

# MOOC sobre Sierra Nevada

## MÓDULO 6

### 6.3. EL DEPORTE DE ALTO NIVEL EN SIERRA NEVADA

Por **Javier Arguelles Cienfuegos, Alfonso Sánchez Bernard**

Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada, Consejo Superior de Deportes

---

#### 1. El deporte de alto nivel en Sierra Nevada

Cuando se relaciona el deporte de alto nivel y Sierra Nevada se tiende a pensar en deportes de nieve y montaña. Y tiene sentido, algunos de los mejores resultados españoles de la historia en estas disciplinas, provienen de deportistas locales de Sierra Nevada, como es el caso de Regino Hernández en snowboard, M<sup>a</sup> José Rienda y Carolina Ruiz en esquí alpino, Ana Alonso en esquí de montaña, Reyes Santa Olalla y Rocío Delgado en esquí freestyle, Nico Molina en carreras por montaña y Victoria Padial en biatlón.

Pero desde el año 1992 con la creación del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada del Consejo Superior de Deportes, son numerosos los deportistas, de distintas modalidades, los que se acercan a Sierra Nevada desde todos los rincones del mundo, para beneficiarse de las características geográficas, las instalaciones y los servicios de apoyo deportivos que ofrece el CAR de Sierra Nevada.

En esta cápsula vamos a hablar de la importancia de la altitud en el rendimiento deportivo y de las ventajas que ofrece Sierra Nevada a los deportistas de alto rendimiento que apuestan por desplazarse hasta allí para realizar su preparación.

#### 2. ¿Qué es la altitud y la hipoxia?

En geografía, la altitud es la elevación de un punto de la Tierra respecto al nivel del mar.

Sierra Nevada es el macizo montañoso de mayor altitud de toda Europa occidental, después de los Alpes. Su altitud máxima se alcanza en el pico Mulhacén, de 3479 m sobre el nivel del mar. Y dentro de Sierra Nevada, Pradollano con sus 2.078-2.400 m, es el núcleo de población ubicado a mayor altitud de toda España.

En altitud, la composición del aire no varía, aunque estemos en diferentes puntos del planeta, ya sea en la cima del Everest (8848m), en el CAR de Sierra Nevada (2320m), o en la playa de Motril (0m), aproximadamente, el 78% del aire estará compuesto de nitrógeno, el 21% de oxígeno y el 1% restante será una mezcla de diferentes gases.



# MOOC sobre Sierra Nevada

Sin embargo, no todo permanece inmutable a medida que aumentamos en altitud. La temperatura disminuye un grado aproximadamente cada 154m y la presión atmosférica disminuye aproximadamente 10 mmHg cada 100m. La presión atmosférica es la presión que ejerce el aire sobre una superficie, así que, cuanto mayor sea la altitud a la que nos encontramos dentro de la atmósfera, menos aire tendremos por encima ejerciendo presión y más fino será este. Precisamente estos cambios en la presión atmosférica son los que resultan más relevantes en el deporte. En conclusión, no es que haya menos aire, sino que se encuentra más “separado” porque tiene menos presión.

La disminución de la presión atmosférica dificultará la entrada del oxígeno a nuestro organismo. Esta dificultad en la difusión de oxígeno explicada por una disminución en su presión parcial provoca una menor disponibilidad de oxígeno en nuestra sangre, células y tejidos. Cuando este déficit de oxígeno pone en compromiso la función del organismo, hablamos de hipoxia. A la condición habitual, con niveles normales de oxígeno en el organismo característica de las bajas altitudes, la denominamos normoxia.

La hipoxia provoca un estrés en el organismo que puede conllevar respuestas adaptativas beneficiosas o perjudiciales en función de cómo sea esa dosis hipóxica a la que estemos expuestos. De la misma manera que ocurre con los medicamentos, dosis bajas aplicadas con poco tiempo de exposición a la altitud, o bajas altitudes, serán inocuas o ineficaces; de modo contrario, dosis altas provocadas por altitudes muy elevadas, ascensos muy rápidos o tiempos de exposición muy prolongados, pueden tener efectos adversos en nuestra salud y rendimiento deportivo.

### 3. ¿Por qué es relevante la altitud en el deporte?

El interés por el rendimiento deportivo y la altitud, o hipoxia, surge a raíz de la celebración de los Juegos Olímpicos de México en 1968. La sede de estos Juegos se situó en Ciudad de México, a una altitud de 2240m.

Si tomamos como ejemplo el deporte de atletismo durante los Juegos de México, podemos observar como las pruebas en las que se alcanzan velocidades más elevadas se vieron facilitadas por el efecto de la altura y la reducción de la resistencia aerodinámica explicada por una menor presión atmosférica y un aire menos denso. Como consecuencia, en 13 de estas 14 pruebas de sprint, saltos y lanzamientos se batieron records mundiales y/o olímpicos.

En contraste, no se pudo obtener ningún record en pruebas de fondo o medio fondo, exceptuando la prueba de 800 m. Los medallistas de oro en las pruebas de 1.500 m, 3.000 m obstáculos, 5.000 m, 10.000 m y maratón (42.195 m) corrieron un 1%, 5%, 6%, 7% y 8%, respectivamente, más lento que los records del mundo vigentes en ese mismo año de 1968. También se pudo observar una ventaja competitiva en los atletas nativos de zonas de altitud y en los atletas que habían realizado estancias de preparación en altitudes similares a la de la Ciudad de México. Como dato curioso, los atletas



# MOOC sobre Sierra Nevada

procedentes del altiplano central de Kenia fueron capaces de conseguir el 39% de las medallas de las pruebas comprendidas entre los 800m y la maratón.

Los Juegos Olímpicos de 1968 fueron el experimento perfecto para demostrar como la influencia de un aire menos denso en altitud permite obtener mayores velocidades máximas, en pruebas de corta duración. Y cómo la disminución de la presión parcial de oxígeno empeora las velocidades medias de carrera, en pruebas de media y larga duración, al dificultar la obtención de energía metabólica necesaria para realizar estos esfuerzos, proveniente de la oxidación de azúcares y grasas.

Por lo tanto, si midiésemos lo lejos que somos capaces de chutar una pelota en un campo de fútbol de Granada y replicamos la medida en el campo de fútbol del CAR de Sierra Nevada a 2.320m observaremos como la pelota recorre más distancia en Sierra Nevada debido a la menor resistencia del aire y su mayor velocidad de vuelo. Así, si contamos el número máximo de vueltas capaces de correr durante una hora alrededor de la pista de atletismo de Motril y replicamos la prueba en la pista de atletismo del CAR de Sierra Nevada, observaremos que el número se reduce.

#### 4. ¿Cómo puedo utilizar la altitud de Sierra Nevada para mejorar mi rendimiento?

En el deporte de élite, hay dos motivos para hacer entrenamiento en altitud:

- Competición en altitud: La altitud, como hemos visto ya, incide en el rendimiento de forma variada según las características de la prueba deportiva. La finalidad de este entrenamiento es adaptarse a los efectos de la altitud para minimizar los aspectos negativos. Se estima necesaria una adaptación mínima previa de 2 semanas que se verán incrementados dependiendo de la altitud de la competición, viajes, jet-lag, etc.
- Competición a otras altitudes inferiores (nivel del mar): Se utiliza el entrenamiento en altitud como un medio de entrenamiento, buscando mediante una estrategia planificada aprovechar las ventajas que ofrece para el rendimiento posterior. Esta segunda orientación es la mayoritaria y la que vamos a desarrollar.

Hay diferentes acercamientos al entrenamiento en altura en función del tipo de deporte que practiquemos, el momento de la temporada en el que nos encontremos, nuestra experiencia previa, la cercanía temporal de nuestras próximas competiciones, la altitud a la que se desarrollarán, etc. La estrategia más tradicional y utilizada por los deportistas que acuden al CAR de Sierra Nevada es la denominada: "Vivir alto-Entrenar alto". Esta estrategia de entrenamiento en altitud busca, como adaptación principal, la mejora del transporte de oxígeno en sangre por los glóbulos rojos y la hemoglobina (factores hematológicos). Estas mejoras en la serie roja explican la mejora del consumo máximo de oxígeno por parte del atleta (capacidad máxima de absorber, transportar y utilizar oxígeno durante el esfuerzo). Otras adaptaciones observadas a nivel muscular (adaptaciones periféricas) están adquiriendo cada vez más interés por parte de la comunidad científica, al ser responsables también, de mejoras significativas en el rendimiento deportivo e incluso la salud. Algunas de estas adaptaciones positivas son aumento de la capilarización, aumento de la



# MOOC sobre Sierra Nevada

mioglobina, el aumento de la actividad enzimática y la capacidad oxidativa y mejora de la capacidad taponadora frente a la acidez generada por el esfuerzo anaeróbico láctico.

A continuación, describimos las tres partes principales en las que diferenciamos una concentración tipo, de entrenamiento en altitud:

1. Fase inicial de aclimatación. Esta fase es crítica para el éxito de la concentración ya que un entrenamiento demasiado intenso en estos primeros días, o una mala recuperación o hidratación serán difícilmente compensadas después. Normalmente esta fase de aclimatación tiene una duración de 7 a 10 días para deportistas sin experiencia en entrenamiento en altitud, pero puede acortarse en deportistas con experiencias previas.
2. Fase central de entrenamiento. Se caracteriza por un aumento progresivo del volumen de entrenamiento hasta niveles similares a los realizados en normoxia. Después del aumento de volumen se puede aumentar progresivamente la intensidad. Esta fase suele tener una duración de 2-3 semanas.
3. Fase preparación de vuelta a normoxia. Los últimos días de la concentración en altura están destinados a una recuperación fisiológica y mental de la fatiga inducida por la concentración. Esta fase estará modificada en duración e intensidad por la cercanía de las competiciones.

Otras estrategias frecuentes realizadas por los entrenadores y deportistas durante sus concentraciones en altitud son las de “Vivir alto-Entrenar bajo”; “Vivir alto-Entrenar alto y bajo”; “Vivir alto-Entrenar alto y más alto”, etc.

Pero estas estrategias que combinan distintas condiciones de hipoxia y normoxia de trabajo y descanso en el mismo día, pueden realizarse en contadas ubicaciones en el mundo, como es el caso del CAR de Sierra Nevada. El entorno natural, las infraestructuras y las buenas comunicaciones entre el CAR de Sierra Nevada y las poblaciones y espacios cercanos lo convierten en un lugar único donde combinar entrenamientos en entornos e instalaciones de gran calidad y diferentes alturas, en 30 minutos de desplazamiento.

Buena cuenta de ello la tienen nuestros equipos nacionales de diferentes deportes como el remo y piragüismo con sus entrenamientos en el embalse de Cubillas y de Canales, ciclistas que pueden pedalear en el mismo día en rangos de altitud de 0 a 3.000m, atletas, triatletas y nadadores que pueden intercalar el uso de instalaciones específicas entre Granada y Sierra Nevada en menos de 40 minutos. Y un largo etcétera de deportes y posibilidades.

La configuración de estas estrategias de entrenamiento que combinan diferentes alturas pretende optimizar las adaptaciones según sus objetivos principales. La exposición a la hipoxia moderada en el



# MOOC sobre Sierra Nevada

CAR de Sierra Nevada se utiliza para periodos pasivos de vida, descanso y noches, y entrenamientos de intensidad ligera y moderada, técnicos, tácticos, entrenamientos de fuerza, velocidad, explosividad y otros entrenamientos complementarios. Los entrenamientos en normoxia se utilizarían para mantener estímulos de entrenamientos a una intensidad alta favorecidos por una mayor oxigenación de altitudes más bajas. Y los entrenamientos en altitudes superiores, por encima de los 3.000m, son utilizados para realizar esfuerzos repetidos de muy alta intensidad y baja duración (<30 segundos) que mejoran la resistencia a la fatiga a esfuerzos de alta intensidad.

## 5. ¿Qué otros factores debo tener en cuenta para que mi estancia sea un éxito?

La altitud en deportistas experimentados supone un estrés suplementario que, si está bien planificado, repercutirá favorablemente en el rendimiento deportivo y la salud. A la inversa, si no se maneja correctamente puede tratarse de un factor de riesgo suplementario.

## 6. ¿Es importante mi estado de salud antes de comenzar mi concentración en altitud?

Si, sabemos que en altitud se aumenta el riesgo de padecer infecciones de las vías respiratorias. Las enfermedades disminuirán nuestras adaptaciones hematológicas del mismo modo que lo hará una baja disponibilidad de hierro. Por lo que un sistema inmune fuerte y unos correctos depósitos de hierro serán objetivos previos al inicio de la estancia.

## 7. ¿A qué altitud debo realizar mi estancia?

Diferentes estudios científicos se han centrado en esta cuestión concluyendo que una altitud entre los 2200 y 2500m sería una altitud óptima para mejorar el transporte de oxígeno. Estancias en altitudes superiores a los 3.000m conllevan importantes riesgos de problemas de sueño y recuperación.

## 8. ¿Qué duración debe tener?

Se recomiendan un mínimo de 3 semanas para favorecerse de adaptaciones hematológicas, siendo 4 semanas lo ideal. La masa total de hemoglobina, relacionada con el transporte del oxígeno en sangre, mejora aproximadamente un 1% cada 100 horas de exposición entre 2.200 y 2.500m.

¿Cuándo debo descender de la altitud antes de una competición?

Se suelen utilizar dos ventanas de rendimiento favorable para ubicar las competiciones después de una estancia en altitud. A los 2-3 días, o a los 17-22 días, si bien hay importantes diferencias individuales. Es recomendable estudiar la readaptación a normoxia de los deportistas para optimizar los resultados.

## BIBLIOGRAFÍA



# MOOC sobre Sierra Nevada

1. WILBER, Randall L. Altitude Training and Athletic Performance. Human Kinetics. Estados Unidos. 2003.
2. MILLET, Grégoire; SCHMITT, Laurent. S'entraîner en altitude. De boeck. Bruselas, Bélgica. 2011.
3. DURAND, Fabienne; JORNET, Kilian. Physiologie des sports d'endurance en montagne. De boeck. Bruselas, Bélgica. 2012.
4. MILLET, Grégoire; GIRARD, Olivier. Je. Bouge en altitude. Planète Santé. Chêne-Bourg, Suiza. 2020.

