

# Entrenamiento en Hipoxia

PROF. LIC. FUSARI FEDERICO

---

P.P. III  
Tecnología y Deporte

# La idea general es:

---

Si se somete al organismo a una exposición prolongada de **hipoxia** (falta o reducción de oxígeno), se produce una adaptación en el organismo que ayuda a mejorar el rendimiento una vez que se vuelve al nivel del mar.

---

La primera vez que se utilizó esta forma de entrenamiento deportivo fue a finales de los 60 para poder participar en los Juegos Olímpicos de México 68, que se desarrollaron a 2300 mts de altitud.

# Evolución Histórica

---

El primero en estudiar la influencia de la altura con fines deportivos fue el fisiólogo suizo/ francés [Bert en 1878](#) , observo que la altura condicionaba el rendimiento físico, disminuyéndolo, ya que como consecuencia de la menor presión barométrica se producía una menor presión arterial de oxígeno.

# Paul Bert

---



---

En 1906 , Sunnis y sus colaboradores estudiaron los problemas crónicos que se producían el altitudes medias y elevadas.

Tras la I Guerra Mundial, Haldane ( 1935), Priestley (1937), Dill (1938) y Henderson (1939) trataron de establecer la influencia de la altura en la respiración y el metabolismo del oxigeno en hipoxias agudas o crónicas.

---

Tras la II Guerra Mundial, el nivel y número de estudios se disparó.

El desarrollo de los métodos de entrenamientos se produce para ayudar a los pilotos de combate.

# En el ámbito deportivo

---

Los juegos olímpicos de México a desarrollarse a 2300 mts fue un incentivo.



---

Además la aparición de Adebbe Bikila (fue un atleta (etíope Además la aparición de Adebbe Bikila (fue un atleta (etíope, dos veces ganador de la maratón olímpica -1960 Roma, 1964 Tokyo -.Fue el primer atleta africano que consiguió ganar una medalla de oro en los juegos olímpicos).



---

Hizo que los entrenadores y científicos del deporte vieran en el entrenamiento en altura una nueva herramienta.

Paradójicamente: En los Juegos Olímpicos de México 1968, Bikila fue afectado por la altitud, por lo que se vio forzado a abandonar la prueba tras haber recorrido 17 kilómetros

# Bikila

Adidas, la empresa de indumentaria de origen alemán, auspició las Olimpiadas de Roma 1960 como "proveedor oficial". Sin embargo, cuando el etíope Abebe Bikila fue a buscar un par de zapatillas para participar en el maratón, no encontró uno que en el que cupieran cómodos sus grandes pies.

Sin calzado confortable, Bikila tomó una determinación insólita: correr descalzo los 42,195 kilómetros. Como sus plantas estaban acostumbradas a surcar los más ásperos caminos africanos, el corredor que había llegado a Roma por casualidad, debido a la lesión de un compatriota, sorprendió con un inobjetable triunfo, que estableció un nuevo récord mundial sobre las empedradas calles de la Ciudad Eterna, iluminadas por una enorme luna.

Tras cruzar triunfante el Arco de Constantino, frente al majestuoso Coliseo, el campeón aprovechó su momento de gloria para, de alguna manera, 'vengar' los casi 40 años en los que su nación fue sojuzgada por el poderío italiano, la mitad de ese tiempo bajo el régimen de Benito Mussolini. Italia soltó su presa al finalizar la Segunda Guerra Mundial, y recién entonces la nación africana recuperó su independencia.

"Quería que el mundo supiera que mi país, Etiopía, ha ganado siempre con determinación y heroísmo", sostuvo Bikila. Pero los dueños de casa tuvieron su 'vendetta': durante la ceremonia de entrega de premios, los músicos de la banda oficial, que no sabían el himno de Etiopía, interpretaron el de Italia.

Cuatro años más tarde, Bikila llegó a Tokio para los Juegos de 1964 apenas seis semanas después había sido operado de apendicitis. Sin embargo, el descomunal fondista –esta vez con los pies revestidos por zapatillas marca 'Puma'– no sólo se impuso con absoluta comodidad, sino que bajó el récord mundial a las 2 horas, 12 minutos y 11 segundos.

---

En 1966 , Rahn analizo de que forma la concentración de oxígeno en los tejidos a medida que subía la altura .

A medida que ascendemos se reduce el oxígeno en el paso de los capilares, y por lo tanto en la mitocondria.



---

En 1965 Hollman fue el primero en trabajar con deportistas.

En 1967 aparecen los primeros centros de entrenamiento en altura ( Saint Moritz, Font Romeu, Salt Lake City).



# A partir de los 80

---

Las investigaciones empiezan a demostrar:

Después de estadías en alturas medias de 2000-2300 mts es posible mejorar el rendimiento de ciertas capacidades físicas dependiendo del tiempo de estadía.

---

En todos los estudios se demuestra que el planteamiento clásico del entrenamiento en altura es eficaz.

Levin y Stray-Gundersen demostraron la eficacia del concepto “living High , training Low”. Vivir arriba, entrenar abajo.

# Efectos Físicos de la Altura

---

Alturas entre 1800 y 3000 m es donde se alcanzan las **mejores adaptaciones** para la mejora del rendimiento.

A partir de los 3000 m es muy grande el estrés creado por el estímulo de la falta de oxígeno para llegar a adaptarse.

A partir de los 6000 m ya no es posible la adaptación.

---

A medida que se asciende , la presión de oxígeno disminuye , lo cual afecta a la captación de oxígeno a través del alveolo.

Esta baja presión barométrica y su consecuencia en el organismo de hipoxia es la que genera la respuesta fisiológica que dará como resultado un cambio en la composición sanguínea y en las diversas enzimas y sistemas aeróbicos de captación.

---

Otro aspecto es la disminución de la temperatura y humedad relativa en el aire.

Aumento de la radiación solar

La fuerza de gravedad disminuye en proporción al cuadrado de la distancia al centro de la tierra.(....

---

(.... Es decir que el tiempo de vuelo y la distancia recorrida por un cuerpo es mas elevado en altitud que a nivel del mar).

De ahí que los mejores resultados de México 68 se dieran en saltos y lanzamientos.

---

Todos estos cambios hacen que el organismo ponga en funcionamiento todos sus mecanismos de adaptación:

Agudos (poco tiempo)

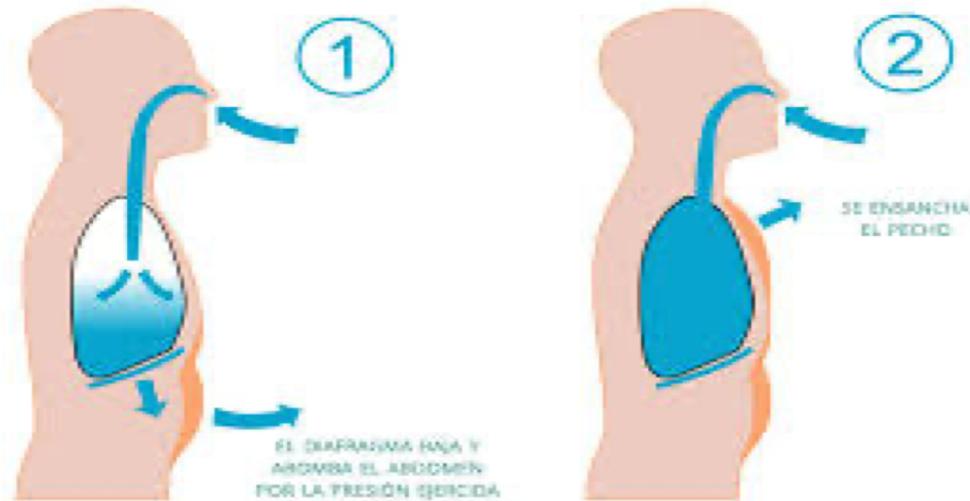
Crónicos (largo tiempo)

Los últimos generan además un efecto prolongado en el tiempo de hasta 60 días.

# Estas adaptaciones son:

---

**Hiperventilación:** primera rta, que se produce como consecuencia de la disminución de la presencia de oxígeno en sangre debido a la menor presión arterial.



---

**Aumento de la Frecuencia cardiaca en reposo:** este aumento se da en la fase aguda.

**Hemoconcentración:** para que el transporte de oxígeno sea más eficiente, el organismo elimina líquido y hace que la sangre se concentre más, lo que da lugar a un aumento del hematocrito.

**Aumento del pH sanguíneo:** debido a la hiperventilación hay una pérdida excesiva de  $\text{CO}_2$ , y esto trae como consecuencia la alcalinización de la sangre.

## Todas estas adaptaciones se dan en reposo

---

En ejercicio: tanto la ventilación como la frecuencia cardiaca permanecen elevadas durante toda la estadía, se reduce el VO<sub>2</sub> max.

A partir de las dos semanas de estadía la producción de glóbulos rojos se hace significativa.

---



Este aumento se debe a la mayor producción de Eritropoyetina (EPO)

---

### ERITROPOYETINA (EPO)

LA ERITROPOYETINA ES UNA HORMONA PRODUCIDA POR EL RIÑÓN, CUYA FUNCIÓN ES MANTENER CONSTANTE LA CONCENTRACIÓN DE GLÓBULOS ROJOS EN LA SANGRE.

---

Las adaptaciones que se dan a nivel muscular son las que mas importancia tienen en el esfuerzo y tienen un carácter mas duradero cuando se regresa a nivel del mar.

Son las que mas ayudan a mejorar el rendimiento deportivo.

Cuando la estadía se prolonga lo suficiente en el tiempo y la intensidad y el volumen son adecuados se producen mejoras en el rendimiento aeróbico.

---

# Entrenando en altura

---

Las adaptaciones están relacionadas a la metodología utilizada y a su vez la adaptación individual.

**Clásica:** 15 a 21 días y regreso a nivel del mar entre 18 y 24 días antes de la competición.

---

En la actualidad la propuesta es hacer solo los entrenamientos de calidad a nivel del mar y permanecer en altura de 18 a 20 hs diarias.



# Altura y días de permanencia

---

Días de estadía	Altura recomendada
15-21	2.300 m ++
21-24	2.300 m
21-30	1.800 m
+ 30	1.800 (menos)

# Fatiga en la Altura

---

Aumenta en la altura.

Hay que tener cuidado a la hora de favorecer los procesos de recuperación.

Glucogeno es el mas afectado.

Perdida de electrolitos.

La síntesis de proteínas se ve afectada.

# Control del entrenamiento

---

Composición corporal: control antropométrico para calcular la composición corporal.

Frecuencia cardiaca en reposo: control diario.

Urea: por debajo de 30 mg/dl valor normal, en situación de entrenamiento no se debería superar los 40 mg/dl y si se supera los 50 mg/dl es preciso disminuir la carga.

Creatin quinasa (CK): se debe medir en ayunas. Normal entre 300 mg/dl y 500 mg/dl. Es preciso bajar la carga ante valores superiores a los 700 mg/dl.

# Otras herramientas

---

En la actualidad se han tenido acceso a una serie de nuevas aplicaciones tecnológicas.

```
graph TD; A[Aplicaciones tecnológicas] --- B[Tiendas Normoxia]; A --- C[Hipoxia Intermitente (IHT)];
```

Aplicaciones  
tecnológicas

Tiendas  
Normoxia

Hipoxia  
Intermitente (IHT)

---

Las tiendas simulan las condiciones de altura. Mediante un compresor insuflan aire empobrecido en oxígeno, sin que varíe la presión de este.



# Hipoxia intermitente (IHT)

---

Sesiones de 60 a 75 min., en las que de manera cíclica se aplican trabajos de 5.500 / 6000 m de altura y periodos de recuperación con aire a nivel del mar .

15 a 20 sesiones seguidas.

Incrementa la producción de EPO.

# BIBLIOGRAFIA

---

Entrenamiento Deportivo, Naclerio, F, 2011 . Sección VI: Entrenamiento en Hipoxia , Bataller García Alberto.

# NUESTROS LUGARES

---

1. **El CAR de La Quiaca** existe desde 1998 y fue introducido a la fama ese mismo año, al alojarse allí la selección de fútbol que preparaba Daniel Passarella. Pero, pasado ese impulso, cayó en el olvido y sólo fue considerado alternativa por deportistas de las provincias norteañas.

Antes de partir, Georgina señaló: “Los nadadores argentinos vamos siempre a Sierra Nevada, en España. Hasta ahora no entiendo por qué no aprovechamos el CAR, que es nuestro y además está 700 metros más arriba que el CAR español”.

# Nuestros lugares

---

La Quiaca está ubicada a 370 kilómetros de San Salvador de Jujuy, a una altura de 3.450 metros sobre el nivel del mar. Tiene 1.500 habitantes.  
(CAR)



## 2. CACHI (Salta)

---

Emplazado a 2280 metros del nivel del mar, en **Cachi** se encuentra uno de los **principales centros de entrenamiento de altura del país**, inaugurado en el 2010.

**Miles de deportistas lo visitan durante el año, principalmente para hacer uso de la pista de atletismo**, una de las más modernas del país. Además cuenta con una piscina de 25 metros de largo, salón con piso flotante de madera para la práctica de distintas disciplinas deportivas y artísticas y un playón cubierto, vestuarios, sanitarios para el público, palco para autoridades y tribunas y escenario.

