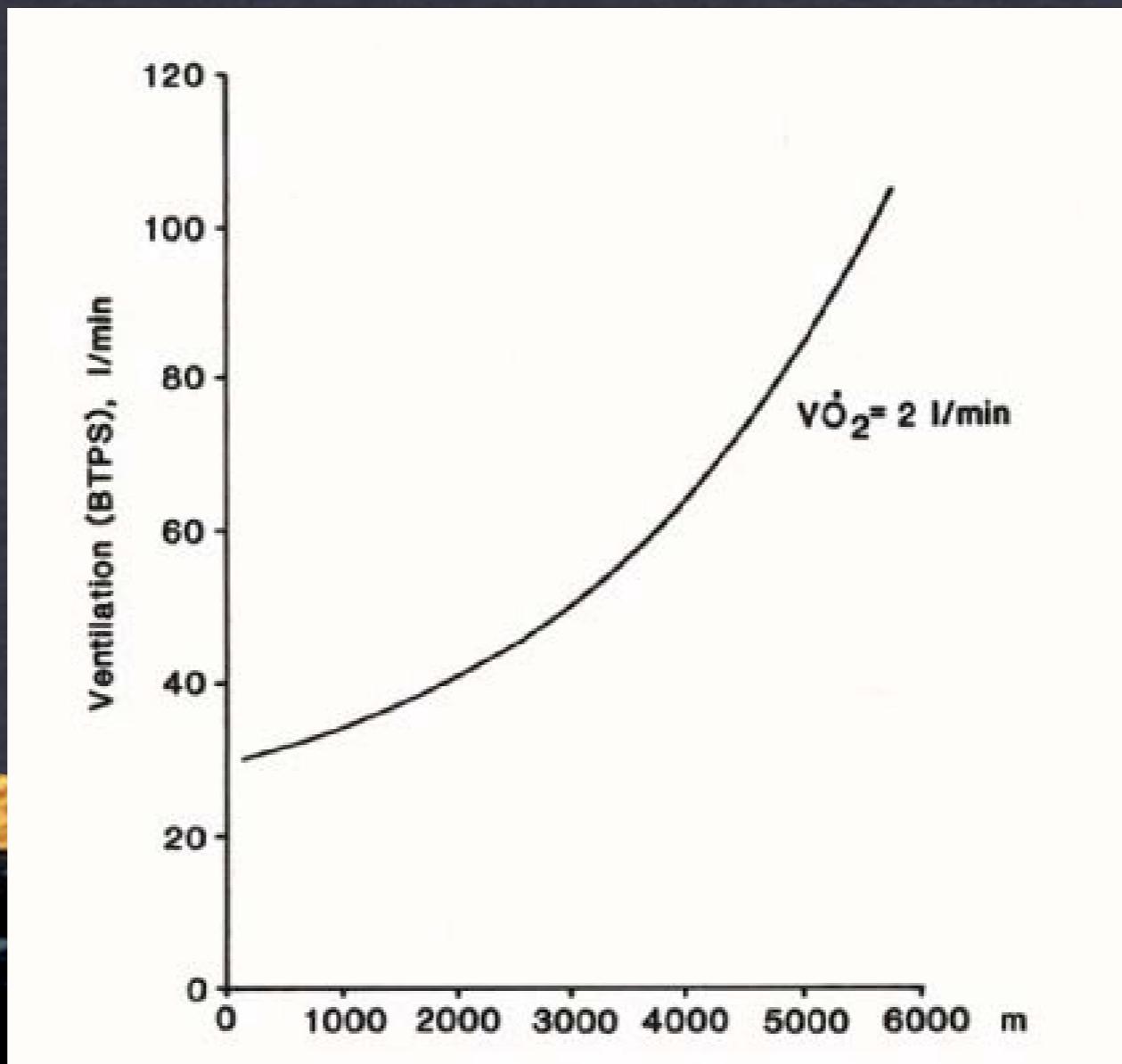
- Respuesta ventilatoria a la hipoxia: Hiperventilación



# Sistema Respiratorio

---

- Hiperventilación



# Función pulmonar

---

- Efectos de la hiperventilación:
  - Disminuye la hipoxemia (mejora la oxigenación de la sangre)
  - Mejora el rendimiento en alturas extremas
  - Disminuye la incidencia de Edema Pulmonar de Altura (EPA)



# Sistema Respiratorio

---

- Factores que disminuyen la RVH:
  - alcohol
  - sedantes
- Factores que aumentan la RVH:
  - aclimatación
- El estado físico no influye en la RVH
- RVH tiene un componente genético importante
- RVH puede ser usado como predictor de enfermedades de altura



# La respiración periódica

---

- El dormir en altura se asocia frecuentemente a respiración periódica
- Se debe a que el centro respiratorio está más deprimido



10 s  
20

# La respiración periódica

---

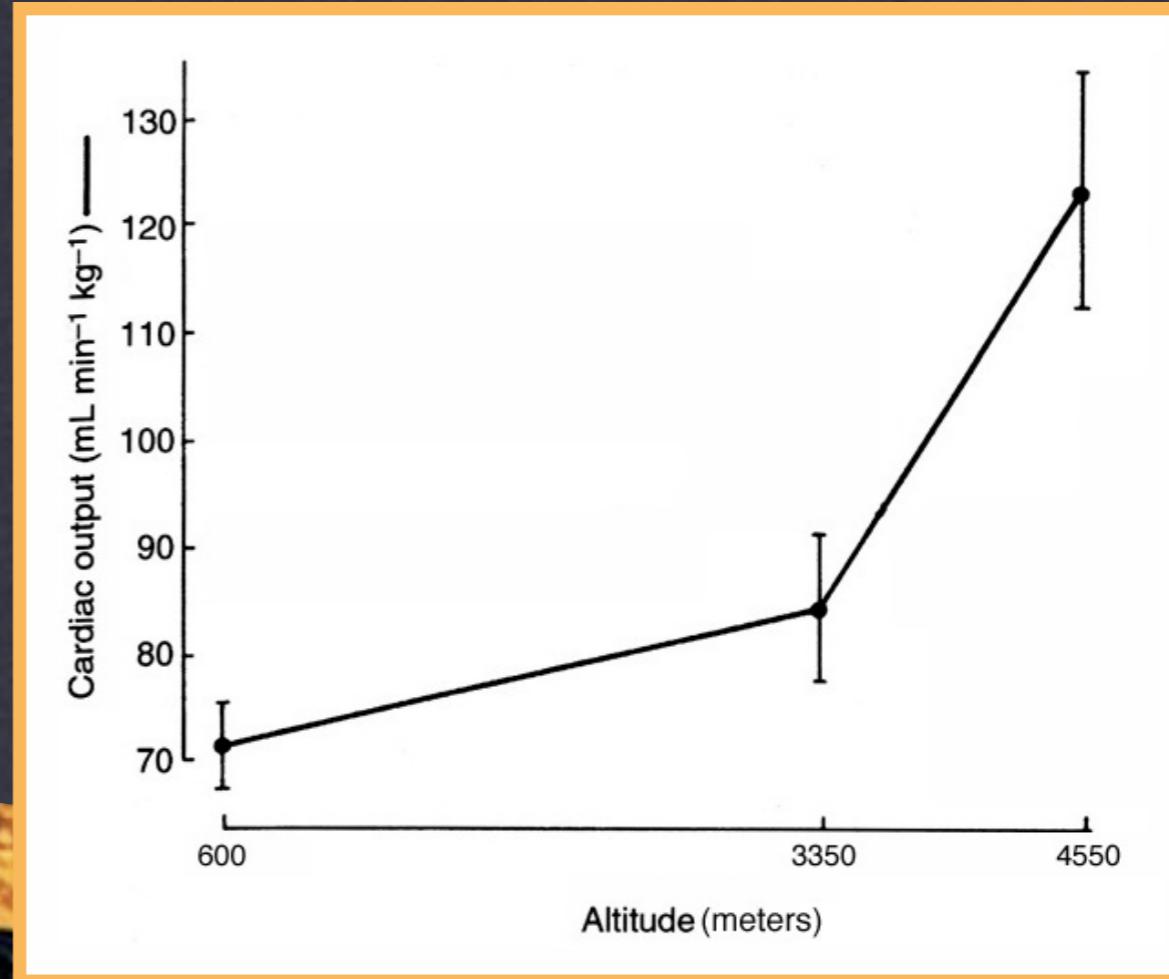
- No tiene una relación con la etiología ni la severidad de las enfermedades de altura
- Puede provocar somnolencia intensa durante el día
- Tratamiento:
  - acetazolamida
  - oxígeno
- **NUNCA USAR MEDICAMENTOS PARA DORMIR EN ALTURA**



# Sistema Cardiovascular

---

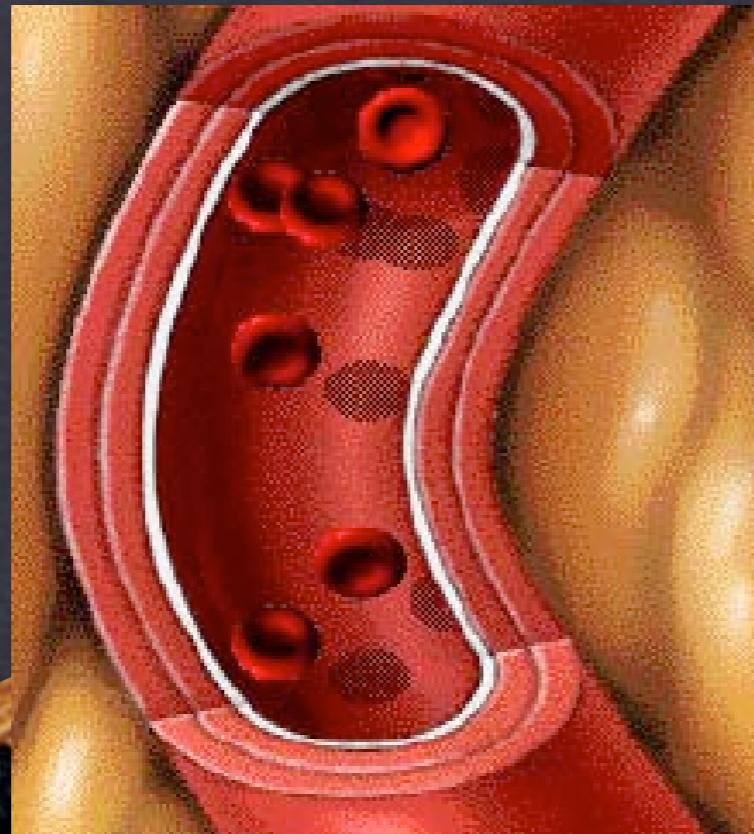
- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)



# Sistema Cardiovascular

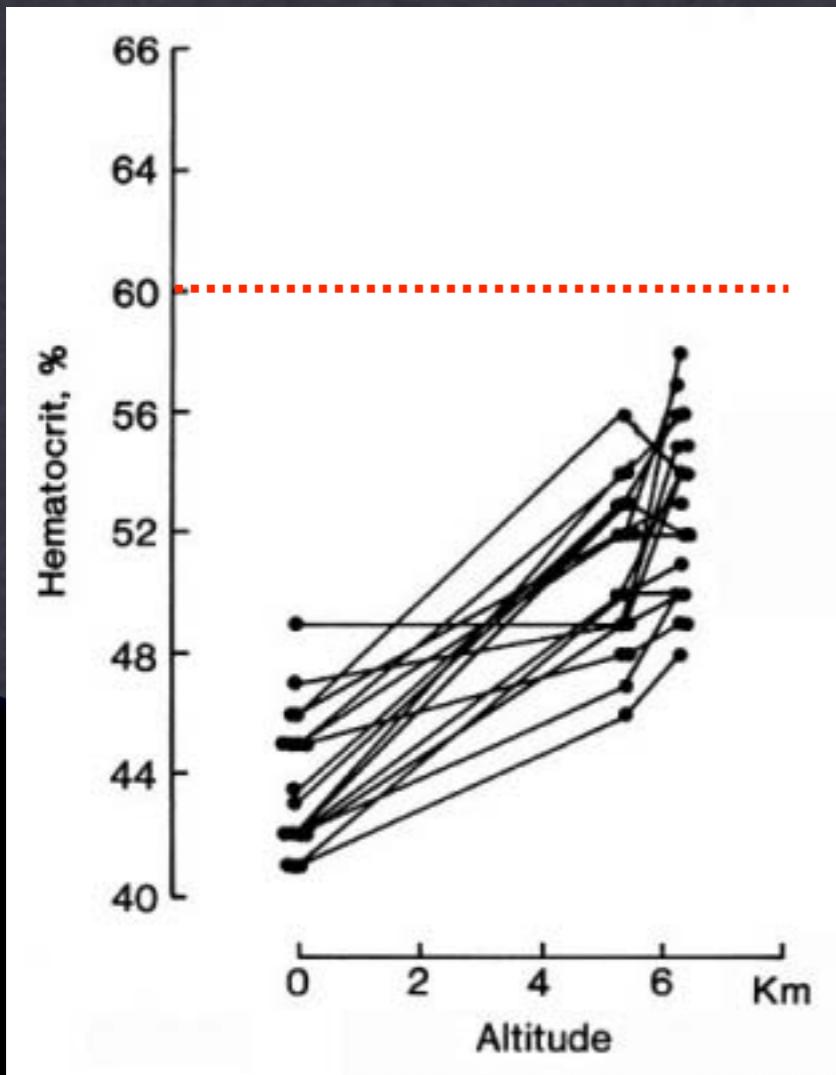
---

- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)
- Aumento transportador de oxígeno (glóbulos rojos)

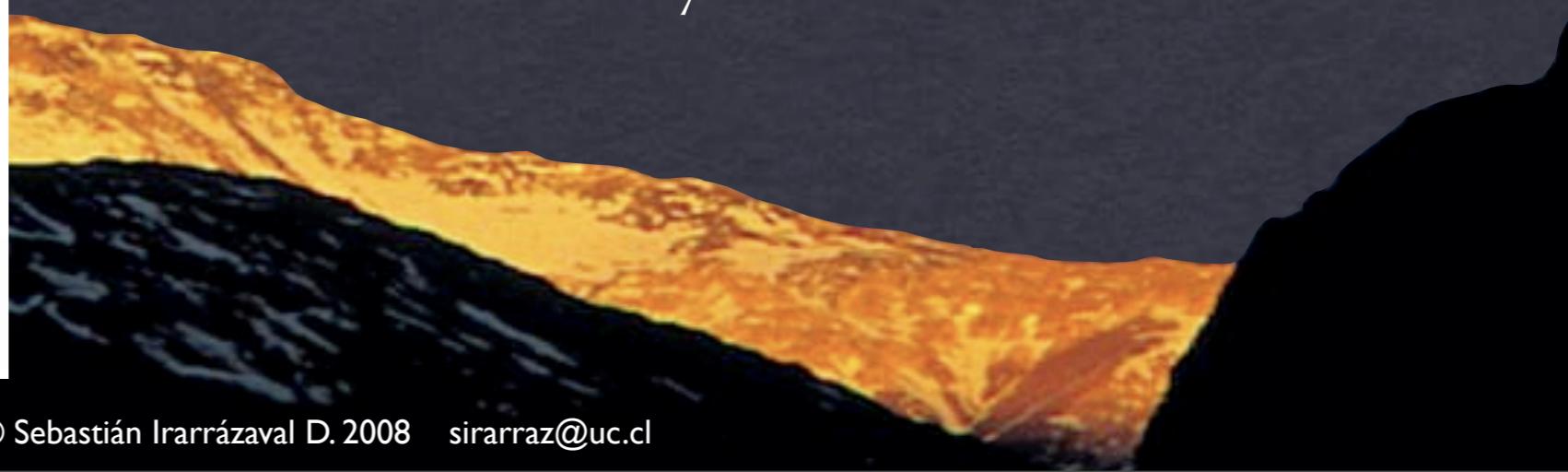


# Sistema Cardiovascular

- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)
- Aumento transportador de oxígeno (glóbulos rojos)



- Poliglobulia ↑ viscosidad, lo cual ↓ gasto cardíaco y flujo sanguíneo
- Hasta hoy no se ha podido determinar el valor máximo
- No hay correlación entre rendimiento físico en altura y hematocrito



# Sistema Cardiovascular

---

- Aumento del gasto cardíaco (sangre bombeada por minuto)
- Aumento transportador de oxígeno (glóbulos rojos)
- Redistribución de la circulación

cerebro  
corazón  
pulmones

VS

piel  
ap. digestivo  
riñones

# Enfermedades de Altura

---



# Enfermedades de Altura

---

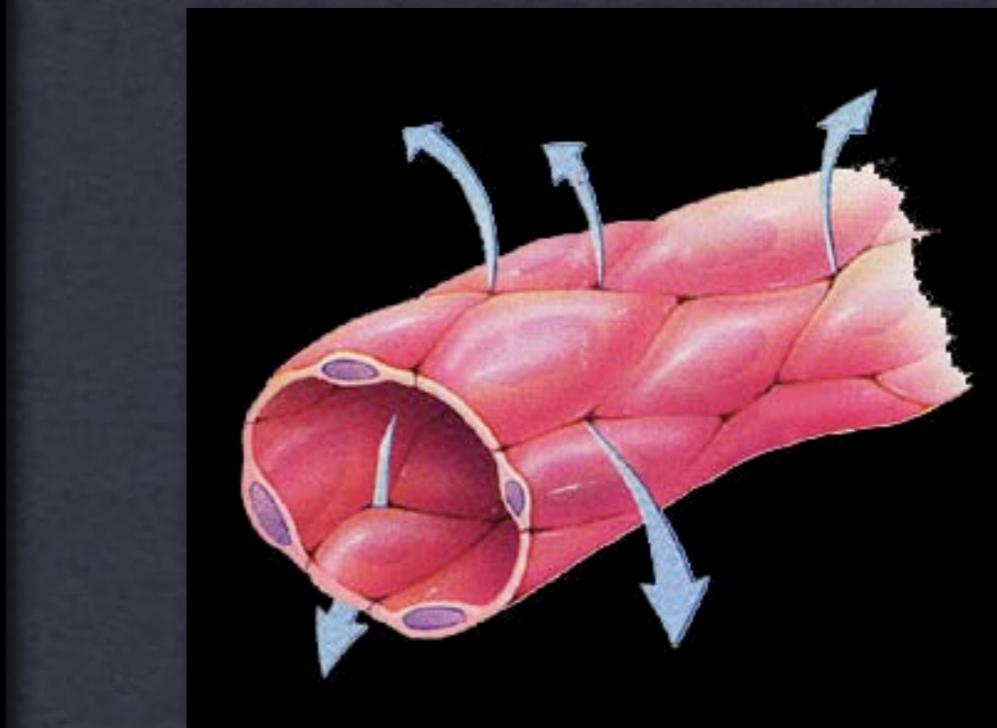
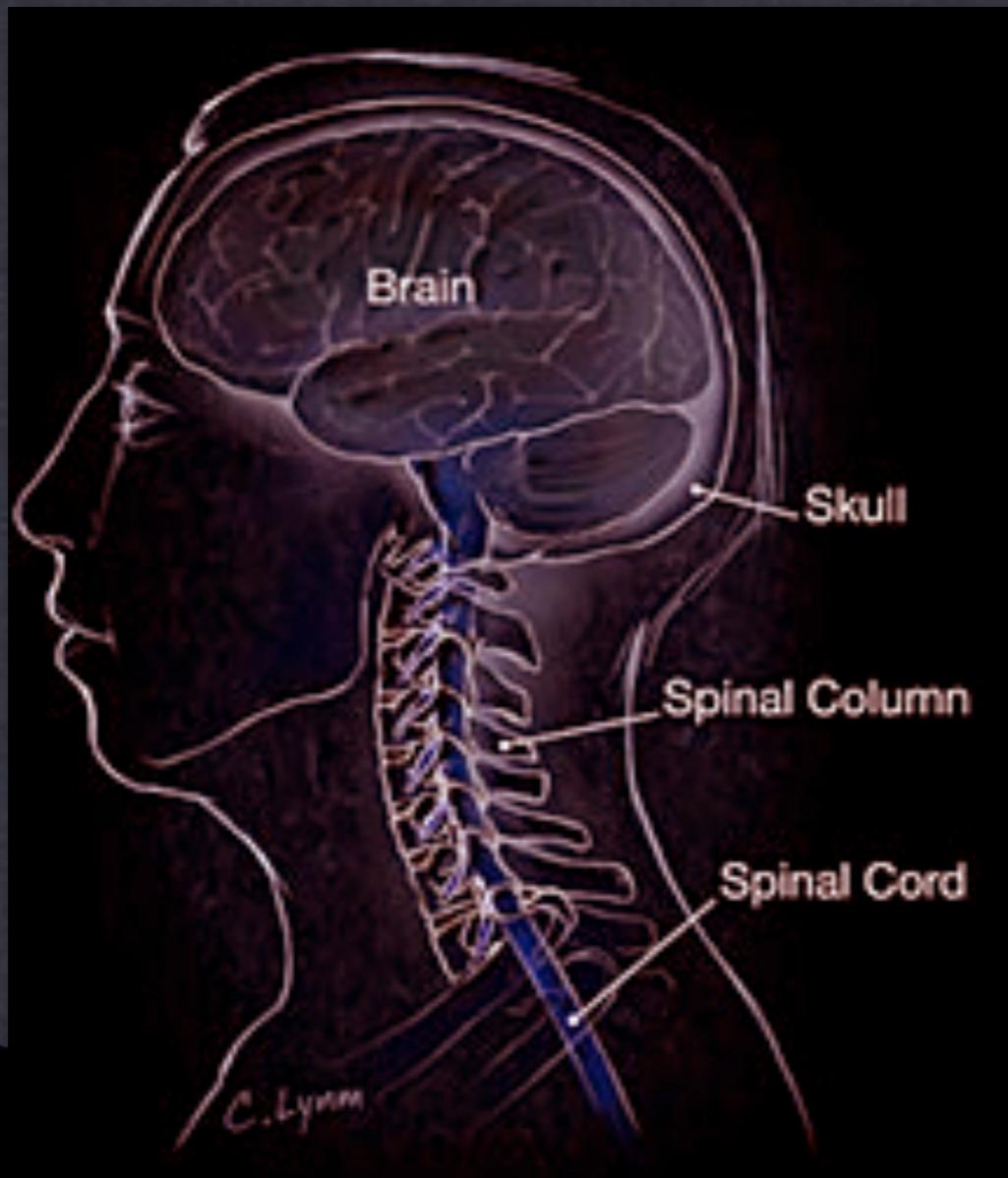
- Enfermedad Aguda de Montaña (EAM) (Puna)
  - leve
  - moderada
- Edema cerebral de altura (ECA)
- Edema pulmonar de altura (EPA)





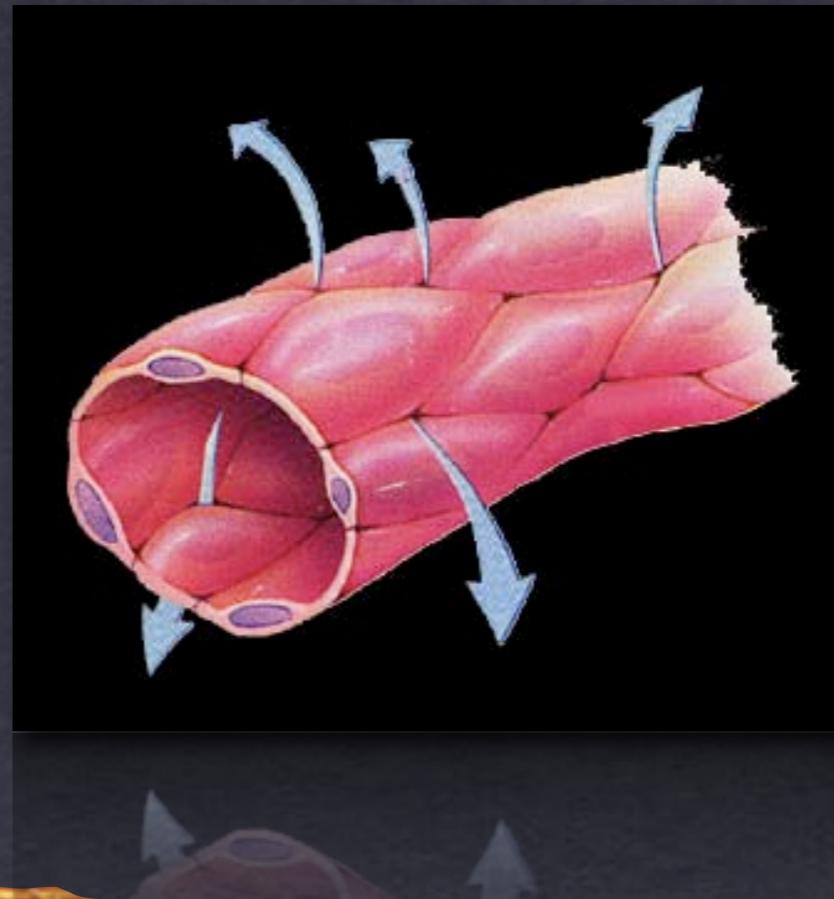
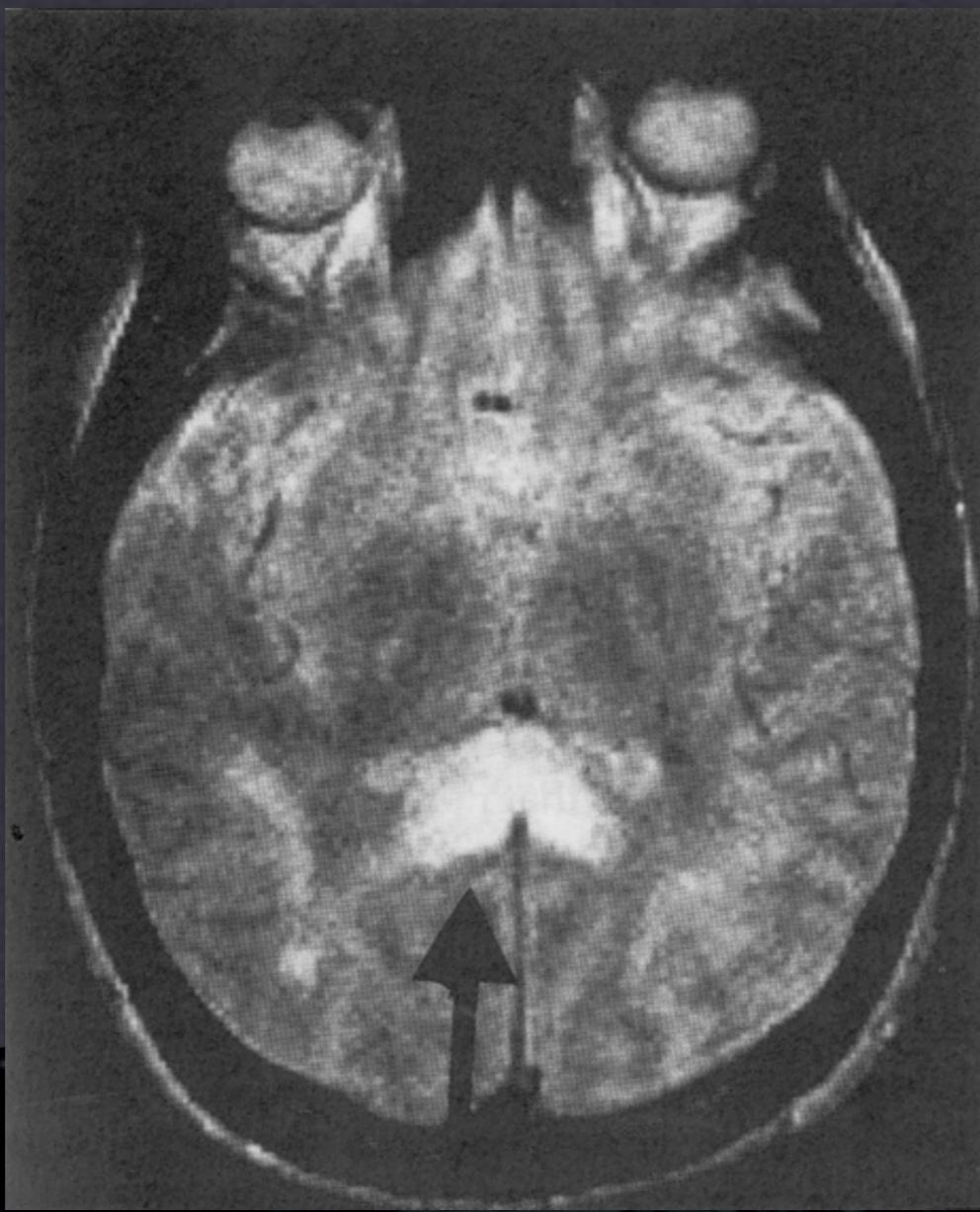
# Enfermedades de Altura

---



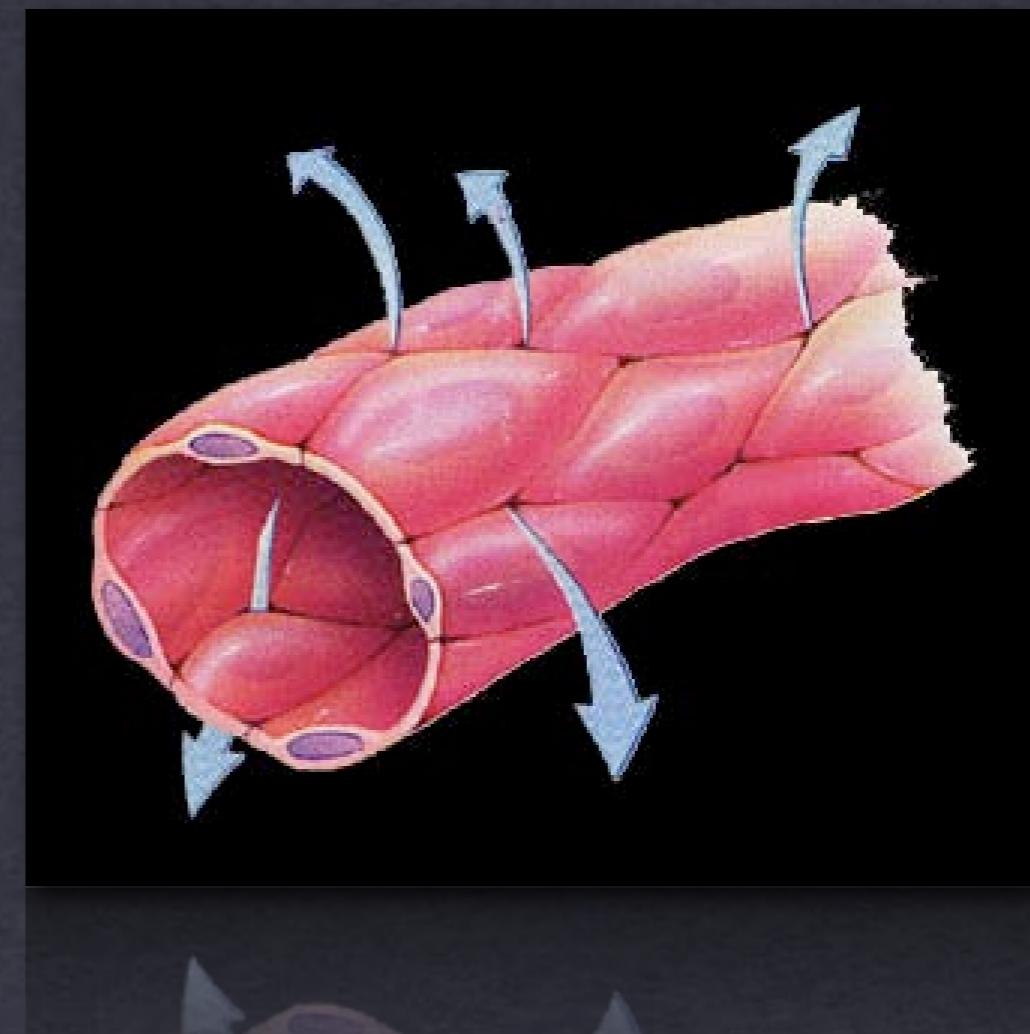
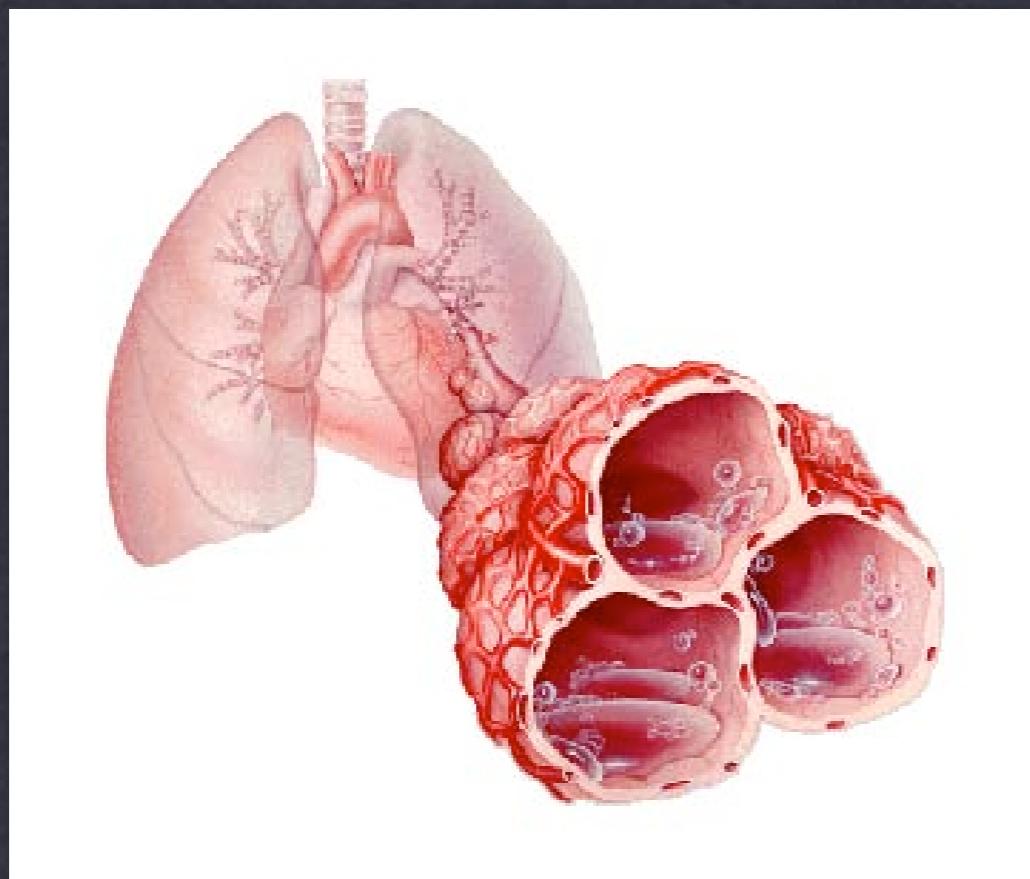
# Enfermedades de Altura

---



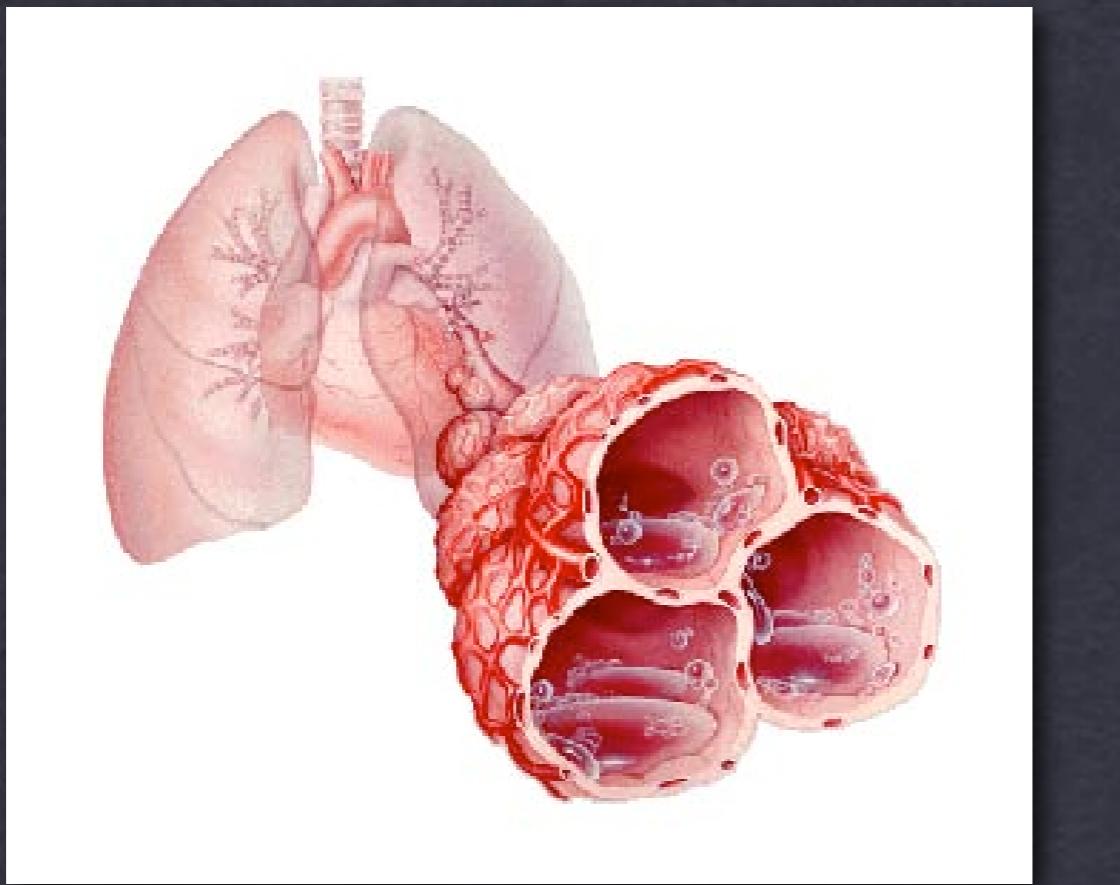
# Enfermedades de Altura

---



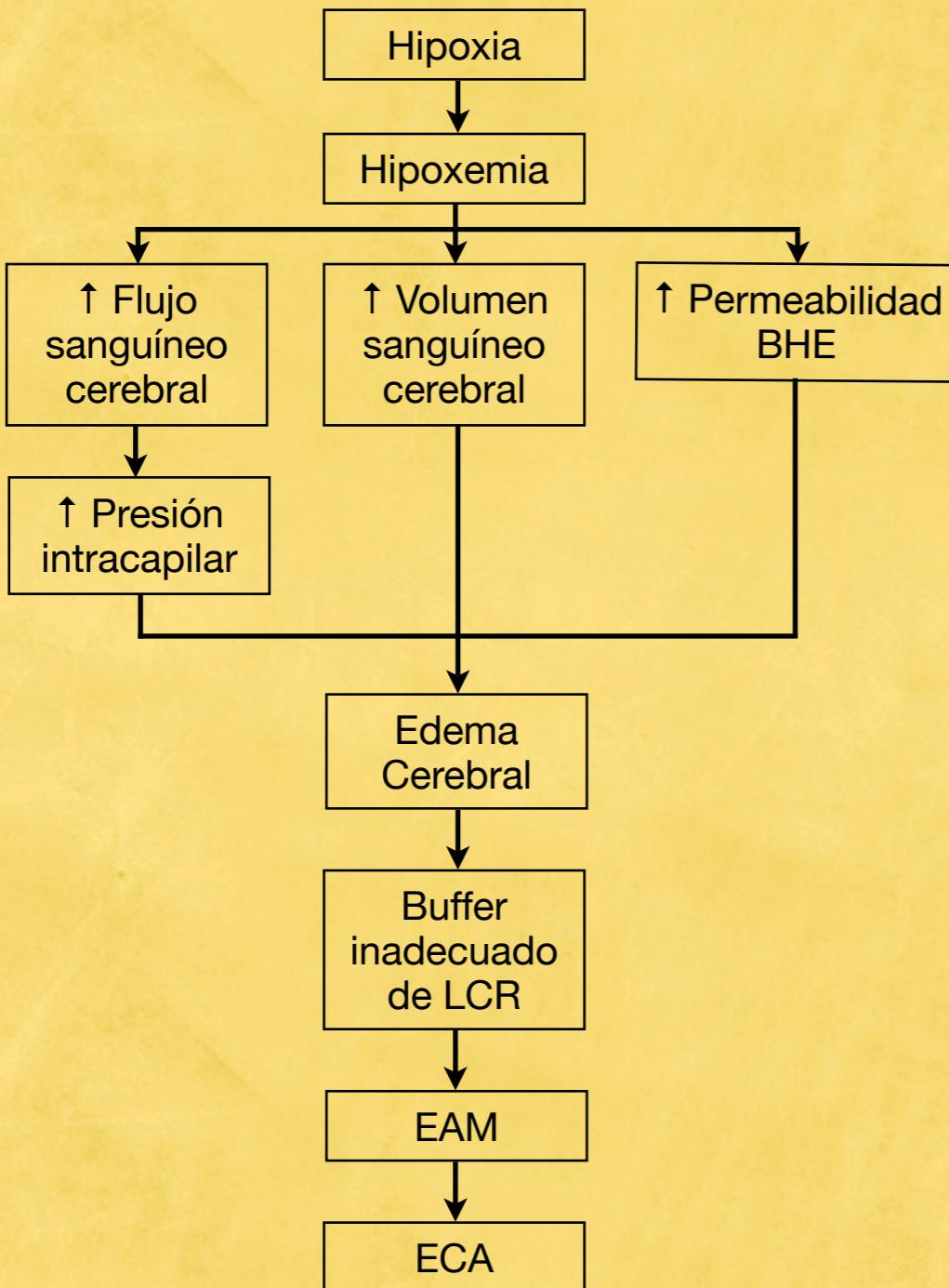
# Enfermedades de Altura

---

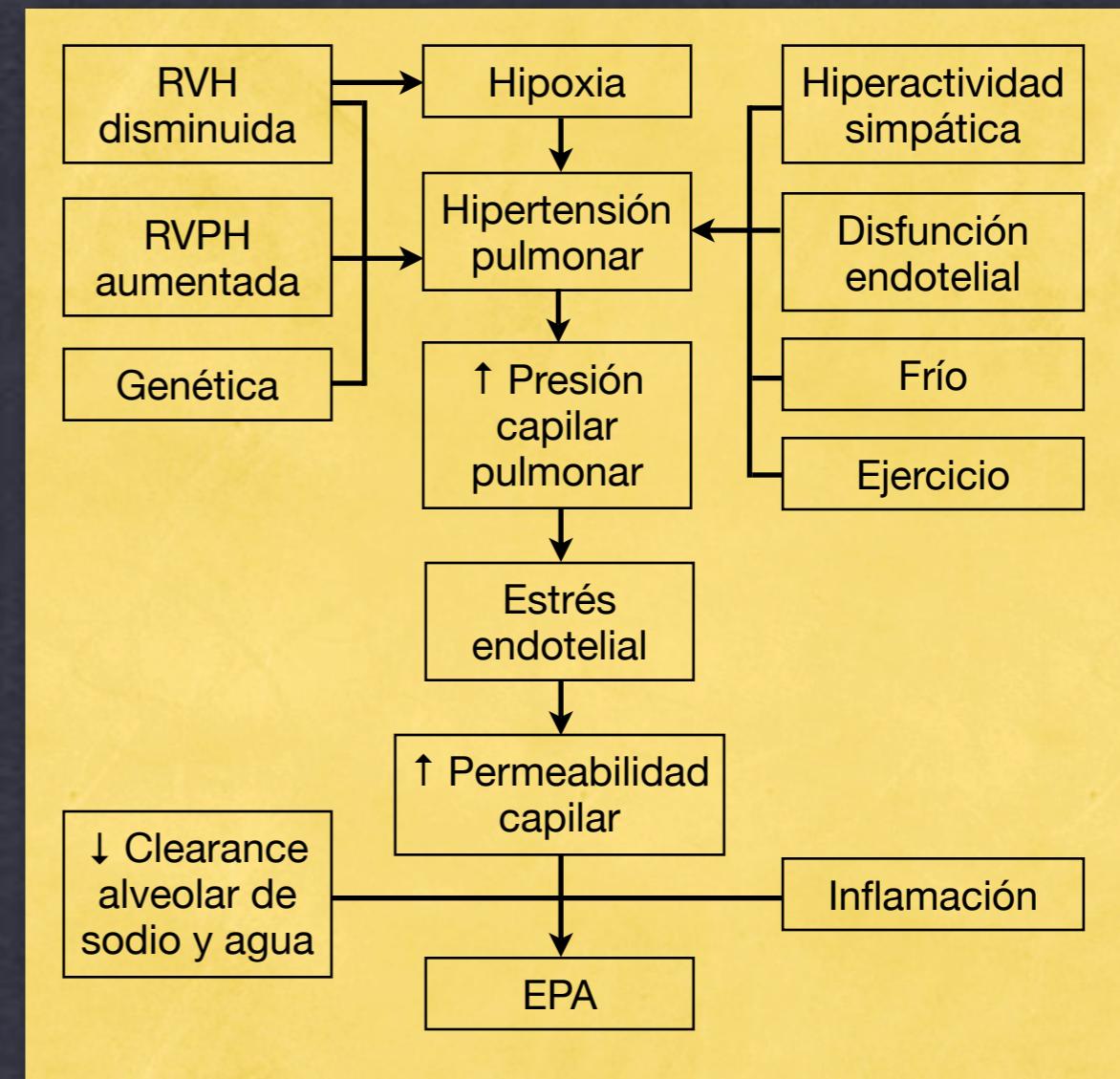


# Enfermedades de Altura

## EAM y ECA



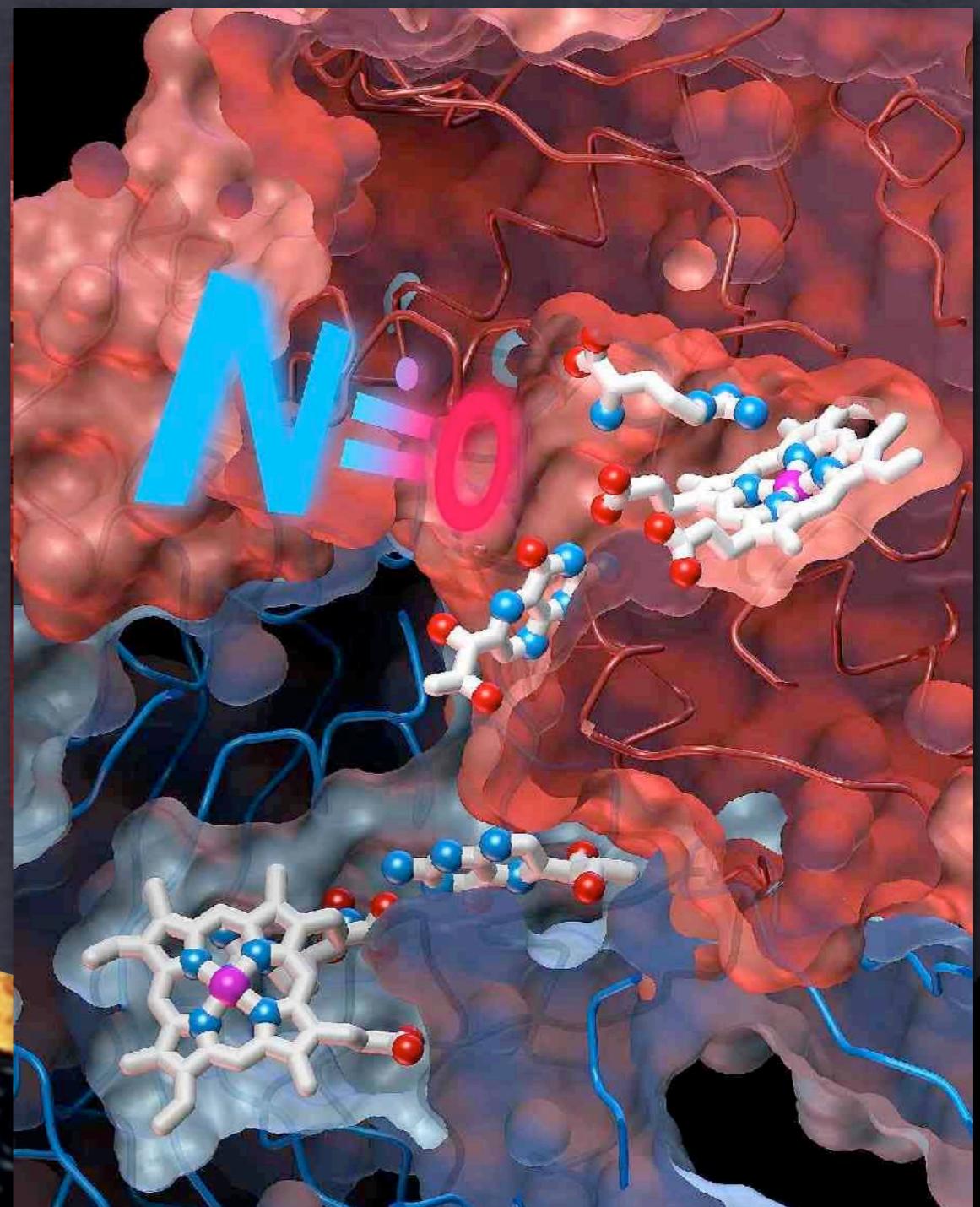
## EPA



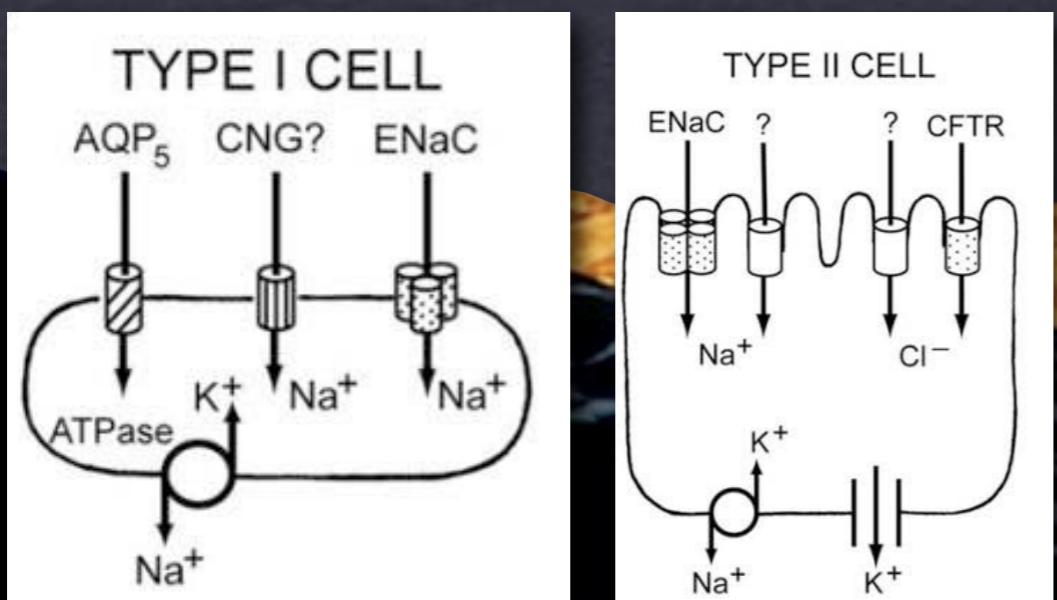
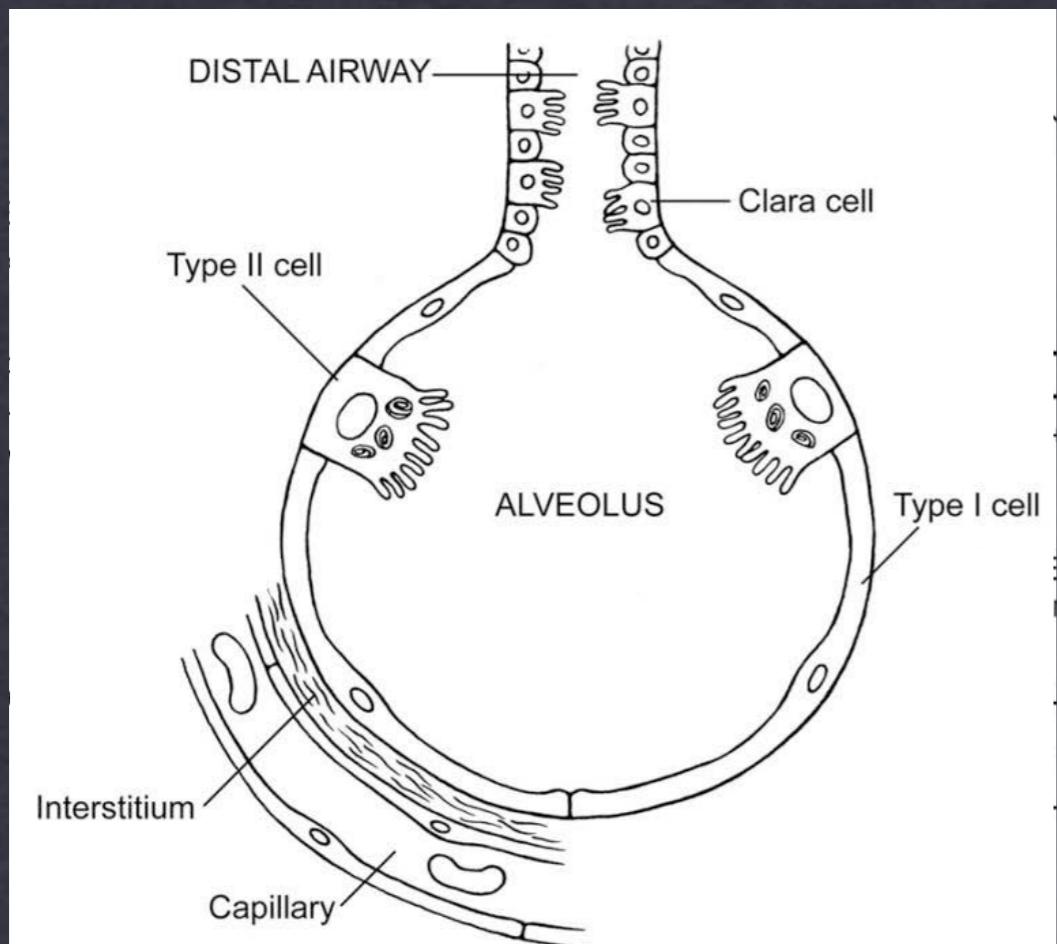
# Nuevas líneas de investigación

---

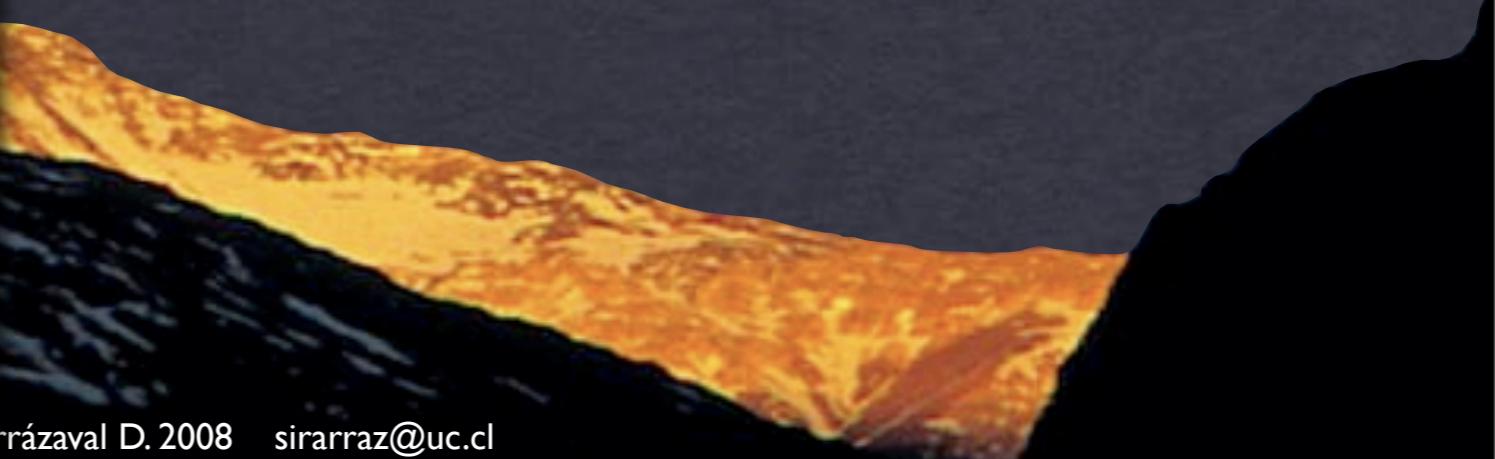
- EAM y ECA:
  - Edema vasogénico vs edema citotóxico
  - Factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF)
  - Óxido nítrico (NO)



# Nuevas líneas de investigación



- EPA:
  - Respuesta ventilatoria a la hipoxia (RVH)
  - Respuesta vascular pulmonar a la hipoxia (RVPH)
  - Desbalance vasoconstrictores y vasodilatadores pulmonares
  - Menor clearance alveolar de sodio y agua



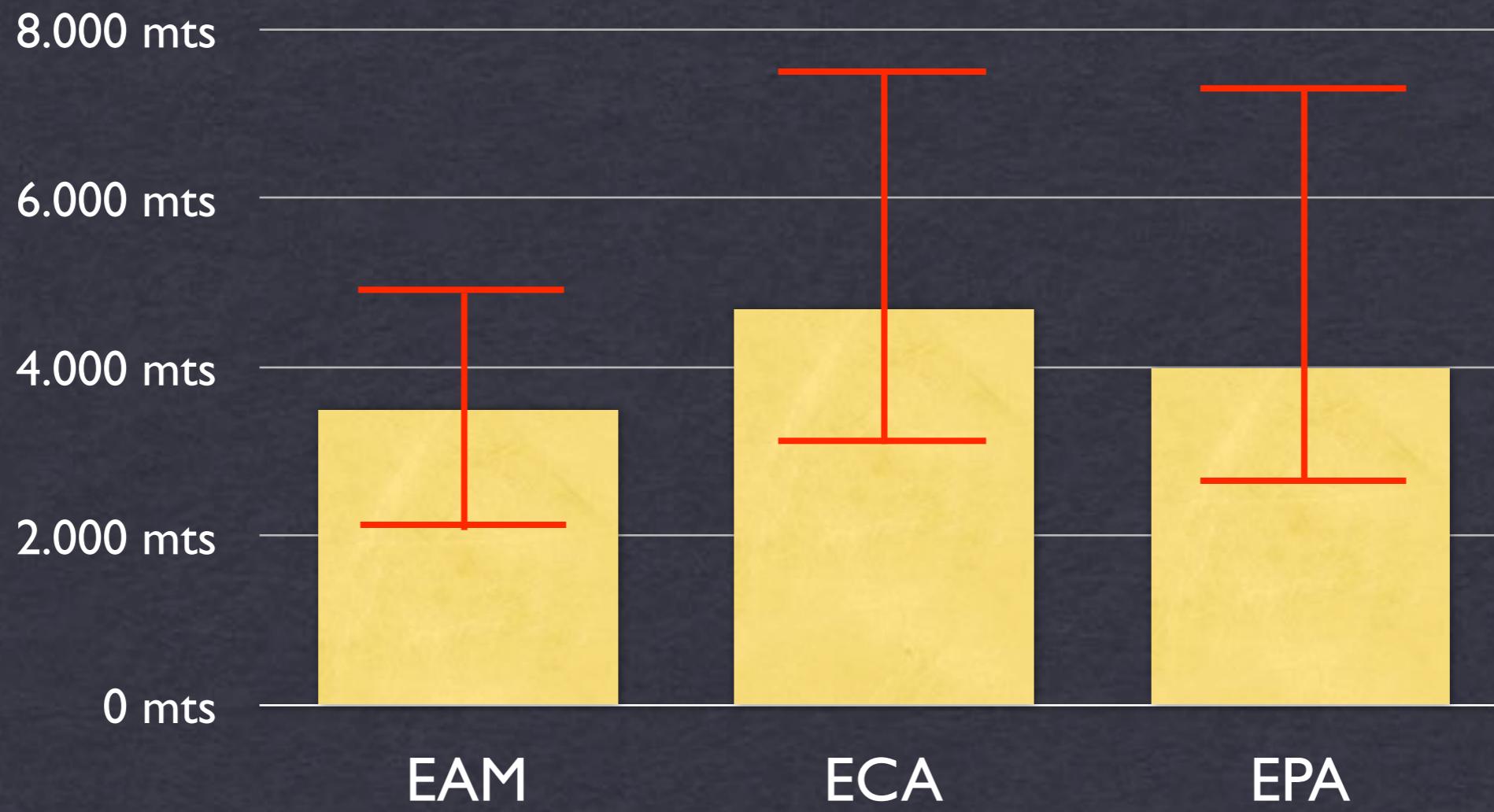
# Presentación clínica y tratamiento

---



# Enfermedades de Altura

---



# Enfermedades de altura

<b>Mal de altura leve (EAM leve)</b>  Dolor de cabeza más náuseas, mareo y/o fatiga durante las primeras 12 hrs de exposición rápida a la altura (>2500 mts)	Detener ascenso y aclimatar o descender mínimo 500 mts	
<b>Mal de altura moderado (EAM moderado)</b>  Dolor de cabeza moderado a severo más náuseas, vómitos, mareo, fatiga y/o insomnio después de las primeras 12 hrs de exposición rápida a la altura (>2500 mts)	Medicamentos: ibuprofeno acetazolamida  Descender 500 mts. o más Alternativas: Oxígeno Gamow bag Medicamentos  Medicamentos: ibuprofeno acetazolamida dexametasona	Mortalidad: 0%

# Enfermedades de altura

<b>ECA</b>  EAM por 24 o más horas + ataxia (falta de coordinación) y/o compromiso de conciencia	Evacuación y descenso inmediato  Alternativas: Oxígeno Gamow bag Medicamentos  Medicamentos: ibuprofeno acetazolamida dexametasona medicamentos para EPA según sean necesarios	Mortalidad: ±13%
<b>EPA</b>  EAM por 24 o más horas + Tos con expectoración, debilidad severa, cianosis, taquicardia, taquipnea y/o crepitaciones	Oxígeno  Descender con ejercicio mínimo  Alternativas: Gamow bag Medicamentos  Medicamentos: nifedipino medicamentos para EAM y ECA según sean necesarios	Mortalidad: ±5%

\*En los casos de ECA, un tercio de ellos se asocia a EPA

# Diagnóstico de EAM

---

- Cuestionario de Lake Louise para adultos (1991)

Signos y síntomas*	Puntaje
Cefalea	0 a 3
Síntomas gastrointestinales	0 a 3
Fatiga / debilidad	0 a 3
Mareo	0 a 3
Dificultad para dormir	0 a 3
Compromiso de conciencia	0 a 4
Ataxia	0 a 4
Total	

\*Evaluación de últimas 24 horas

# Diagnóstico de EAM

---

- Cuestionario de Lake Louise para adultos (1991)

Signos y síntomas*	Puntaje
Cefalea	$\geq 1$
Síntomas gastrointestinales	0 a 3
Fatiga / debilidad	0 a 3
Mareo	0 a 3
Dificultad para dormir	0 a 3
Compromiso de conciencia	0 a 4
Ataxia	0 a 4
Total	$\geq 3$

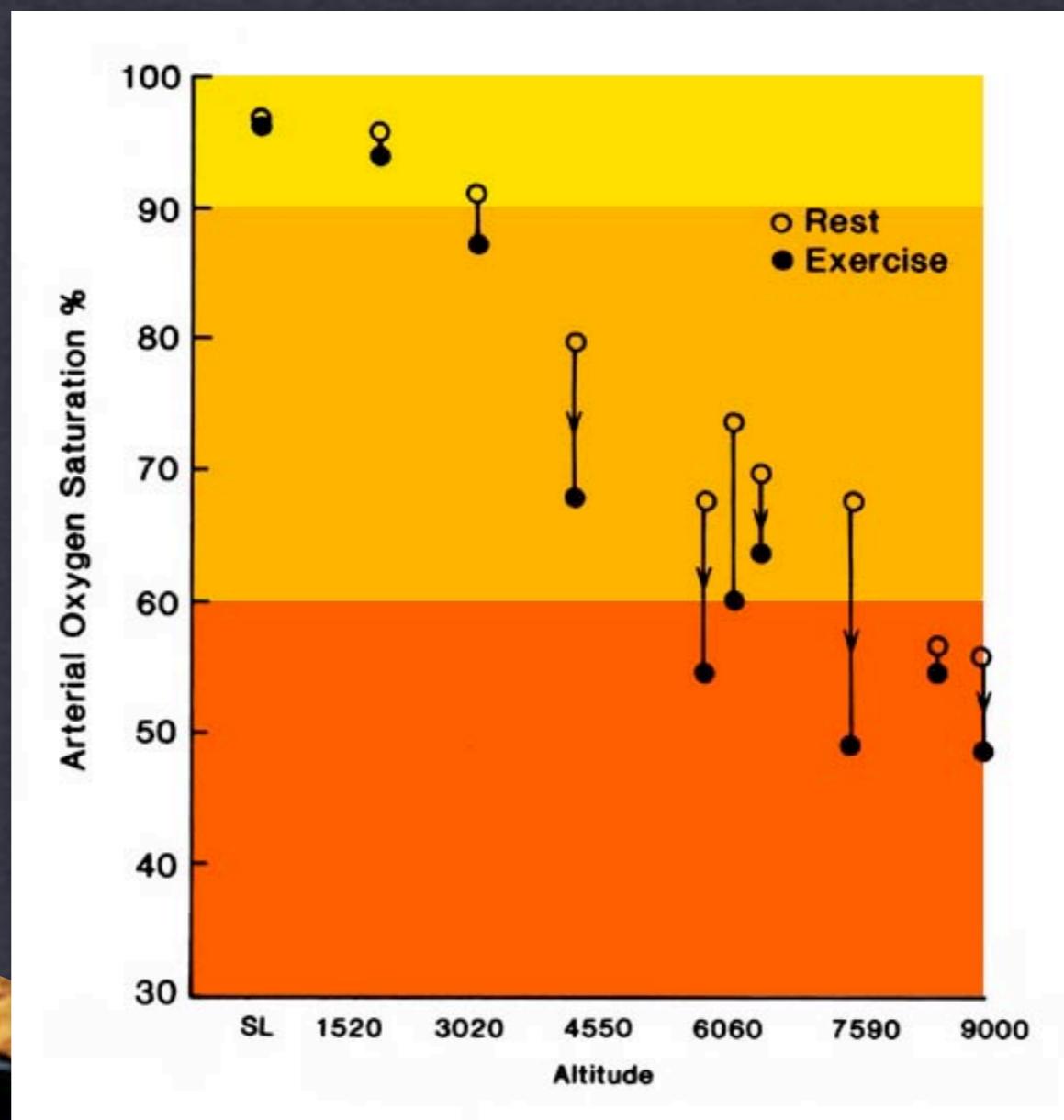
\*Evaluación de últimas 24 horas

# Saturación de oxígeno e Hipoxemia

---



# Saturación de oxígeno e Hipoxemia



# Acetazolamida

---

- Uso de acetazolamida:
  - Diurético, actúa en el riñón
  - Disminuye la alcalosis respiratoria
  - Estimula al centro respiratorio (aumenta la RVH)
  - Acelera la aclimatación
- Prevención: 125-250 mg vo c/12h desde 2 días previos al ascenso hasta día 3 en altura
- Tratamiento: 250 mg vo c/12h hasta que síntomas se resuelvan

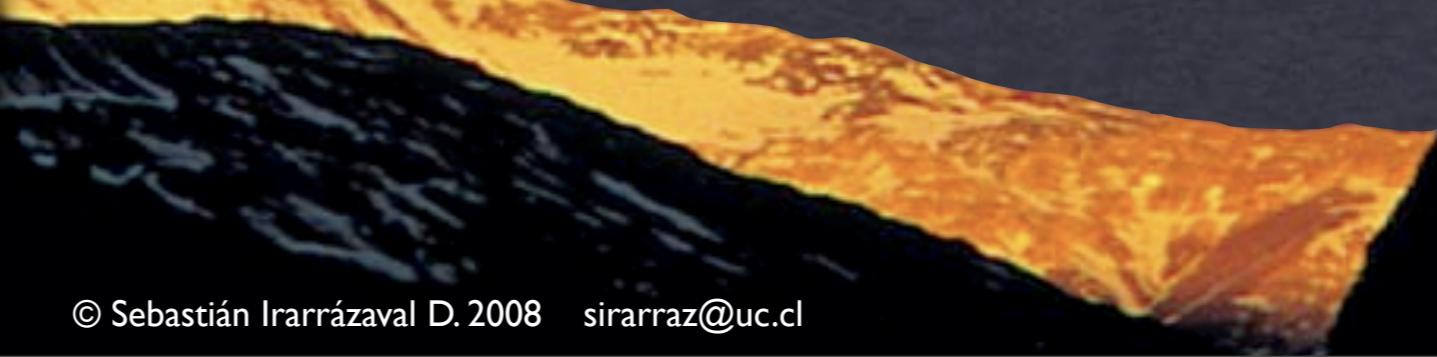
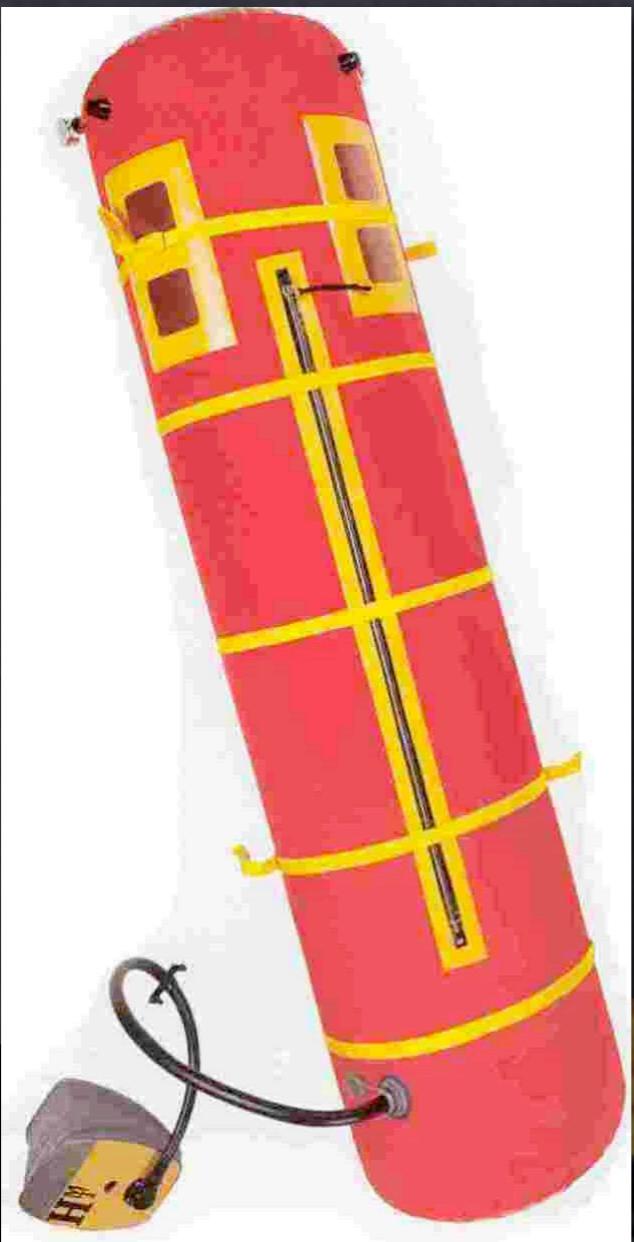
# Acetazolamida

---

- Efectos adversos:
  - parestesias (hormigueo) en boca y manos
  - poliuria (aumento excreción orina)
- Contraindicaciones:
  - alergia a sulfas
  - embarazadas

# Gamow bag

---



# Nuevas líneas de tratamiento

---

- Prevención:

- EAM: Acetazolamida, Ginko biloba
- ECA: Acetazolamida, Dexametasona
- EPA: Dexametasona, Nifedipino,  $\beta$ -agonistas (salmeterol, albuterol), Sildenafil, Tadalafil

- Tratamiento:

- EPA:  
 $\beta$ -agonistas (salmeterol, albuterol)  
EPAP (expiratory positive airway pressure)

# Nuevas líneas de tratamiento

---



# Nuevas líneas de tratamiento

Medicamento	Mecanismo	Efectos negativos
<b>Acetazolamida</b>	Estimulación de centro respiratorio	Contraindicado en alergias sulfas, embarazo. Parestesia y poliuria
<b>Dexametasona</b>	Disminución de volumen sanguíneo cerebral y de la permeabilidad capilar cerebral	Efecto rebote, sin efecto en aclimatación, cambio en estado de ánimo, hiperglicemia, dispepsia
<b>Nifedipino</b>	Vasodilatación pulmonar actuando en músculo liso	Hipotensión y taquicardia refleja. Contraindicado en embarazo

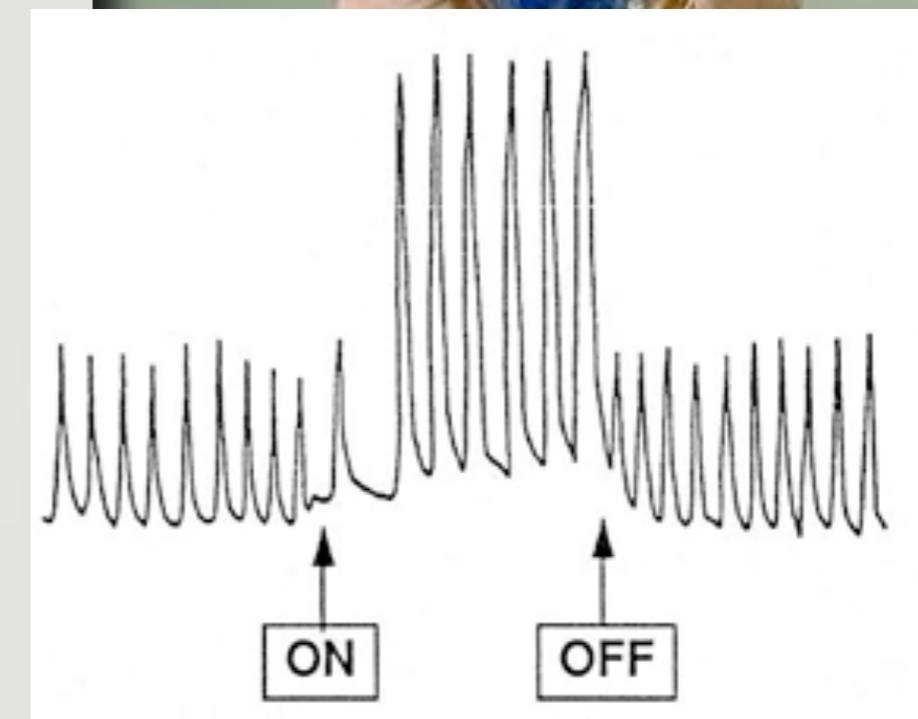
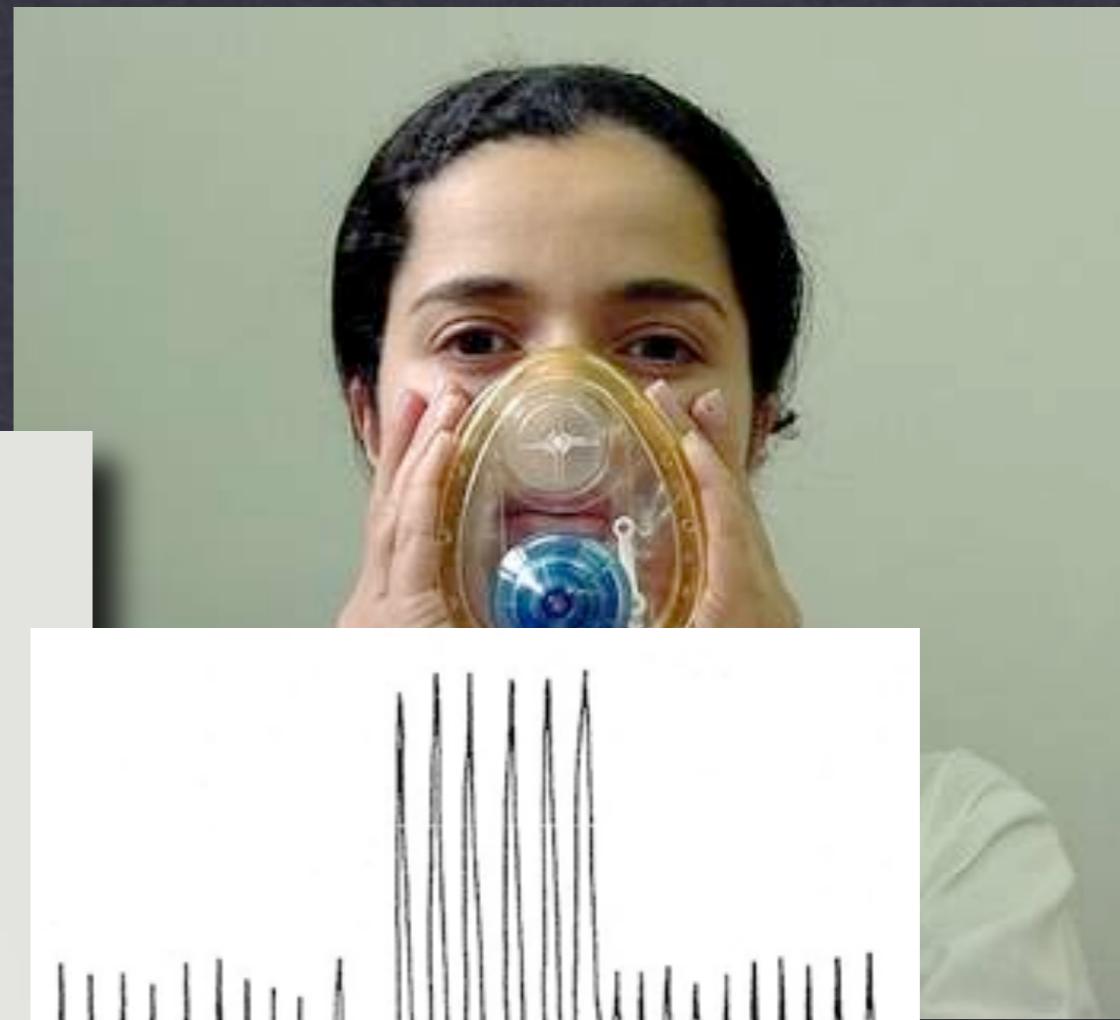
# Nuevas líneas de tratamiento

Medicamento	Mecanismo	Efectos negativos
<b>β agonistas</b> <b>Salmeterol</b> <b>Albuterol</b>	Aumento del “clearance” del líquido alveolar a través de los transportadores de sodio alveolar.	Infrecuentes
<b>Sildenafil / Tadalafil</b>	Vasodilatación pulmonar	Reflujo gastroesofágico
<b>Ginkgo Biloba</b>	Posibles efectos antioxidantes	Cefalea ocasional, sangrado ocasional
<b>EPAP</b>	Mejora el intercambio gaseoso y SaO <sub>2</sub>	Aumenta el trabajo respiratorio



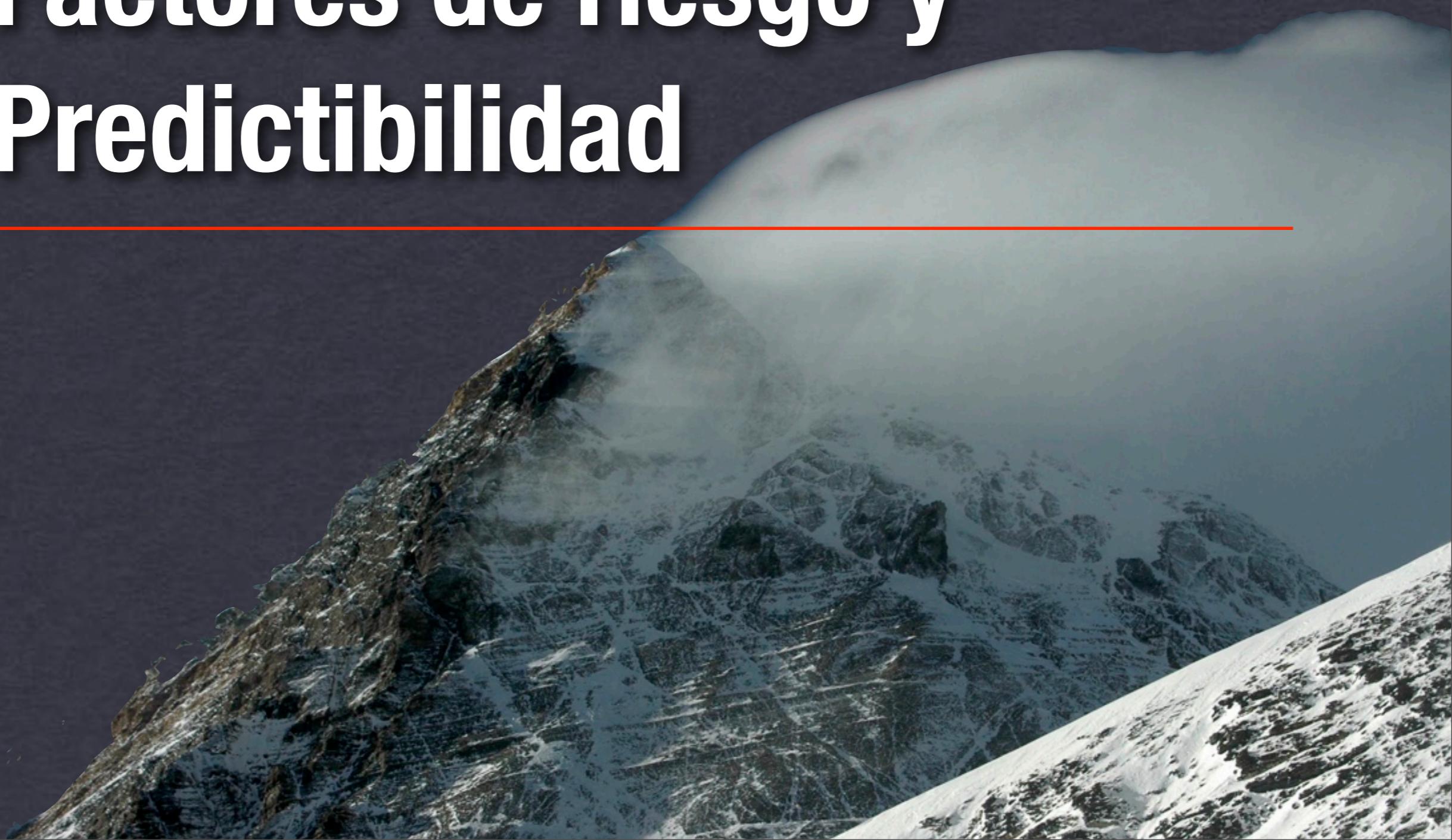
# Nuevas líneas de tratamiento

---



# Factores de riesgo y Predictibilidad

---



# Factores de riesgo

---

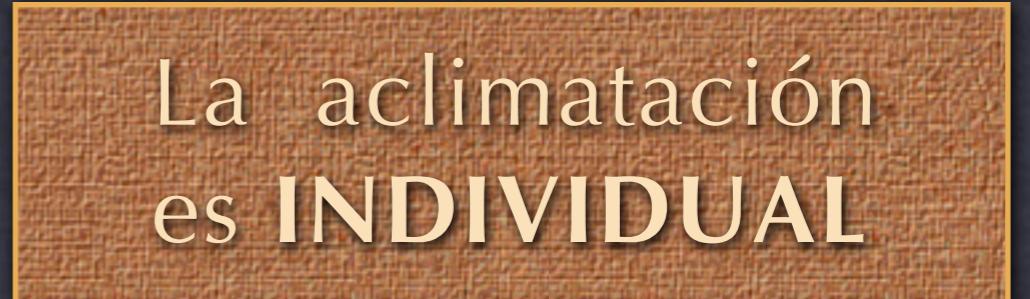
- Depende de:
  - Factores pre-ascenso
  - Factores durante el ascenso: velocidad de ascenso y altitud alcanzada



# Factores pre-ascenso

---

- Genética (RVH y otros)
- Factores individuales:
  - Edad
  - Género
  - Obesidad
  - Altitud a la que se vive
- Pre-aclimatación



La aclimatación  
es **INDIVIDUAL**



# Factores durante el ascenso

---

- Velocidad de ascenso
- Altitud a la que se aclimata
- Altitud a la que se duerme
- Altitud que se alcanza



# Factores durante el ascenso

---

- Velocidad de ascenso



# Factores durante el ascenso

---

- Favorecen:
  - actividad ligera primeros días y durante los días de descanso
  - evitar esfuerzo físico excesivo
  - ingesta adecuada de líquidos
  - dieta rica en carbohidratos
- Desfavorecen:
  - alcohol
  - sedantes
  - tabaco
  - - infecciones respiratorias



# Predictibilidad

---

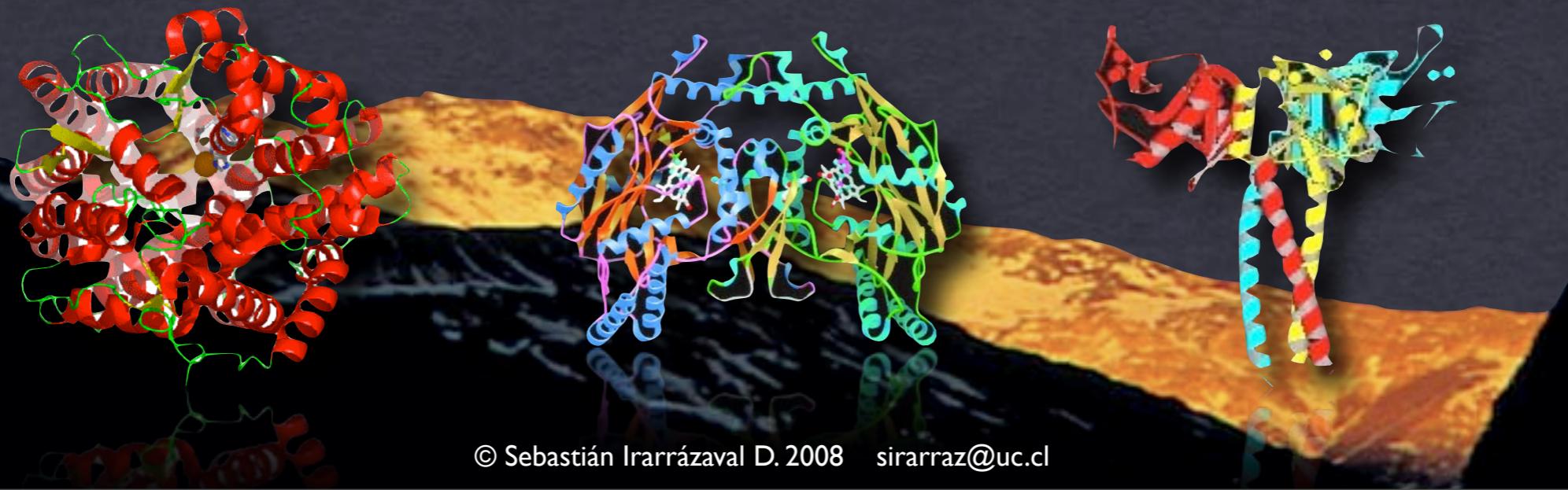
- Respuesta individual consistente
- Mayor correlación con EPA que con EAM
- Todos los factores pre-ascenso y durante el ascenso: velocidad de ascenso y altitud alcanzada



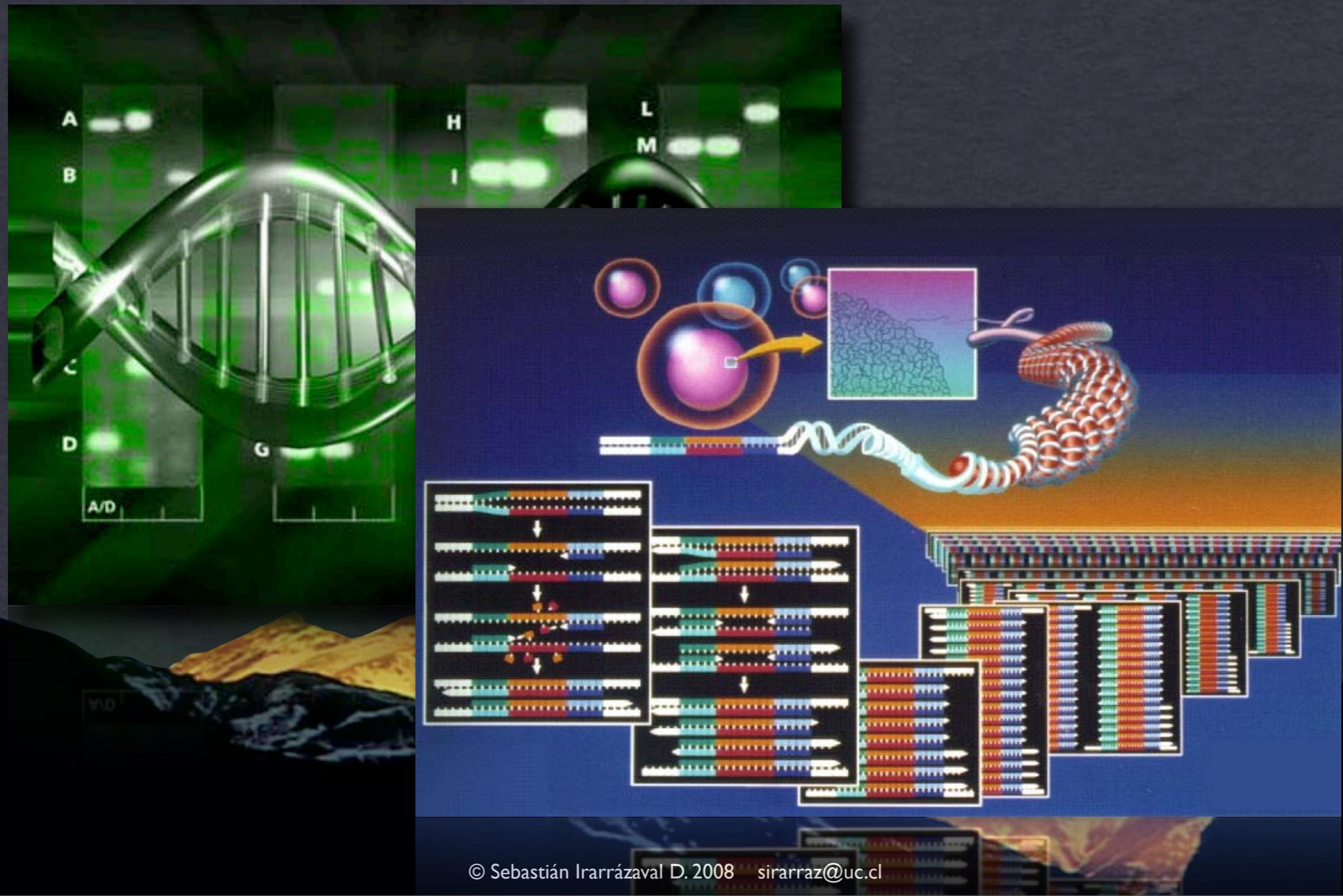
# Nuevas líneas de investigación

---

- Respuesta ventilatoria y vascular a la hipoxia
- Volumen pulmonar
- Genes:
  - HLA DR6
  - HLA DQ4
- Polimorfismo de proteínas:
  - enzima convertidora de angiotensina (ACE)
  - óxido nítrico sintetasa derivada del endotelio (e-NOS)
  - proteína del surfactante 1 y 2 (SP-A1 y SP-A2)



# Nuevas líneas de investigación



# Límites del ser humano en altura

---



# Límites del ser humano en altura

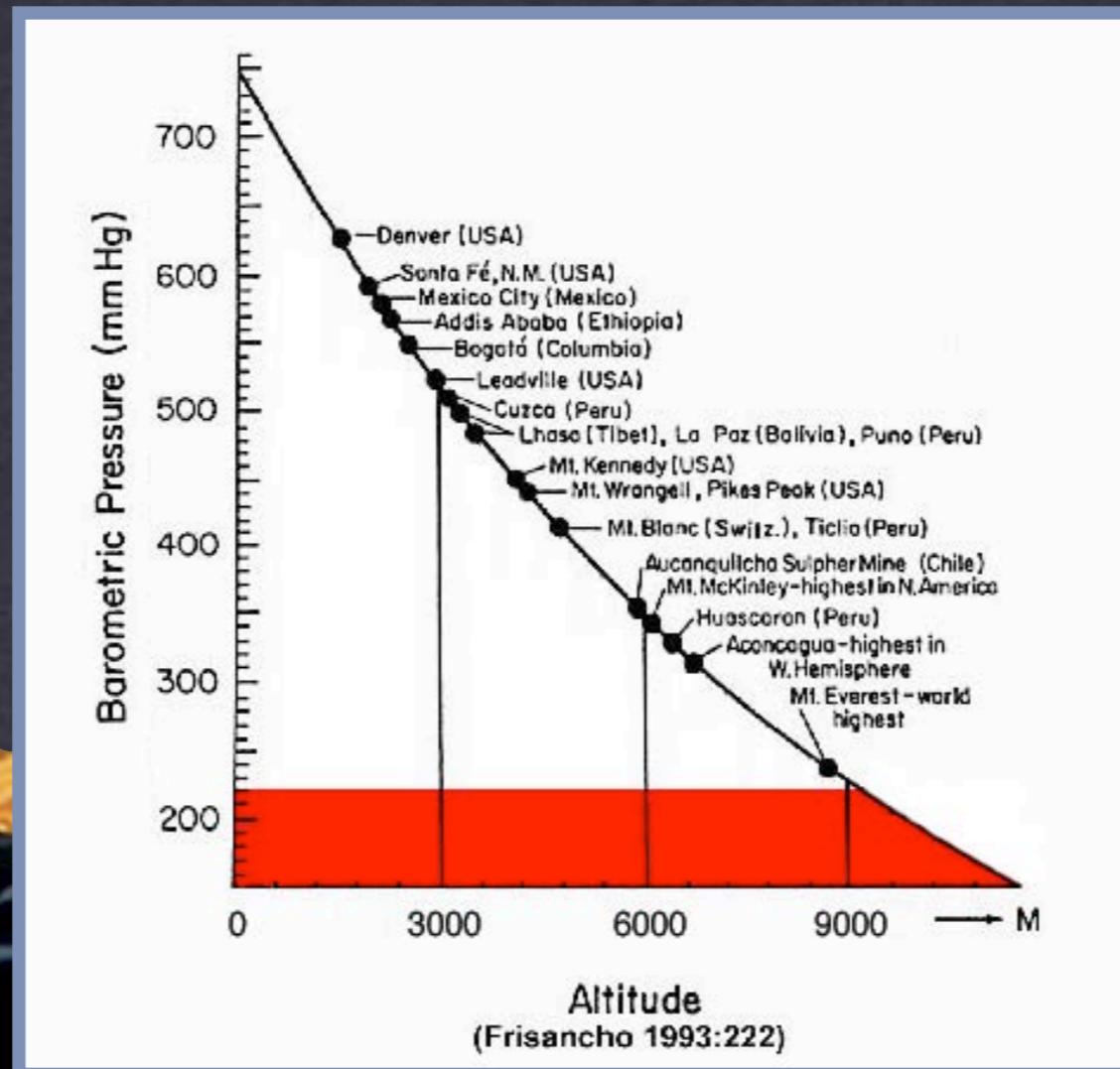
---

- ¿Hasta qué altitud puede vivir una persona?
- Desde los 5500 msnm comienza a darse el “deterioro de la altura”
- Desde los 8000 msnm este deterioro se acelera y es por esto que a esta zona se le llama “zona de la muerte”



# Límites del ser humano en altura

- ¿Hasta qué altitud puede ascender el ser humano sin oxígeno suplementario?



# Conclusiones

---



# Conclusiones

---

- La hipoxia es el factor fundamental en la etiopatogenia de las enfermedades de altura
- La enfermedad aguda de montaña y edema cerebral tienen una fisiopatología diferente al edema pulmonar de altura
- A pesar de lo anterior el tratamiento más eficaz es el mismo: prevenir y descender
- Las nuevas líneas de investigación están orientadas a la detección de la susceptibilidad individual fisiopatología y tratamiento farmacológico de estas enfermedades



# Información adicional

---



# Información adicional

---

- Sociedades:
  - Medical Expeditions
  - International Society for Mountain Medicine
  - UIAA
  - Wilderness Medical Society
- Revistas y publicaciones:
  - High Altitude Medicine and Biology
  - The High Altitude Medicine Handbook
  - High Altitude Medicine and Physiology

# Información adicional

---

- Información:
  - Emedicine
  - CIWEC Clinic Travel Medicine Center
  - Himalayan Rescue Association
  - High Altitude Medicine Guide



[www.cau.cl](http://www.cau.cl)



sirarraz@uc.cl