



FACULTAD DE  
CIENCIAS DEL DEPORTE

Universidad de Granada



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

# Propuesta de uso combinado de ejercicio físico e hipoxia en la mejora de la condición física y la salud en personas con riesgo cardiovascular

---

TRABAJO FIN DE GRADO DE CIENCIAS DE LA  
ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Iñaki Vilariño Fraile  
CCAFD | GRANADA

TUTORA: MARÍA BELÉN FERICHE FERNÁNDEZ-CASTANYS

# Propuesta de uso combinado de ejercicio físico e hipoxia en la mejora de la condición física y la salud en personas con riesgo cardiovascular

<b>Resumen</b> .....	2
<b>Abstract</b> .....	2
<b>Palabras clave</b> .....	2
<b>Introducción</b> .....	3
<b>Contextualización</b> .....	4
Enfermedad cardiovascular .....	4
Enfermedad cardiovascular y ejercicio físico.....	5
Hipoxia .....	7
Tipos de aplicación de la hipoxia terapéutica.....	7
Adaptaciones fisiológicas a la hipoxia.....	9
Hipoxia y enfermedad cardiovascular .....	10
Dosis .....	11
<b>Propuesta de Planificación</b> .....	12
Contextualización de la propuesta.....	12
Objetivos de la propuesta .....	12
Preparación/materiales .....	13
Metodología.....	15
Entrenamiento Ondulante .....	16
Evaluación del programa.....	35
Control general de la evolución del programa.....	35
Control intra-sesión de las sesiones de normoxia.....	36
Control intra-sesión de las sesiones de hipoxia .....	37
<b>Autoevaluación y desarrollo profesional</b> .....	38
<b>Agradecimientos</b> .....	40
<b>Anexos</b> .....	41
<b>Bibliografía</b> .....	44

## Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado aúna los conocimientos obtenidos a lo largo del Grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en la Facultad de Granada. Con éste, se pretende contextualizar el estado de la prevención sobre la Enfermedad Cardiovascular (ECV) en España, completándola con una aportación novedosa que incluye el uso terapéutico de la hipoxia junto al ejercicio físico para la reducción del riesgo de ECV. El trabajo culmina con la presentación de una planificación Ondulante que incorpora periodos de Entrenamiento de Hipoxia Intermitente.

A lo largo del trabajo se detallarán los efectos potenciales de la hipoxia y de su combinación con el ejercicio físico sobre diferentes parámetros fisiológicos en pacientes sanos, con riesgo ECV y con ECV activa, así como los aspectos a tener en cuenta para reducir el riesgo de accidente de cualquier tipo durante la aplicación de esta metodología.

## Abstract

This Final Degree Project combines the knowledge obtained throughout the Degree in Physical Activity and Sport Sciences at the Faculty of Granada. It aims to contextualize the state of prevention of the Cardiovascular Disease (ECV) in Spain, completing it with a novel contribution that includes the therapeutic use of hypoxia and physical exercise to reduce the risk of ECV. The analyze culminates with a proposal of an Undulating plan incorporating Intermittent Hypoxia Training periods.

Throughout the work, the potential effects of hypoxia and its combination with physical exercise on different physiological parameters in healthy patients, patients with ECV risk and with active ECV will be detailed, as well as the aspects to be taken into account to reduce the risk of any type of accident during the application of this methodology.

## Palabras clave

Hipoxia, entrenamiento en hipoxia, riesgo cardiovascular, enfermedad cardiovascular, ECV, ejercicio físico, salud. Hypoxia, hypoxia training, cardiovascular risk, hearth disease, phisical activity, health.

## Introducción

La propuesta está destinada al establecimiento de pautas y recomendaciones generales de entrenamiento, así como la propuesta de un modelo de planificación anual y el desarrollo de un mesociclo de acondicionamiento en hipoxia intermitente normobárica para personas con riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV).

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) en su última actualización de 2020, la principal causa de muerte en España hoy en día procede de las enfermedades cardiovasculares, seguidas del cáncer y enfermedades infecciosas, estas última derivadas de la pandemia por la COVID (Anexo 1). Actualmente el gasto de la enfermedad cardiovascular para el Sistema Nacional de Salud es de más de 9.000 millones de euros al año, cantidad que se eleva hasta los 192.000 millones de euros en el conjunto de la Unión Europea (UE). El tratamiento de estas patologías se traduce en un 7,1 % de todo el gasto sanitario nacional, poniendo de manifiesto la enorme carga económica que constituyen las enfermedades cardiovasculares tanto en nuestro país como en la UE (Fundación española del corazón, 2017)

El estudio de Laukkanen et al (2006) relacionó la capacidad aeróbica con el riesgo de muerte por cualquier causa. En dicho estudio se reveló que una persona con 6,5 MET de capacidad aeróbica, o lo que es lo mismo  $23 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  de consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ), tiene cuatro veces mayor riesgo de sufrir una muerte por cualquier causa que una persona con un MET de 9,5. Estudios como este ponen de manifiesto la importancia de mejorar la condición física de cualquier persona. Sin embargo, a pesar de la eficacia observada del ejercicio físico como medida eficaz en la prevención y tratamiento de la enfermedad cardiovascular, hoy en día la regularización de su aplicación de la mano de equipos multidisciplinares que incorporen profesionales del ámbito del deporte apenas se ha extendido en el ámbito sanitario.

Por todo ello se evidencia la importancia de promocionar la práctica regular de ejercicio físico y concretar programas adaptados de intervención que faciliten el acceso a este tipo de terapia en poblaciones con riesgo de ECV, a la vez que se contribuye controlar su impacto en el gasto sanitario.

# Contextualización

## Enfermedad cardiovascular

Para hablar de ECV y de riesgo de enfermedad cardiovascular (RECV) es importante conocer la estructura del sistema cardiocirculatorio. Este sistema se compone de tres partes principales: 1) la sangre compuesta por diferentes elementos sanguíneos, que se encarga de transportar O<sub>2</sub>, nutrientes y elementos de desecho; 2) el corazón, bomba muscular que expulsa la sangre al resto del cuerpo; y 3) los vasos sanguíneos, responsables de canalizar la sangre desde el corazón a todas las partes del cuerpo y devolverla de nuevo al corazón. Por tanto, hablamos de ECV y no cardíaca, puesto que cualesquiera de las partes pueden estar afectadas. Normalmente la ECV conlleva una afectación a nivel cardíaco, aunque la causa no tiene por qué ser un fallo directo del musculo cardíaco.

Tradicionalmente en la ECV se separan dos tipos diferentes de afección que pueden provocar un evento similar, de tipo congénito o como respuesta a algún factor de riesgo de enfermedad cardiovascular o RECV.

Según la *Fundación Española del Corazón*, el RECV es el riesgo que una persona tiene de sufrir un accidente cardiovascular próximo, estableciéndose diferentes niveles; bajo, medio y alto. El nivel de riesgo se determina en función de 10 factores:

1. Dislipidemia / Colesterolemia
2. Diabetes mellitus
3. Enfermedad periodontal
4. Estrés y ansiedad
5. Inactividad física
6. Frecuencia cardíaca en reposo
7. Hipertensión
8. Mala alimentación
9. Obesidad
10. Tabaco y tabaquismo

Cada uno de estos factores es suficiente por sí solo como RECV, pero algunos de ellos necesitan de especial atención por su potencial relevancia durante la práctica de actividad física, por lo que es importante determinar los riesgos de cada uno y cómo controlarlos.

Según fuentes europeas (Cosmea, 2001), la dislipemia es el factor más importante de RECV, factor agravado con un bajo colesterol de alta densidad (HDL) y un elevado colesterol total, seguido de la hipertensión, diabetes y tabaquismo (Anexo 2). La edad juega también un papel muy importante, pero, dado que es un factor que no puede ser reducido, sólo se tiene en cuenta, aunque no se actúe sobre él.

## Enfermedad cardiovascular y ejercicio físico

Según la *Guía de Ejercicio y Actividad Física de la European Society of Cardiology*, la práctica de ejercicio físico regular reduce el riesgo de muchos desenlaces cardíacos adversos, con independencia de la edad, sexo, etnia o las posibles comorbilidades. Se estima que los eventos adversos de un persona que realiza ejercicio físico se reducen entre un 20-30% en comparación con personas sedentaria (Pelliccia et al., 2021). Por este motivo, diversos organismos se postulan a establecer recomendaciones de actividad física. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud recomienda realizar 150 min de ejercicio de resistencia moderada distribuidos en 5 días a la semana, o 75 min de ejercicio vigoroso distribuidos en 3 días a la semana. La actividad física que contempla ejercicios de fuerza precisa de ciertas precauciones en función del factor de riesgo.

La preparación de un programa de entrenamiento con pacientes con RECV precisa, en primer lugar, determinar la magnitud del propio riesgo. Para esta valoración puede aplicarse el *Systemic Coronary Risk Evaluation (SCORE)*, procedimiento que estima el riesgo de mortalidad por un evento cardiovascular en 10 años (Szyndler et al, 2017). En función del riesgo, se agrupa al usuario y se establecen las medidas de supervisión y pruebas necesarias antes del inicio de un programa de ejercicio físico (Pelliccia et al., 2021):

- Riesgo bajo-medio activas. Las personas catalogadas con este riesgo no tienen limitaciones en cuanto a la intensidad del ejercicio, y aunque no es estrictamente necesario, sí deben realizar una prueba de esfuerzo previa para valorar su estado y detectar la existencia de cualquier problema cardiovascular oculto.
- Riesgo bajo-medio sedentarias o de riesgo alto-muy alto. Las personas catalogadas con este riesgo pueden realizar actividad física de baja intensidad sin prueba de esfuerzo previa. Si quieren realizar actividad física de alta intensidad es imprescindible la prueba de esfuerzo con integración de electrocardiograma, además de otras pruebas médicas complementarias que determine el facultativo.

Una vez determinado el riesgo, se debe adecuar el programa de ejercicio a los factores de riesgo identificado:

- Obesidad. Se considera obesidad un Índice de Masa Corporal (IMC) mayor a 30. Cuando el paciente aparenta poseer un elevado porcentaje de masa magra se recomienda determinar su % graso y valorar su grado de obesidad a partir de medidas complementarias, tales como pliegues corporales y circunferencias de cadera y cintura. Desde el punto de vista cardiovascular, la obesidad se asocia, entre otras cosas, a hipertrofia ventricular izquierda, hipertensión, disfunción ventricular sistólica, hipervolemia compensadora, insuficiencia cardíaca e infiltración grasa pericárdica y miocárdica (Alemán Abellán et al., 2010).

- Hipertensión, presión arterial sistólica persistente  $\geq 140$ mmHg, presión arterial diastólica  $\geq 90$  mmHg o ambas. Las personas con cifras por encima de 160/105 normalmente reducen su tensión con tratamiento farmacológico antes de realizar un programa de ejercicio físico. Cuando se realiza, es muy importante evitar la maniobra de Valsalva para evitar elevaciones significativas de la Presión Arterial.
  
- Diabetes en sus dos tipos, la *Diabetes Mellitus tipo 1* o congénita, y la *tipo 2*, muy relacionada con la inactividad física. Existe una relación dosis-respuesta entre la intensidad y el volumen de ejercicio y la duración de la captación de glucosa por el músculo esquelético, que puede incluso extenderse hasta 48 h post-ejercicio. Estos factores deben considerarse en pacientes diabéticos que participan en ejercicios intensos o deportes de competición para evitar hipoglucemias (Pelliccia et al., 2021).
  
- Dislipemia, se considera con colesterolemia  $> 200$ ml/dl y se agrava si además tiene un colesterol de alta densidad HDL inferior a 50 ml/dl. Para los pacientes con hipertrigliceridemia o hipercolesterolemia, se recomienda una intensidad de ejercicio mayor por su beneficio sobre el perfil lipídico y reducción del riesgo cardio vascular (Álvarez et al., 2013).

Para finalizar, si un paciente presenta varios de los factores de riesgo desarrollados, se deberá organizar la práctica deportiva atendiendo a las pautas del factor más restrictivo.

## Hipoxia

### Tipos de aplicación de la hipoxia terapéutica

Entendemos por hipoxia ambiental la reducción de la presión parcial de oxígeno ( $PO_2$ ) del aire y fracción de oxígeno inspirada ( $FiO_2$ ) que reduce la presión de oxígeno arterial ( $PaO_2$ ), provocando una hipoxia en los tejidos acorde con la severidad de la altitud de ascenso. Actualmente existen diversos equipamientos que permiten simular la hipoxia sistémica sin necesidad de acudir a la montaña (Feriche, 2023).

El entrenamiento en altitud y el uso de diversos sistemas de hipoxia artificial se han convertido en herramientas cada vez más frecuentes para entrenadores y deportistas de distintas especialidades. Actualmente, con los avances en fisiología aplicada y biología molecular, las respuestas de aclimatación y las estrategias de entrenamiento provocadas por la exposición a la hipoxia, ya sea con un patrón intermitente o continuo a corto plazo, han sido objeto de una atención renovada (Álvarez et al., 2013; Millet et al., 2016; Viscor et al., 2018)

Los ajustes fisiológicos difieren según las distintas formas de exposición a hipoxia. Evidentemente los efectos y los ajustes fisiológicos serán más o menos profundos en función de la “dosis” de hipoxia, es decir de la altitud geográfica (hipoxia hipobárica) o de la reducción en la disponibilidad de oxígeno equivalente ( $FiO_2$ ), el tiempo de exposición y la actividad con la que se combine (Garvican-Lewis et al., 2016). Se denomina hipoxia intermitente a aquella situación en que la exposición a la hipoxia viene intercalada con periodos en que se recuperan las condiciones normales de suministro de oxígeno a los tejidos (normoxia). El uso deportivo o terapéutico de la hipoxia normalmente se refiere a exposiciones intermitentes (EHI), como las que combinan la exposición a una hipoxia geográfica o simulada durante un periodo de tiempo, minutos a horas, con normoxia el resto del día durante varios días o semanas. Exposiciones continuas o crónicas a corto plazo son las que se realizan en altitud geográfica o hipoxia hipobárica durante un tiempo superior a los 3 días (EHC). Hoy en día se sabe que existen diferencias sustanciales entre los efectos de EHI y EHC, lo que sugiere que, junto a la reducción en la disponibilidad de  $O_2$  y la frecuencia de los ciclos de hipoxia-reoxigenación, los mecanismos de adaptación activados sean diferentes, o al menos, funcionen a diferente intensidad (Mateika et al., 2015).

La tecnología actual pone a nuestro alcance diferentes tipos de dispositivos que son capaces de simular la hipoxia con gran precisión sin necesidad de subir a la montaña, tales como las cámaras de hipoxia normobárica, hipobárica y máscaras de hipoxia. Pero atendiendo a la evolución histórica observamos que:

- Hace varias décadas, las cámaras de hipoxia simulada hipobárica se utilizaron para entrenar a pilotos, paracaidistas, atletas y astronautas en la antigua Unión Soviética. Estas cámaras hipobáricas generalmente se usaban con sesiones de



diarias en altitudes simuladas de entre 1500 y 3500 m, que generalmente duraban de 30 min a 3 h sesión durante 10 a 30 días (Millet et al., 2016). De estos primeros datos ya se registraron mejoras sustanciales en la salud en poblaciones hipertensa (Serebrovskaya et al., 2008)

Sin embargo, este tipo de cámaras para su uso en humanos y con otros fines (deportivo o terapéutico) son costosas de construir y precisan de personal especializado, lo que puede no ser práctico en muchos entornos de atención médica. Además, al estar presurizadas, no hay posibilidad a un rápido acceso o salida del interior de la cámara en caso de necesidad. Este tipo de hipoxia incrementa la probabilidad de aparición de los síntomas del mal de altura o de montaña (AMS). Actualmente el uso de este tipo de cámaras es muy limitado.

- Otro medio más eficiente y de bajo coste vinculado a la EHI de tipo normobárica es uso de la máscara facial conectada a un circuito de flujo y un compresor que permite modificar la severidad de la hipoxia durante la intervención. Este tipo de sistema es utilizado en deporte y en hospitales donde se reportan beneficios en pacientes intrahospitalarios con enfermedad cardíaca, así como la reducción de diferentes factores de ECV.

Este método económico y sencillo se utiliza con mucha frecuencia en la actualidad, en especial en intervenciones en reposo o con ejercicio son desplazamiento (ergómetro). Durante el ejercicio dinámico, la mascarilla y la conexión al sistema hipóxico hace que éste no sea un procedimiento del todo viable por la limitación de la movilidad, su falta de confort y la imposibilidad de ingerir líquidos o comida durante su uso.

- Finalmente están las salas o tiendas de hipoxia. Su uso en no está aún muy extendido en el ámbito sanitario. Las tiendas de hipoxia normobárica, aunque que son fáciles de transportar, relativamente económicas y fáciles de instalar en casi cualquier lado, no son muy espaciosas y no tienen un sistema de flujo lo suficientemente bueno como para controlar los carbónicos y la humedad en el aire, por lo que pueden aumentar la intensidad del estímulo de hipoxia por encima del régimen establecido por el investigador. Las salas de hipoxia normobárica deben tener dimensiones relativamente grandes, siendo mucho más costosas de fabricar y mantener. No obstante, estas salas si son compatibles con el uso de maquinaria más eficiente en el mantenimiento de la calidad del aire y sus dimensiones permiten realizar ejercicio de forma cómoda y segura.

## Adaptaciones fisiológicas a la hipoxia

La exposición a un ambiente hipóxico afecta prácticamente en todos los sistemas. El proceso de adaptación comienza por la activación del factor inducible por hipoxia (HIF) en su forma 1 (HIF-1), que actúa sobre los factores de la respuesta celular a la hipoxia, como son la eritropoyetina, transferrina, factor de crecimiento insulínico-2, transportadores de la glucosa y enzimas gluciolíticas, entre otros (Lizamore & Hamlin, 2017). La activación del HIF-1 provoca otros cambios de interés relacionados con la angiogénesis, vasodilatación, metabolismo energético, apoptosis y síntesis de catecolaminas (Feriche, 2023).

La hipoxia desencadena cambios inmediatos destinados a compensar la reducción de oxígeno en el aire respirado mediante el incremento de la ventilación y de la frecuencia cardíaca de reposo y ejercicio, en parte regulados por el incremento de la actividad simpática. La hiperventilación mantenida se traduce en una alcalosis ventilatoria que mejora el sistema buffer a corto plazo, aunque su compensación renal contribuye a incrementar la pérdida de agua por orina y por evapotranspiración de vías altas, si la exposición se realiza en altitud natural por la baja humedad del aire, necesitando ingerir mayores cantidades de agua. La brevedad de las exposiciones cuando se utiliza hipoxia simulada intermitente normalmente no conlleva cambios drásticos en el estado de hidratación si la sala dispone de un adecuado sistema que mantenga los carbónicos, temperatura y humedad controlada. Tanto la respuesta cardíaca como la ventilatoria tienden a reducirse a medida que se prolonga la exposición a la hipoxia, incluso cuando se trata de exposiciones intermitentes (Chacaroun et al., 2017; Mallet et al., 2021; Nowak et al., 2019; Viscor et al., 2018).

Las adaptaciones hematológicas son muy evidentes durante el ascenso y permanencia en altitud o cuando los tiempos de exposición a la hipoxia, preferiblemente de tipo moderado, se extienden por encima de las 12 h/días (Millet et al., 2010). Sin embargo, aunque en personas sedentarias o con baja experiencia a la hipoxia se detectan cambios favorables en la actividad eritropoyética (Viscor et al., 2018) el uso de la hipoxia intermitente normalmente se constituye como un procedimiento insuficiente en la mejora de la masa hemoglobínica, al menos en sujetos entrenados (Humberstone-Gough et al., 2013). No obstante, la regulación al alza del factor de transcripción HIF-1 también regula otros genes relacionados con ajustes hemodinámicos y metabólicos de interés en relación con el rendimiento. Estos cambios hemodinámicos se relacionan con la dinámica de la sangre en el interior de las estructuras sanguíneas como arterias, venas, vénulas, arteriolas y capilares, como también en la mecánica del corazón propiamente dicha, lo que es de gran interés para la población de riesgo cardiovascular.

Por todo lo anterior, la exposición a la hipoxia, incluso de tipo intermitente, se asocia a una mejora de la eficiencia de los sistemas cardiovascular y respiratorio, que a su vez mejoran el  $VO_2$  a nivel central, como también la extracción de  $O_2$  y producción de

ATP del músculo activo, en especial cuando esta exposición se acompaña de ejercicio físico.

### Hipoxia y enfermedad cardiovascular

Los beneficios del uso de la hipoxia en población sana son muy diversos, pero en especial, su uso terapéutico en poblaciones con RECV es de gran interés, a la vez que está bien documentado, puesto que puede ayudar reducir en gran medida los factores de riesgo.

Por un lado, tanto la exposición pasiva como la activa a la hipoxia estimulan la producción de HIF-1, mejorando el metabolismo de la glucosa y el transporte de oxígeno, a la vez que reducen el apetito. Además, el metabolismo de los lípidos se puede mejorar aún más cuando el entrenamiento físico se lleva a cabo en ambientes privados de O<sub>2</sub>. Asimismo, la adaptación a la hipoxia produce como resultado reducciones importantes en la masa corporal, la masa grasa, ratio cintura/cadera y otros marcadores cardiometabólicos (Ramos-Campo et al., 2019). Por lo tanto, la hipoxia se presenta como un coadyudante de interés en el control de los factores de riesgo de obesidad y dislipidemias.

Por otro, debido al aumento de la hipoxemia inducida por el ejercicio realizado en hipoxia, la reducción de la presión arterial por mecanismos de “*vasodilatación compensatoria*” puede ser mayor que la del ejercicio en normoxia. La literatura científica actual sugiere que el ejercicio físico en hipoxia acentúa la reducción de la presión arterial en comparación con normoxia, y mejora varios aspectos de la función vascular disminuyendo el riesgo de accidente cardiovascular (Millet et al., 2016). En este contexto, vivir permanentemente en altura se vincula directamente con un menor riesgo de padecer cardiopatía isquémica y baja la tasa de mortalidad por cardiopatía coronaria (Millet et al., 2016). Además, los efectos cardioprotectores de la hipoxia crónica intermitente parecen mejorar la preservación de la función mitocondrial y la inhibición de los canales de potasio sensibles al ATP y presentes en las membranas sarcoplásmica y mitocondrial (Viscor et al., 2018), mejorando, por su papel regulador del potencial de acción, el funcionamiento del corazón en reposo y en ejercicio. Además, el ejercicio físico y el ejercicio en hipoxia se asocian con mejoras centrales y periféricas que afectan a los órganos y sistemas relacionados con la captación (Ramos-Campo et al., 2019), transporte (Millet et al., 2016) y utilización del oxígeno (Viscor et al., 2018), mejorando el VO<sub>2</sub> máximo (Feriche., 2023) y reduciendo con ello el riesgo de mortalidad o morbilidad futura, según la asociación establecida entre la capacidad aeróbica y el riesgo de muerte por cualquier causa (Feriche, 2023; Laukkanen et al., 2016)

Por tanto, se puede asumir que la estimulación con hipoxia puede producir grandes mejoras en la reducción del riesgo de sufrir enfermedad cardíaca, tanto si se aplica en reposo, como combinada con ejercicio físico. Es esta última opción, la aplicación conjunta de hipoxia y ejercicio, la que reporta mayores beneficios para la salud y la prevención de la ECV, siempre y cuando se aplique con la metodología y dosis adecuadas.

## Dosis

Como se ha adelantado en apartados anteriores, la dosis de hipoxia recibida condiciona su resultado.

Como medida conservadora, exposiciones de 3-4 horas en inactividad a una altitud simulada de entre 2700-4200 m beneficia cambios en el perfil lipídico, perfusión del miocardio y la capacidad aeróbica en pacientes con diferentes problemas cardíacos (Lizamore & Hamlin, 2017). Si la exposición se combina con ejercicio, debe considerarse la premisa de que *“más no siempre es mejor”*. Sesiones de entrenamiento en hipoxia intermitente de aproximadamente 60 min son suficientes para inducir adaptaciones en una población sedentaria. Una dosis óptima debería maximizar los beneficios fisiológicos crónicos, mientras minimiza los posibles efectos secundarios contra la salud, como pueden ser mareos o cefaleas (Soo et al., 2020).

Para completar la dosis de hipoxia necesaria debemos además tener en cuenta otras variables: la duración de la exposición dentro del programa de ejercicio (frecuentemente de 2 a 8 semanas), la severidad de la hipoxia, la frecuencia con la que se aplica (de 2 a 7 veces por semana) y el tipo de hipoxia aplicada (Normobárica o Hipobárica). Por tanto, se recomienda la utilización de exposiciones de *“baja dosis”* con una  $FiO_2$  efectiva de 12-16%, combinada con ejercicio de entre 30 a 90 minutos como aproximación simple, segura y efectiva, con un potencial terapéutico considerable para múltiples trastornos clínicos (Lizamore & Hamlin, 2017). Entre estos trastornos se incluyen las patologías asociadas al riesgo cardiovascular, enfermedad cardiovascular, o enfermedades respiratorias, como la triada que conforma la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfisema y bronquitis crónica (Navarrete-Opazo & Mitchell, 2014)

Existe una gran variación de las mejoras fisiológicas asociadas a la hipoxia en función de cada individuo, aunque esta mejora suele ser proporcional a la magnitud de la reducción de la saturación de  $O_2$  en sangre ( $SpO_2$ ) (Schmutz et al., 2010). Sin embargo, la  $SpO_2$  no se reduce de manera proporcional a la  $FiO_2$  efectiva del aire respirado debido a la relación sigmoide entre la presión de oxígeno pulmonar ( $PO_2$ ) y arterial ( $SpO_2$ ). Por tanto, es necesario determinar la severidad de la hipoxia en función de cada individuo. Actualmente, se aplica el índice procedente de la relación  $SpO_2/FiO_2$  (SF) como factor para determinar la severidad de la hipoxia aplicada en individuos, así como para determinar la adaptación y estado de la capacidad de adaptación al estímulo de hipoxia para pacientes con afectaciones pulmonares (Rice et al., 2007). Como referencia, a nivel del mar un individuo sano con una  $SpO_2$  del 98% dispone de una SF de 467 u.a. (Soo et al., 2020). Un valor de SF inferior a 315 u.a. revelan una lesión pulmonar aguda, mientras que  $< 235$  u.a. directamente sirven como diagnóstico del síndrome respiratorio agudo (Rice et al., 2007). Puede considerarse un  $SF < 320$  como el límite para la administración de hipoxia.

Se recomienda, por tanto, que en el uso de la hipoxia normobárica se individualice la dosis por individuo/paciente a SpO<sub>2</sub> fijas y acordes con SF seguros. Para ello se debe realizar un primer test de tolerancia a la hipoxia exponiendo al individuo a diferentes FiO<sub>2</sub> efectivas y valorando el resultado de la SpO<sub>2</sub> resultante de cada exposición. De esta manera se dispondrá una tabla de tolerancia a la hipoxia como la expuesta en el *Anexo 3*.

## Propuesta de Planificación

### Contextualización de la propuesta

Existe una variedad muy amplia de personas con RECV sobre las que se pueden aplicar propuestas de ejercicio físico. Por ello, es importante que en función de las características personales de cada individuo/paciente, se adapte la propuesta con el fin de lograr los objetivos establecidos con la mayor seguridad posible.

Tal y como se ha detallado previamente, entre otras cosas, antes de la intervención se deberá realizar un análisis del RECV del paciente.

Con el fin de realizar una planificación teórica lo más práctica posible en este TFG me voy a centrar en aquellos pacientes con *riesgo bajo* como población diana, aunque la planificación expuesta tiene la intención de ser aplicable a cualquier tipo de población, siempre que se ajusten los patrones específicos al individuo y perfil de riesgo establecidos.

### Objetivos de la propuesta

El objetivo principal de la realización del TFG es desarrollar una propuesta metodológica basada en la evidencia científica con el fin mejorar la salud y reducir el riesgo de padecer o agravar la enfermedad cardiovascular a través del uso combinado del ejercicio y de la hipoxia, en pacientes con bajo riesgo cardiovascular

Por otro lado, también existen ciertos objetivos secundarios relacionados con la propuesta:

- Analizar la potencialidad del uso terapéutico de la hipoxia como propuesta metodológica novedosa de mejora del riesgo cardiovascular.
- Proponer una planificación flexible que sea acorde a las características de los individuos/pacientes garantizando su seguridad con el máximo beneficio sobre la salud.

## Preparación/materiales

Para la realización de esta planificación es necesario que el individuo/paciente esté correctamente informado de los riesgos y beneficios a los que se expone. Siempre se deberán minimizar estos riesgos y potenciar los beneficios, pero es necesario establecer un protocolo de actuación sobre la base lo que se aplica actualmente, por ejemplo en el servicio de Medicina Preventiva del Hospital Virgen de las Nieves en Granada, y en consonancia con las recomendaciones para la prevención de enfermedad cardíaca (Sans et al., 2007) para los pacientes que quieran incorporarse a un programa de prevención de enfermedad cardiovascular. El protocolo presenta tres tipos de pruebas diferentes:

### *Anamnesis*

- Historia familiar, con el objetivo de averiguar si su riesgo vascular tiene antecedentes familiares.
- Consentimiento Informado, y así informar al individuo/paciente de toda la información sobre la planificación, riesgos y beneficios incluidos.
- Cuestionario Par-Q, para poder determinar si existe alguna patología grave que haga necesaria la participación de un médico, en cuyo caso será el facultativo el que determine las limitaciones de ejercicio en función de las patologías asociadas, así como de la prueba de esfuerzo específica.
  - Se valorarán problemas cardiovasculares (cardíacos, ictus, vascular, etc.) y/o músculo esqueléticos antiguos o actuales, con el fin de estratificar el riesgo vascular, así como adaptar la actividad física a sus características morfológicas.
- Cuestionario IPAQ (Barrera, 2017), con el objetivo de determinar aspectos relacionados con la calidad de sueño, estrés, movimiento diario, sedentarismo, actividad física realizada y disponibilidad horaria y diaria para realizar actividad física.
- Test Score (Sans et al., 2007), para determinar el riesgo de enfermedad cardiovascular, y patologías del individuo y así modificar los ejercicios a realizar, donde se determinarán:
  - Factores de riesgo vascular con especial atención a hipertensión, diabetes, dislipemia, obesidad, puesto que son los más determinantes para la modificación de la carga de la actividad física.
  - Hábitos tabáquicos y alcohólicos, puesto que el objetivo es la reducción del riesgo, se pueden tomar medidas de concienciación y reducción de estos hábitos.

### *Pruebas fisiológicas*

- Tensión, en reposo. En caso de paciente hipertensivo se realizará una determinación de la tensión siempre previo al ejercicio. En caso de más de 160 mmHg sistólica o 100 mmHg diastólica se evitará realizar ejercicio físico hasta su reducción a valores compatibles. Igualmente se evitará el ejercicio físico si existe una hipotensión (reducción de más de 20mmHg) sobre los valores normales para esa persona sin causa justificada (Carnicero, 2014).
- Frecuencia cardíaca en reposo. Nos permite calcular el porcentaje de frecuencia cardíaca de reserva (%Fc res) para el ajuste de la intensidad de del ejercicio físico, así como valorar el estado general del paciente. Frecuencias cardiacas de reposo superiores a 100 ppm o inferiores a 60 ppm en pacientes sedentarios indican taquicardia/bradicardia que se deberían ser estudiadas para determinar su origen (Fundación española del Corazón).
- Peso y talla, con el que obtener el IMC, catalogar al individuo en función de este en normopeso, sobrepeso u obeso y valorar los riesgos asociados (Carnicero, 2014; Sociedad española de cardiología, 2014)
- Composición corporal, mediante bioimpedancia eléctrica, como complemento del IMC para estimar el porcentaje de grasa del individuo/paciente y determinar en mayor medida el riesgo de sobrepeso u obesidad, así como la masa muscular (Husain, 2011).
- Perímetro de cintura y cadera, puesto que existe una relación entre mayor grasa abdominal y mayor riesgo de sufrir ECV (Lopategui Corsino, 2016).

### *Pruebas diagnósticas*

- Prueba de esfuerzo, para determinar la capacidad aeróbica general. Siempre y cuando el paciente sea de riesgo medio o alto será indispensable realizar dicha prueba de esfuerzo en presencia de un facultativo y con registro electrocardiográfico durante toda la prueba.
- Test de fuerza, para determinar la capacidad de fuerza de cada grupo muscular y así adaptar la carga en consecuencia.

Por otro lado, es necesario para la aplicación de esta propuesta, la disponibilidad de materiales específicos como son:

- Cámara de hipoxia normobárica, preparada para realizar actividad física, con materiales específicos. La propuesta se basa en el uso de la sala de hipoxia normobárica ubicada en la Facultad de Ciencias del Deporte y la Actividad Física de Granada.

Puede visionarse el laboratorio en el video disponible en el canal de YouTube de la UGR. Video realizado con fondos del Programa 35 del Plan propio de Investigación de la UGR de 2022 para de Acciones de Marketing y Comunicación de la I+D para la Transferencia de Conocimiento; Proyecto Iiberis; CEIBioTIC.

<https://www.youtube.com/watch?v=YCovrh2hRNE>

- Material de entrenamiento variado, para poder aplicar la metodología de entrenamiento planteada

## Metodología

En la actualidad existen diferentes metodologías de entrenamiento para conseguir una mejora de la condición física. En mi caso, debido a que la planificación está preparada para un grupo cuyo objetivo no es el rendimiento deportivo, si no la salud, se aplicará una metodología destinada a la mejora de la fuerza, resistencia, rango de movimiento, y coordinación, como capacidades básicas (Danielevicz et al., 2022), junto a una reducción de los factores de riesgo de ECV. Un modelo de planificación Ondulante es la que considero más adecuada para los objetivos y flexibilidad necesarias (Buford et al., 2007).

Debido a que este TFG está planteado para la población en general, se propone una planificación lo más realista posible y que tiene en cuenta los grandes periodos festivos como momentos de descanso (Navidad, Semana Santa y verano).



## Entrenamiento Ondulante

El Modelo de entrenamiento Ondulante (MO) se caracteriza porque intenta mantener el fitness, entendido como compendio de salud y acción, que nos permite realizar cualquier actividad, lo que nos proporciona una competencia integral de movimientos. Este modelo busca desarrollar todas las capacidades físicas generales:

- Resistencia Aeróbica. Entendida como la capacidad del organismo de captar, transportar y utilizar el oxígeno con fines energéticos. Su máxima expresión (potencia aeróbica) es cuando deseamos realizar actividades de más de 3 minutos a intensidades moderadas. Su expresión en capacidad (capacidad aeróbica) suele darse cuando realizamos ejercicio de larga duración a intensidad submáxima.
- Resistencia Anaeróbica-Láctica. Entendida como la capacidad del individuo de mantener actividades de alta intensidad (de entre 30 segundos y 5 minutos). A partir de los 3 minutos gana predominio la potencia aeróbica, pero esta capacidad sigue actuando en gran medida.
- Fuerza Máxima. Capacidad de una unidad muscular, o la combinación de unidades musculares de oponerse a una masa con una aceleración determinada, vencéndola (contracción concéntrica), manteniéndola (contracción isométrica) o cediendo ante ella (contracción excéntrica). Lo produce la tensión muscular transmitida a las palancas óseas a través del tendón.
- Amplitud de Movimiento. También llamado Rango de Movimiento o Flexibilidad, es el máximo grado de movimiento permitido por una articulación/es en función de su estructura y limitado por su aparato de conjunción y la tensión de los músculos antagonistas. Depende de la elasticidad muscular y la capacidad de movimiento articular.
- Potencia Muscular. Capacidad de una unidad muscular, o la combinación de unidades musculares para aplicar fuerza a altas velocidades. Es la relación entre la fuerza aplicada (F) y la velocidad (V) a la que se realiza el desplazamiento ( $F \times V$ ). Podemos incluso hablar de fuerza explosiva para referirnos a la relación fuerza-tiempo con la que un músculo o grupo de músculos generan fuerza.
- Velocidad. Capacidad para realizar un movimiento corporal por una parte o la totalidad del sistema de palancas del cuerpo, con la mayor intensidad posible. Se convierte en rapidez de ejecución cuando el gesto es único, normalmente sin o con baja carga externa. Tiene como características que es una acción de gran intensidad, corta duración y eficiencia motriz. Dependiente de la fuerza explosiva, coordinación intra e inter-muscular, y la agilidad.

- Coordinación. Capacidad que tienen los músculos esqueléticos del cuerpo de sincronizarse bajo parámetros de trayectoria y movimiento, permitiendo al deportista realizar movimientos ordenados y dirigidos a la obtención de un gesto técnico o de combinar varios patrones de movimientos distintos en un movimiento independiente singular. Podemos diferenciar entre coordinación intramuscular, para referirnos a la sincronización de las unidades motoras de un grupo muscular, o de coordinación intermuscular para referirnos a la coordinación entre diferentes grupos musculares que derivan en un gesto o acción.
- Agilidad. Es una capacidad compleja de naturaleza multifactorial que se define como la habilidad de cambiar de patrones de movimiento de manera eficaz y está determinada por factores físicos, técnicos y perceptivos–cognitivos (tanto propioceptivos, como externos).
- Equilibrio. Capacidad de controlar la colocación del centro de gravedad del cuerpo en relación con su base de sustentación. En general, podemos decir que el equilibrio es el estado del cuerpo cuando la suma de todas las fuerzas y momentos que actúan en él se contrarrestan, por lo que el cuerpo se mantiene en una determinada posición.
- Precisión. Capacidad de controlar el movimiento en una dirección determinada y/o a una intensidad determinada, siendo lo más riguroso posible en su ejecución.

Para cumplir su objetivo, este modelo utiliza un entrenamiento cruzado, también conocido como **Cross Training**, que se presenta como una metodología de entrenamiento basada en el estudio de la forma de interactuar del hombre con su entorno o del deportista con la competición. Los gestos cotidianos o los movimientos deportivos los realizamos mediante patrones de movimiento, que se desarrollan mediante ejercicios multiarticulares y multiplanares, por lo que no se aísla al músculo y las articulaciones. Su filosofía se centra en el progreso gradual de las capacidades motrices básicas, respetando el movimiento natural del cuerpo humano (Padial & Feriche, 2021a).

Este tipo de modelo tiene ciertas ventajas sobre otros modelos de planificación tradicionales o contemporáneos más orientados al rendimiento deportivo y que exponemos a continuación:

- Principio de variedad. Puesto que permite una mayor variedad en las secuencias de los ejercicios. Los ejercicios se secuencian de manera que cada sesión es diferente en cuanto a objetivo y contenido.
- Incrementa la motivación. Al variar los tipos de ejercicios y trabajo ofrecemos a los individuos/pacientes menos monotonía en las rutinas diarias de ejercicio.

- Disminuye el tiempo de readaptación. Permite a los atletas ponerse al día con más rapidez en una secuencia de ejercicios después de haber sufrido una enfermedad o lesión, puesto que no se provoca una gran fatiga sobre un grupo muscular específico y la carga varía intra e inter-sesión.
- Principio de especialización e individualización del entrenamiento. Puede adaptarse a las diversas situaciones de un día concreto de entrenamiento, así como a las características de los deportistas.
- Mejora la recuperación de todos los tejidos. Permite un descanso más frecuente de diferentes de los tejidos musculares, dado que los grupos musculares a desarrollar varían cada día.

### *El macrociclo*

Macrociclo se define como un periodo de tiempo de entrenamiento (gran ciclo), cuyo objetivo es elevar la capacidad de desempeño del deportista o equipo al nivel más alto y competir en óptimas condiciones (Padial & Feriche, 2021a). Aunque si lo extrapolamos a la salud, como es nuestro caso, podríamos definirlo como periodo de tiempo de entrenamiento, cuyo objetivo es mejorar las diversas capacidades del individuo/paciente con el objetivo de lograr una mejoría en la condición física y la salud, bajo unas condiciones seguras.

Existen criterios de elaboración del macrociclo, que no son otra cosa que una serie de reglas o normas por la que se establece un juicio o se toma una decisión:

- *Biológico:* Los procesos de adaptación del organismo se deben de tener en cuenta a la hora de diseñar los macrociclos, las fases del síndrome general de adaptación (programación).
- *Cronológico:* Normalmente en deportistas, es el calendario de competición determina los datos temporales del macrociclo y sus estructuras (periodización). En nuestro caso será el calendario de festividades el que determine la estructura.
- *Organizativo:* El tipo de actividad física y el nivel del deportista deben también dirigir el proceso a la hora de distribuir los objetivos, los medios y métodos de entrenamiento, así como la organización de la dinámica de esfuerzos y la secuencia de objetivos de entrenamiento (planificación), y sistemas de entrenamiento deben de tomar en consideración el deporte (especialización) y el

deportista (individualización) (Padial & Feriche, 2021a). En nuestro caso, tomaremos como criterio organizativo el factor de riesgo, condición de partida y dominio técnico de los ejercicios de la población de trabajo.

El desarrollo del macrociclo ondulante sigue una distribución de 5 fases:

- Fase de acondicionamiento inicial: estructura de 3 a 5 semanas de duración, con la que se busca es elevar el potencial técnico y motor mediante el desarrollo de capacidades básicas. Se establecen las siguientes características:
  - Contenido orientado a la mejora de la fuerza general y la resistencia aeróbica ( $VO_2max$ ), así como los patrones de movimientos básicos. Realización de ejercicios gimnásticos, con el propio peso corporal, trabajando a su vez también la musculatura estabilizadora compensatoria.
  - Se realiza un alto volumen de entrenamiento de intensidad moderada básicas de fuerza y resistencia
  - La mejora de la resistencia aeróbica se realiza normalmente con circuitos metabólicos (METCON) de:
    - Media duración (5-15min) principalmente.
    - Larga duración (>15min) 85%  $VO_2max$ , por debajo del umbral anaeróbico.
  - Por último, elevado índice motivación mediante la variación de ejercicios y objetivos intra-sesión, garantizando una buena adherencia al programa de entrenamiento.
  
- Fase de tonificación con objetivo diferencial: fuerza máxima, de entre 3 y 12 semanas de duración. Se busca un incremento de la fuerza máxima a nivel morfológico y neural:
  - Se trabaja la estructura y el componente neuromuscular. Mejora la coordinación intra e intermuscular.
  - Puede utilizarse el Método de sesiones Westside Barbell de Louis Simmons, sistema secuencial conjugado que combinan 3 métodos de entrenamiento en la misma semana:
    - Cargas máximas, mediante patrones de movimiento
    - Esfuerzos dinámicos en torno al 50% de la RM a máxima velocidad.
    - Esfuerzos repetidos con carga moderada
  - Es muy importante en esta fase trabajar el perfeccionamiento técnico para favorecer la seguridad del individuo/paciente. Asimismo, se debe mejorar el rango de movimiento, la propiocepción, la agilidad, el desarrollo de los músculos del Core, etc.

- Fase de tonificación con objetivo diferencial: potencia, de 4 semanas de duración. Pretende provocar la transformación de fuerza a potencia por medio de ejercicios con levantamientos olímpicos y sus variantes.
  - Se combinará con una o dos sesiones semanales de fuerza máxima con el fin de evitar perder el efecto residual obtenido de la fase de fuerza.
  - La 1ª semana de esta fase será de aumento de carga progresiva con una menor carga en las sesiones y poniendo el foco en la técnica de los ejercicios de entrenamiento más avanzados que afiancen la técnica y sirvan de progresión para los aumentos de intensidades de las 2 siguientes semanas.
  - A partir de la 2ª semana se dará prioridad al trabajo explosivo e iniciaremos el trabajo metabólico de corta y media duración, aunque manteniendo bajo el número de sesiones que le dedicamos.
  
- Fase de entrenamiento ondulante, de aproximadamente 4 semanas de duración cada uno, donde tratamos de aumentar la tolerancia a la fatiga mediante un acondicionamiento metabólico:
  - Se produce un incremento del volumen del entrenamiento. El número de sesiones semanales ira aumentando a lo largo de la fase.
  - El entrenamiento lo basamos en el acondicionamiento metabólico (MetCon) incrementando el VO<sub>2</sub>máx y la capacidad de trabajo:
    - Resistencia aeróbica de corta duración (3-5min)
    - Resistencia aeróbica de media duración (5-15min)
  - La programación del entrenamiento se compone combinando los elementos de M-G-W en elementos únicos, pares y tríos
    - M, MetCon, que pretende la realización de un trabajo metabólico de larga duración.
    - G, donde se realizará un trabajo de ejercicios gimnásticos, con autocargas principalmente
    - W, que busca la mejora de la fuerza con ejercicios con sobrecargas
  - Como ejemplo de microciclo a desarrollar en esta fase obtenemos la siguiente distribución;

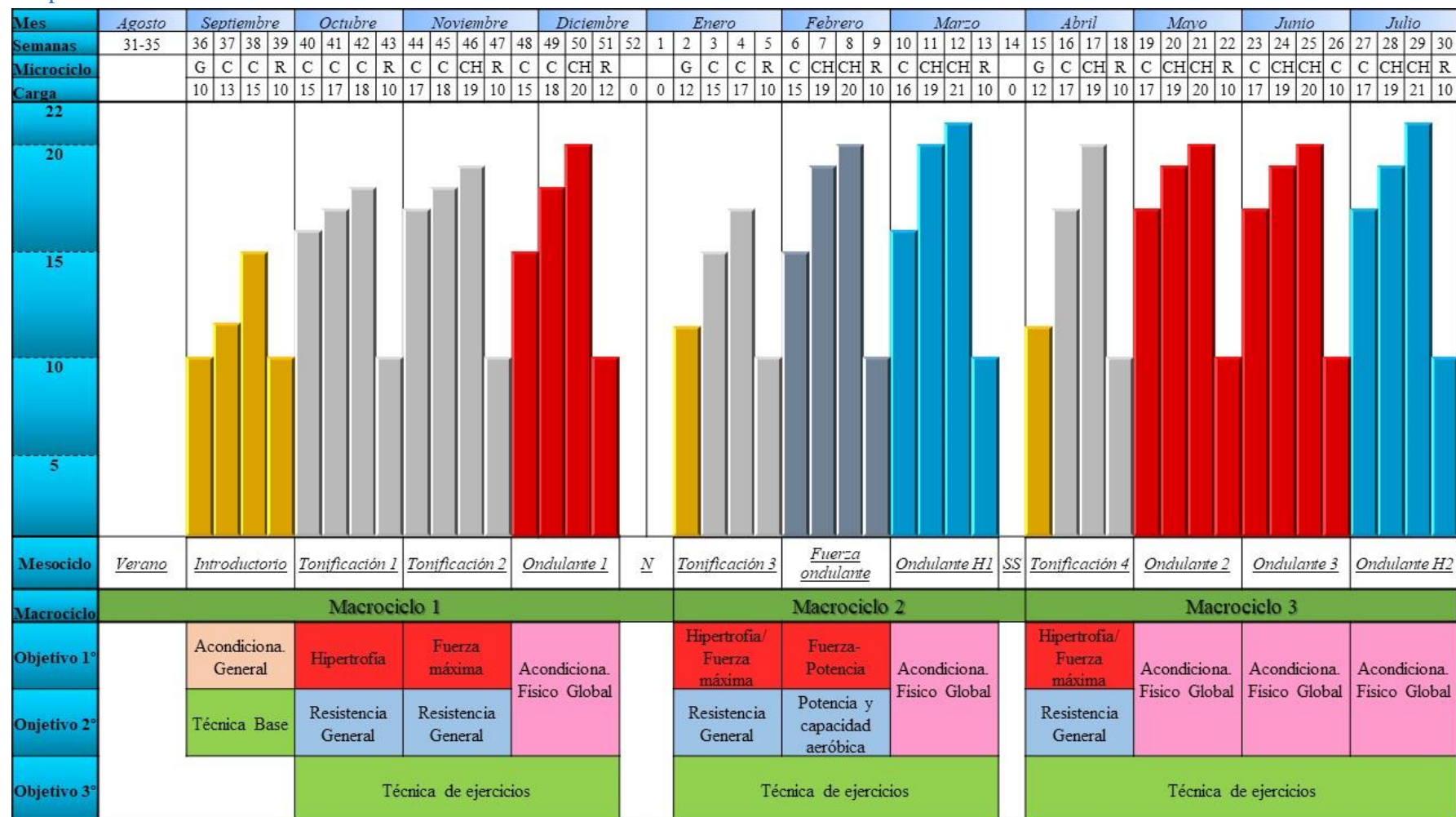
<i>Días</i>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>S</b>	<b>D</b>
<i>Semana 1</i>	M	GW	MGW	MG	W		
<i>Semana 2</i>	G	WM	GWM	GW	M		
<i>Semana 3</i>	W	MG	WMG	WM	G		

**Tabla 1.** Ejemplo desarrollo sesiones modelo ondulante 1.

- Realización, con una duración de 2 a 3 semanas, donde el objetivo es el desarrollo del ritmo de competición y supercompensación, así como de las capacidades más específicas como la resistencia mixta, anaeróbica, resistencia muscular o la técnica específica.
  - Volumen óptimo e intensidad aumentada: concentrados en fuerza, resistencia y velocidad.
  - Sobre la base de fuerza máxima, se desarrolla la resistencia a la fuerza de manera específica o explosiva.
  - Sobre base de resistencia aeróbica, se desarrolla la resistencia aeróbica – anaeróbica específica y la tolerancia a la fatiga.

En el caso de esta planificación, debido a que el objetivo NO es de rendimiento, es la mejora de la condición física-salud, la fase de Realización del modelo ondulante no va a ser utilizada, y distribuiremos y modificaremos las demás fases a nuestros intereses, adaptando el entrenamiento a las capacidades físicas, disponibilidad horaria, gustos y preferencias de los individuos/pacientes.

## Propuesta de macrociclo



**Ilustración 1.** Ejemplo macrociclo propuesto para introducir hipoxia en el modelo ondulante. Las cargas son relativas a las capacidades físico-técnicas de cada individuo. Navidad (N), Semana Santa (SS), Hipoxia (H).

### Objetivos del macrociclo:

- *Acondicionamiento general*: Se preparan las estructuras del organismo para poder asimilar la carga de ejercicio. Se pretende generar una buena base de capacidad de aplicar fuerza y resistencia general.
- *Técnica (base y de ejercicios)*: se pretende mejorar la técnica de ejecución de los ejercicios específicos con el objetivo de favorecer la mejora del individuo en la aplicación, minimizando el riesgo de lesión.
- *Hipertrofia*: entendida como la adaptación de la musculatura a la carga de ejercicio mediante modificaciones estructurales. Consiguiendo un músculo más eficiente y resistente.
- *Fuerza máxima*: con la intención de mejorar la capacidad máxima de aplicar fuerza por el individuo ante una carga determinada. Su objetivo es conseguir aumentar el número de reclutamiento de fibras musculares en la aplicación de fuerza.
- *Resistencia general*: Para conseguir lograr una mejora tanto de la resistencia aeróbica como anaeróbica, en potencia (rendimiento máximo en poco tiempo) y en capacidad (rendimiento máximo en largo tiempo).
- *Acondicionamiento físico general*: Con el objetivo de lograr una mejora de todas las capacidades físicas del individuo y no solo de la fuerza y resistencia. Gana importancia el trabajo de la coordinación, agilidad, precisión, amplitud de movimiento, etc.

Para el desarrollo del macrociclo hemos decidido aquí además tener en cuenta los mayores festivos nacionales como referencia de microciclos de descanso, donde no hay ninguna actividad, distribuido de la siguiente manera;

- Los individuos/pacientes comenzarán la planificación en septiembre, después de las vacaciones de verano. Tendrán 2 semanas de descanso en diciembre-enero por navidad (N), una última semana en marzo por Semana Santa (SS), obteniendo así una planificación dividida en 3 macrociclos. Tal y como se observa en la *Ilustración 1*. Ejemplo macrociclo propuesto para introducir hipoxia en el modelo ondulante. Las cargas son relativas a las capacidades físico-técnicas de cada individuo.

Debido a las características del grupo para el que está preparado este macrociclo, personas de riesgo bajo de ECV y, probablemente inactivos, los consideraremos de condición física baja. Por ello, es necesario realizar una correcta progresión de la magnitud de la carga de ejercicio a lo largo de las sesiones, microciclos, mesociclos y macrociclo en general.



En este sentido, el **primer macrociclo** comenzará con un mesociclo introductorio donde el principal objetivo es la obtención de una base de condición física y técnica de ejecución de ejercicios básicos óptima, que nos permita mejorar las capacidades básicas de los sujetos en los siguientes mesociclos con seguridad.

- Tal y como se prepara el modelo ondulante, el siguiente mesociclo se denominaría de tonificación, donde la carga de ejercicio aumenta, con la intención de mejorar principalmente la hipertrofia muscular, que permita una correcta aplicación de las cargas posteriores, así como la resistencia general, en especial la potencia aeróbica. Todo ello sin perder de vista la mejora técnica.
- El segundo mesociclo de tonificación estará destinado a la evolución de la capacidad de aplicar fuerza, centrando el trabajo en la mejora de la fuerza máxima, mientras se sigue trabajando la resistencia general, en este caso empezando a hacer hincapié en el desarrollo de la resistencia aeróbica en capacidad.
- Por último, el cuarto mesociclo de este primer macrociclo será un mesociclo de modelo ondulante propiamente dicho, donde se buscará la mejora de la condición física general mediante el desarrollo de todas las capacidades físicas.

Tras las vacaciones de navidad dará comienzo el **segundo macrociclo**, que estará marcado por la introducción del primer mesociclo de hipoxia, así como de mesociclos específicos de conversión de la capacidad de fuerza general desarrollada, en fuerza explosiva.

- Dado que el grupo ha tenido dos microciclos de descanso de ejercicio físico, es conveniente que los participantes realicen un primer microciclo de acondicionamiento general, que permita soportar las cargas de los siguientes mesociclos donde se realizarán dos microciclos de fuerza- hipertrofia y uno de fuerza máxima.
- El segundo mesociclo, de fuerza ondulante, tratará de provocar una conversión de las capacidades de fuerza máxima obtenidas en fuerza explosiva o potencia. Esto es especialmente importante puesto que es este tipo de aplicación de fuerza (rapidez de ejecución- fuerza explosiva- potencia) se relaciona con un menor riesgo de caída (Castro jimenez et al., 2019; Solà Serrabou et al., 2014) al permitir reaccionar mejor ante un estímulo.
- Por último, se realizará el mesociclo en hipoxia que, siguiendo la metodología del mesociclo ondulante, se comenzará con el estudio del índice de tolerancia a la hipoxia de los participantes. Para ello en el primer microciclo se realizará un test de tolerancia y se facilitará una aclimatación progresiva de la hipoxia, realizándola tanto en reposo como en actividad física moderada.

Tras las vacaciones de Semana Santa, de un microciclo de duración, dará comienzo el **tercer macrociclo**, finalizando en el mes de julio.

- Igual que en el macrociclo anterior, el primer macrociclo tendrá un primer microciclo de acondicionamiento general, y tres de tonificación para el desarrollo de la hipertrofia y la fuerza máxima.
- Tanto en el segundo como el tercer mesociclo se realizarán sendos mesociclos de modelo ondulante con un aumento de la carga progresiva.
- El cuarto mesociclo corresponderá al último mesociclo de la planificación, donde se volverá a aplicar el modelo ondulante en hipoxia, con el objetivo del desarrollo de todas las capacidades.

### *El mesociclo*

Los mesociclos son estructuras relativamente acabadas, que permiten el desarrollo de 1 o varios objetivos de entrenamiento evitando el agotamiento del deportista. Son la base organizativa de las periodizaciones modernas. Su objetivo principal es organizar microciclos de similares direcciones de entrenamiento y objetivos simultáneos de preparación. Tienen una duración de entre 2 y 6 microciclos y manejan el efecto acumulado de su carga de entrenamiento evitando el agotamiento (Padial & Feriche, 2017).

El mesociclo ondulante consiste en alternar objetivos durante cada entrenamiento, variando la carga de entrenamiento tanto en volumen como en intensidad.

Este tipo de entrenamiento se caracteriza por el entrenamiento de las diferentes manifestaciones de las cualidades físicas en diferentes días de la semana, o incluso en la misma sesión de entrenamiento, para así desarrollar por completo todas las capacidades sin centrarse solo en una específica (Padial & Feriche, 2021a).

Puesto que el modelo ondulante está enfocado para el rendimiento, es necesario adaptarlo para la consecución de la salud, por ello los mesociclos de realización no se llevarán a cabo. Además, para la consecución de la salud, es necesario el desarrollo de todas las capacidades, y para poder realizar dicho desarrollo es necesaria una condición y adaptación físico-técnica mínima. Por ello es necesaria la realización de mesociclos de acondicionamiento general y tonificación específicos, adaptados y de mayor duración.

En los mesociclos de introducción se aplicará el modelo de acondicionamiento de carácter general basados en el *modelo de microciclo de Boyle* (Michael Boyle, 2013), modificando la carga de cada microciclo de manera consecuente. Para este autor, las 4 claves del diseño de programas de entrenamiento son:

- *Continuidad.* Donde destaca la importancia de mejor hacer un mal entrenamiento, que no realizar dicho entrenamiento. Puesto que solo recordar los movimientos ya es mejor que perder un día de entrenamiento.
- *Organización Eficiente.* Dado que el tiempo es un recurso concreto y limitado, es importante encontrar la mejor manera de utilizar ese tiempo de manera eficiente. Pretende incrementar el tiempo útil de práctica.
- *Densidad.* La densidad se define como la cantidad de trabajo por unidad de tiempo. Los buenos programas de entrenamiento cuentan con una gran densidad de trabajo, atendiendo a las necesidades de descanso para evitar sobreesfuerzos, por ello, la mejor manera de hacerlo es emparejando ejercicios. Se trata de un concepto que debemos tener en cuenta, por lo que diseñamos el entrenamiento en parejas, tríos o cuartetos.
- *Progresión.* Una vez que el deportista está preparado, tanto física como técnicamente, se aumenta la complejidad de los ejercicios a realizar, pero teniendo siempre en cuenta que el trabajo de fuerza debe incluir patrones de movimiento básicos. También es importante seguir un orden en el trabajo de ciertas habilidades, donde primero se realiza el trabajo de fuerza, luego potencia y después velocidad, junto con ejercicios de Medline o Core y otros de estiramientos activos o trabajo de movilidad.

Un ejemplo de microciclo reducido de esta metodología podría ser:

Día 1. WOD			
Par	Explosivo/Olímpico	Extensión de cadera	
Par Fuerza	Dominante de cadera	Tracción vertical	
Tri-Se	Dominante de rodilla	Tracción horizontal	Rotadores de Core
Día 2 WOD			
Par	Empuje horizontal	Movilidad de hombros	
Par Fuerza	Empuje vertical	Estabilidad de hombros	
Tri-Series	Medline	Rotadores Core	Transporte Unilateral
Día 3 WOD			
Par	Explosivo/Olímpico	Flexión de cadera	
Par Fuerza	Dominante de rodilla	Tracción horizontal	
Tri-Series	Dominante de cadera	Tracción vertical	Movilidad cadera

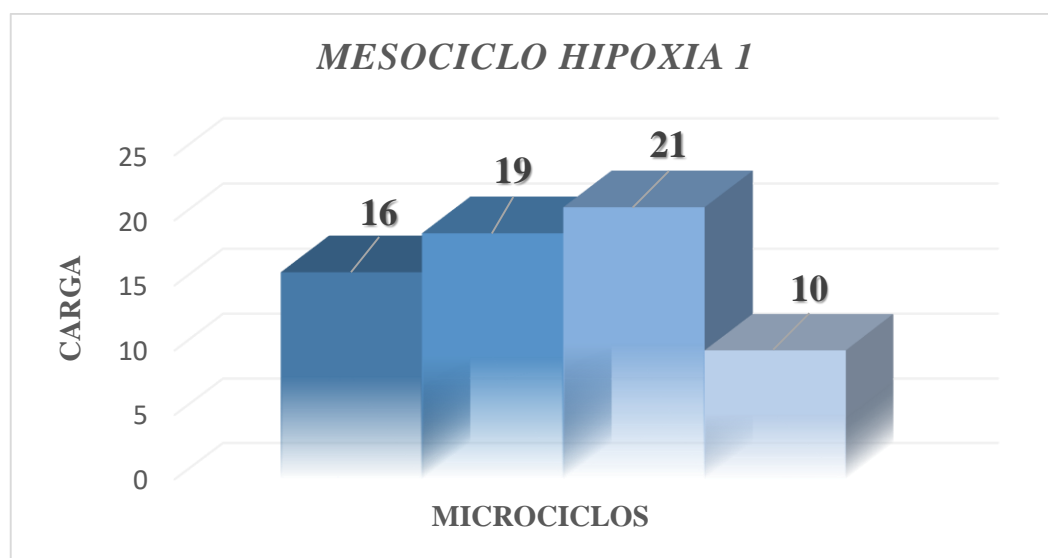
**Tabla 2.** Metodología de aplicación de los ejercicios en el modelo de microciclos de Boyle para un microciclo.

Mientras que en el caso de los mesociclos de tonificación proponemos el uso de sesiones de entrenamiento con metodología FullBody, dada la finalidad de mejora de la fuerza general del organismo, parte fundamental de estos mesociclos. En función de cómo planteemos las sesiones de Fullbody podemos orientar el objetivo. Puede modificarse la carga, número de repeticiones, número de series y tiempos de descanso en función de si queremos trabajar dentro del mismo microciclo sesiones con objetivo de hipertrofia, fuerza máxima o metabólicas (Padial & Feriche, 2017, 2021a).

### Propuesta de mesociclo en hipoxia

Los mesociclos en hipoxia pretenden mejorar en mayor medida las capacidades básicas a la vez que activan factores de transcripción relacionados con procesos fisiológicos que directamente pueden reducir los factores de riesgo cardiovascular en esta población.

Estos mesociclos se basarán en el modelo ondulante modificando el trabajo de la primera semana en función de que sea el primer o el segundo mesociclo del año.



**Ilustración 2.** Ejemplo mesociclo de hipoxia.

Como se observa en la **Ilustración 2.** Ejemplo mesociclo de hipoxia., el aumento de la carga durante el mesociclo es gradual. Parte de este incremento procede del aumento progresivo de la severidad de la hipoxia de 1500m a 3000 m simulados a lo largo de los microciclos y macrociclos del año. Al comienzo del primer mesociclo de hipoxia la carga es más baja, con objeto de realizar el test de tolerancia y la curva de aclimatación de los participantes siguiendo las pautas del protocolo establecido por el grupo de investigación SEJ-438, Análisis y Control del Rendimiento Deportivo en 2023 (datos aún sin publicar)

en el que participé como parte del equipo investigador. Este protocolo consiste en analizar, en días consecutivos, la SpO<sub>2</sub> resultante de 20 min en reposo a la FiO<sub>2</sub> equivalente a 1500, 2500 y 3500 metros, y posteriormente su resaturación, para después analizar la respuesta de la SpO<sub>2</sub> durante un ejercicio liviano (50%FCR) a 2500m de altitud. En este caso, los participantes se expondrán a altitudes simuladas de entre 1500 y 3000m de forma progresiva a lo largo de los macrociclos, precediéndose todas ellas de 20 min en reposo monitorizado para el análisis de su sensibilidad a la hipoxia, para posteriormente estudiar la respuesta a cada cota de hipoxia durante el ejercicio suave.

Es imprescindible mantener la seguridad de los participantes determinando un límite inferior de SpO<sub>2</sub> por debajo del que se detendrá la actividad y se abandonará la sala de hipoxia. El límite establecido será de 85% para cualquier determinación en reposo y 80% en ejercicio (Coker, 2002). Todos los usuarios dispondrán de un pulxioxímetro y un pulsómetro durante todas las sesiones de ejercicio en hipoxia.

Una vez determinada la sensibilidad, se adaptará la altura equivalente de la cámara de hipoxia, así como la intensidad del WOD diario para que los participantes de la programación realicen la actividad de la carga preparada, bajo los mayores criterios de salud. Se prevé una progresión en la severidad de la hipoxia a lo largo de los microciclos de los dos mesociclos en hipoxia para comenzar en 1800m y finalizar entre 2800-3000m de altitud simulada si el perfil de los participantes lo permite. Aquellos que hayan demostrado un descenso desproporcionado a la hipoxia establecida se organizarán por grupos de trabajo a una SpO<sub>2</sub> fija de partida en reposo de entre 97 y 90% a lo largo del programa.

### *Sesión tipo*

La sesión de entrenamiento es la unidad básica organizativa de la educación y formación del deportista.

Para la realización de las diferentes sesiones, dado que se trata de un entrenamiento completo cruzado, se deben realizar una variedad muy alta de ejercicios, que tal y como determinan Padial & Feriche, 2023, podríamos catalogar como:

- Ejercicios Explosivos, que a su vez podemos diferenciar entre;
  - Pliométricos (apoyos en despegue/recepción), podemos hablar de tres tipos de intensidades en función de la altura del salto (simple, media o intensa). También se puede modificar tanto ángulos, como dirección de salto. Además, en función de la forma en la que usamos las extremidades inferiores en el salto que realizamos podemos diferenciar en:
    - *Jump*. Donde el despegue y aterrizaje se realiza con los dos pies.

- *Skip*. Donde el despegue se realiza con un pie y el aterrizaje con los dos pies.
    - *Bound*. Donde el despegue se realiza con un pie y el aterrizaje se realiza con el pie contrario.
    - *Hop*. El despegue y aterrizaje se realiza con el mismo pie, “salto a la pata coja”.
  - Olímpicos: Que incluyen ejercicios de las modalidades olímpicas de halterofilia como; Clean & Jerk y Snatch o de aproximación a esos ejercicios. Sus variantes; First Pull, High Pull, Clean, Thruster, etc. y combinaciones: Power Clean, Power Snatch, Hang Clean, Hang Snatch, Hang Power Clean y Hang Power Snatch, etc.
- Ejercicios de empuje de piernas dominante de cadera. En función de la implicación de ambas piernas por igual hablamos de ejercicios bilaterales, o de si la implicación de una pierna es superior a la otra hablamos de ejercicios unilaterales. Como ejemplos de estos ejercicios tenemos;
  - Bilateral: Kettlebell Swing, Deadlift, Sumo Deadlift High Pull, Hip Thrust y Good Morning.
  - Unilateral: Deadlift Single Leg con pierna extendida que puede ser con barra, mancuernas o kettlebells.
- Ejercicios de empuje de piernas dominante de rodilla. De igual manera que en los anteriores podemos realizar los ejercicios de manera bilateral o unilateral;
  - Bilateral: Air Squat; Goblet Squat, Lunges, Back Squat, Front Squat, Overhead Squat, Walking Lunges.
  - Unilateral: Bulgarian Squat, Box Up 1 Leg, Step up y Pistol.
- Medline: Este tipo de ejercicios trata de mejorar la musculatura de la faja lumbo-abdominal incluyendo a la cadera, también conocido como Core. Para ello se realizan ejercicios de flexión, extensión y rotación, desde isométricos a dinámicos. Normalmente se realizan principalmente los ejercicios Crunch y Sit-up, aunque en nuestro caso en función de las patologías se pueden usar otros ejercicios como: Basic Plank; Reverse Plank; Side Plank, etc.
- Empujes con extremidades superiores, que en función del ángulo de dirección del empuje con respecto al cuerpo del practicante podemos hablar de;
  - Press Horizontal, donde el empuje es horizontal al tronco del deportista-practicante. Como ejemplo de este tipo de ejercicios tenemos; Push-ups, Inclined Push-ups, Bench Press Bilateral y unilateral.
  - Press Vertical, donde el empuje está en línea con el tronco del deportista-practicante.: Shoulder Press, Push Press y Push Jerk bilateral y unilateral, Pick Push-up, Handstand Push-up.

- Tracciones con extremidades superiores, que en función del ángulo de dirección del empuje con respecto al cuerpo del practicante podemos hablar de:
  - Pull Horizontal, la tracción en este caso se realiza en ángulo horizontal con respecto al tronco del deportista. Como ejemplo de estos ejercicios tenemos: Row Machine, bilateral, unilateral; Inverted (ring) Row, Single Arm Row, Single Arm Pulley Row.
  - Pull Vertical, la tracción en este caso se realiza en línea con respecto al tronco del deportista. Como ejemplo de estos ejercicios tenemos: Pull Down, Chin-up, Pull-up, Pulley, Butterfly, Muscle up.
  
- Patrones de Rotación o Diagonales: Son ejercicios con recorridos de rotación en el plano transversal, por ello implican principalmente la transferencia de fuerza del tren inferior al superior y viceversa. Aunque suelen constituir una tipología de ejercicio por sí misma, pueden aunarse con otro tipo de ejercicios de empuje o tracción para darle globalidad al movimiento. Ejercicios como la rotación de tronco con polea o el Russian Twist constituyen un ejemplo de las muchas variantes rotacionales en este patrón.
  
- Anti-Rotación, Flexión o Extensión. "Los anti-movimientos son todos aquellos ejercicios en los que la columna se mantiene en posición neutra mientras que fuerzas externas tratan de desestabilizarla". Son ejercicios que se fundamentan en la oposición al movimiento para estabilizar la columna. Como ejemplo de estos ejercicios tenemos el Pallof Press en polea, Dead Bug, Bird Dog y los distintos tipos de Plank, el rodillo abdominal y diversos ejercicios de estabilidad de Core con fitball. (Padial & Feriche, 2021b)

Siguiendo la metodología Cross Training, los ejercicios se agrupan en 3 grandes bloques: Ejercicios con sobrecarga externa, ejercicios gimnásticos con autocarga y ejercicios metabólicos (Tabla 3)

**Tabla 3.** Ejemplo de ejercicios de cada bloque.

<b>Weight/Fuerza</b>	<b>Gimnásticos (sin peso)</b>	<b>Metabólicos</b>
<b>W</b>	<b>G</b>	<b>M</b>
Ball Exercise	Air squat	Assault Bike o Air Bike
Bench Press	Crunch	Bike
Clean	Dips	Burpees
Clean & Jerk	Handstand	Burrolls
Deadlift	Handstand Push-ups	Elliptical
Dumbbell Exercise	Jumps	Jumping Jacks
High Pull	Muscle Up	Mountain climbers
Hip Thrust	Plank	Hopscotch
Jerk	Pull-up	Rope Jump
Kettlebell exercise	Push-up	Rowing
Landmine	Rope Climb	Running
Sandback Exercise	Split Jump	Swim
Snatch	Squat Jump	Trail Running
Squat	Wall Climb	Walk
Thruster	War Rope o Battle Rope	
Transportation		
Vertical Presses		

Los entrenamientos o WOD (*Work of the day o entrenamiento del día*), tienen el objetivo es crear un “*deportista completo*”, puesto que tratan de trabajar a lo largo de la semana todas las capacidades y grupos musculares. Por este motivo todos estos WODs están compuestos por ejercicios de gimnasia acrobática, levantamiento de pesas y ejercicios metabólicos.

Cada sesión, como en la mayoría de los entrenamientos, está compuesta por tres partes: 1) la primera introductoria denominada calentamiento o Warm-up, donde se realiza de manera general y específica a la actividad a realizar a continuación; 2) parte principal, donde realizamos el WOD; y 3) Cool-Down o vuelta a la calma, donde la intención es el restablecimiento de los sistemas reduciendo paulatinamente la actividad de los sistemas implicados en la sesión.

Antes de comenzar cada sesión de entrenamiento es importante realizar una pequeña parte de información y organización de los participantes para que conozcan lo que se va a realizar en la sesión diaria, así como explicar las posibles dudas existentes.

En cuanto al WOD, se trata del momento más intenso del entrenamiento. En este tipo de entrenamiento, tal y como se ha explicado con anterioridad, se suelen hacer combinaciones de ejercicios en dúos, tríos, e incluso más, con peso o sin él para conseguir el dominio corporal y acometer los objetivos propuestos.



Hay distintas formas de organizar el WOD, pero entre ellos destacan:

- *AHAP*, As Heavy As Possible. Donde se debe realizar un número determinado de repeticiones con el máximo peso posible.
- *AMRAP*, As Many Rounds As Possible. Con esta metodología se debe realizar tantas rondas como se pueda con un peso y repeticiones determinado para un tiempo dado.
- *Chipper*, también conocido como Lista de la compra. Se deben realizar un número determinado de repeticiones y ejercicios en un tiempo, por lo que cuanto más rápido hagas el ejercicio, más tiempo tienes para descansar.
- *Couplet*, tipo de entrenamiento que está compuesto por dos movimientos.
- *AFAP*: As Fast As Possible, donde se deben realizar el movimiento de los ejercicios del WOD tan rápido como sea posible con una carga determinada.
- *In the shortest time*, se debe realizar el WOD en el menor tiempo posible.
- *Método TABATA*, método de circuitos donde se trabaja y descansa un tiempo determinado, desarrollado por el profesor Izumi Tabata (Tabata, 2019), adaptado a las capacidades de los participantes.

La duración de un WOD puede durar es normalmente de 7 a 30 minutos. Al agregarle el tiempo de calentamiento y la vuelta a la calma, el entrenamiento durará de 45 a 60 minutos, pudiendo llegar a los 80 min. Se debe tener en cuenta que las sesiones normalmente son intensas, aunque siempre adaptadas al individuo/paciente. Las Tablas 4 y 5 presentan el esquema de la sesión de entrenamiento y el desarrollo de una sesión a modo de ejemplo (Tablas 4 y 5):

**Tabla 4.** Estructura general de la sesión de Cross Training.

<b>PARTE</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>TIEMPO</b>
<b>Calentamiento</b>	Se realiza un calentamiento formal, con una primera parte general de activación general del organismo, seguido de ejercicios de movilidad y elasticidad. En segundo lugar, un calentamiento específico para la mejora de la prestación muscular específica y la coordinación, en función de la parte principal a realizar.	10'-15'
Las siguientes dos partes, Habilidad y Acondicionamiento General, no suelen aparecer en la misma sesión, por lo que en función de las necesidades se realizará una u otra. Pudiendo realizar ambas a lo largo de la semana.		
<b>Habilidad</b>	Esta es una parte dirigida al aprendizaje de las habilidades básicas o ejercicios fundamentales que se van a realizar. Se realizan ejercicios de técnica hasta que se automaticen y puedan utilizarse de forma segura para ayudarnos en los distintos entrenamientos, a conseguir los objetivos personales y aumentar nuestra fuerza y potencia de una manera segura.	10'-15''
<b>Acondicionamiento General</b>	Es la parte del entrenamiento destinada al desarrollo de una habilidad o capacidad física general.	10'-15''
<b>WOD o Entrenamiento del día.</b>	Se trata de la parte principal del entrenamiento, es la más intensa y donde más ejercitaremos todo nuestro cuerpo. La variedad de ejercicios que se pueden realizar, así como los descansos y metodología de ejercicios es muy variable.	15'-30'
<b>Core</b>	Entrenamiento de la zona media y los músculos estabilizadores, se enfoca en el trabajo de los músculos del Core o de estabilización lumbo-pélvica que se encargan de transmitir la fuerza necesaria para la realización de los movimientos corporales.	10'-15'
<b>Vuelta a la calma</b>	Comprende actividad aeróbica de baja intensidad y ejercicios estáticos de elasticidad y soltura que contribuyen a la recuperación del organismo antes de la ducha.	5'-10'

<b>MESOCICLO-3</b>	
<b>Semana 11 (28)</b>	<b>M – GW - MGW – MG - W</b>
<b>Lunes</b>  <b>M</b>	<p><b>Calentamiento:</b> 10' Activación general del organismo + Movilidad Squat</p> <p><b>Habilidad:</b> 10' Progresión al air squat</p> <p><b>WOD:</b> 5 rondas de 20 m Crawl Bear + 50 Jumping Jacks + 10 Burpees adaptados.</p> <p><b>Core:</b> 5 series EMOM de 15 sit-ups</p> <p><b>Vuelta a la calma:</b> 10' actividad aeróbica + Ejercicios de elasticidad</p>
<b>Martes</b>  <b>GW</b>	<p><b>Calentamiento:</b> 10' Activación general del organismo + ejercicios de movilidad de rodillas, caderas y espalda</p> <p><b>Específico:</b> 3 rondas de 5 Air Squat + 5 Deadlifts (~40% 1RM)</p> <p><b>Fuerza:</b> 5 series de 4-6 rep de Back Squat (subiendo peso comenzando con la carga que se puede desplazar 10 veces (~ 75% 1RM).</p> <p><b>WOD.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 7' AMRAP de 8 Pull-ups con banda o ejercicio adaptado + 8 Wall Ball (3-5 kg)</li> </ul> <p><b>Core:</b> 3 series de 10 repeticiones de One Leg Deadlift + Hip Thrust sin carga</p> <p><b>Vuelta a la calma:</b> 10' actividad aeróbica + Ejercicios de elasticidad</p>
<b>Miércoles</b>  <b>MGW</b>	<p><b>Calentamiento:</b> 15' activación general + Ejercicios de movilidad en polea</p> <p><b>Acondicionamiento:</b> 15 minutos de ejercicios con Bosu</p> <p><b>WOD:</b> Chipper (20' Tiempo límite) de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 2' Skipping en el sitio + 30 Push-ups adaptado + 10 Hang Power Snatch (solo barra)</li> <li>– 150 saltos a la comba + 15 Sit-ups + 6 Thruster (sólo barra)</li> <li>– 150 m Remo + 15 Air Squat + 6 Bench Press (solo barra)</li> </ul> <p><b>Core:</b> 5 series EMOM de 10 Back Extension</p> <p><b>Vuelta a la calma:</b> 10' actividad aeróbica + Ejercicios de elasticidad.</p>
<b>Jueves</b>  <b>MG</b>	<p><b>Calentamiento:</b> 10' Activación general del organismo + movilidad de cadera</p> <p><b>Acondicionamiento:</b> 15' Multisaltos variados: Jump (hoop, hurdles)</p> <p><b>Fuerza:</b> 5 series de 4-6 rep de Bench Press (subiendo peso comenzando con la carga que se puede desplazar 10 veces (~ 75% 1RM).</p> <p><b>WOD:</b> 5 series de 50 Rope Jumps + 15 Box Jump (~40 cm)</p> <p><b>Core:</b> 3 series de 10 rep Rolling wheel ABS con banda elástica + <i>Farmer's Walk</i> (10 kg)</p> <p><b>Vuelta a la calma:</b> 10' actividad aeróbica + Ejercicios de elasticidad</p>

<b>Viernes</b>  <b>W</b>	<p><b>Calentamiento:</b> 10´ Liberación miofascial + Movilidad de caderas + Movilidad para Front Squat de caderas, tobillos y hombros</p> <p><b>Habilidad/fuerza:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 10´ Técnica de Snatch. <i>Posición de codos y hombros, espalda, etc.</i></li> <li>➤ 5 rondas de 4 rep de Overhead Squat (solo barra)</li> </ul> <p><b>WOD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ AMRAP 20´: Series de 1-3 Power Snatch (incrementando peso cada serie).</li> </ul> <p><b>Core:</b> 5 series de Rumanian Deadlift (sólo barra)</p> <p><b>Vuelta a la calma:</b> 10´ actividad aeróbica + Ejercicios de elasticidad</p>
--------------------------------	---

**Tabla 5.** Ejemplo de sesiones de un microciclo.

La sesión propuesta corresponde al segundo microciclo del mesociclo de Hipoxia y comenzarán a una altitud simulada de 1800m. Los participantes de la programación han desarrollado sus capacidades para el desarrollo de la técnica específica de los gestos de los ejercicios propuestos puesto que previo a este microciclo se han realizado seis mesociclos 4 de ellos de preparación general, y dos de ellos de preparación específica.

En cuanto a la intensidad, gracias al tipo de metodologías de ejecución empleadas, el preparador podrá adecuar la intensidad mediante el aumento o reducción de la carga, el tiempo de descanso o el número de rondas realizadas, y además en muchos casos no es necesario que completen el WOD, siempre y cuando la intensidad haya sido la deseada.

## Evaluación del programa

Tal y como se ha detallado anteriormente en la presente planificación, disponemos de diferentes tipos de sesiones, no siendo posible aplicar en todas los mismos parámetros de control para la evaluación del programa. Por ello vamos a realizar una diferenciación entre control/evaluación intra-sesión para sesiones de hipoxia y normoxia, y control general del programa.

### Control general de la evolución del programa

Los participantes del proyecto son personas de diversas condiciones, por lo que es necesario atender a cada uno con sus particularidades, pero aun así existen ciertos aspectos de control generales que nos permiten adaptar la carga uno de ellos. Con este fin se van a realizar ciertos controles generales para detectar la evolución y seguridad de estos pacientes.

- Prueba de esfuerzo inicial según criterios de evaluación de riesgo. Todos los participantes realizarán una prueba de esfuerzo, según criterio, para detectar el nivel inicial de condición aeróbica, con el fin de detectar posibles complicaciones y adaptar la intensidad de la actividad aeróbica de mejor manera. Se solicitará un valor de frecuencia cardiaca basal matutino. Así sin la necesidad de un test máximo podemos adaptar la carga de entrenamiento.
- Test de fuerza. Puesto que se van a realizar ejercicios con sobrecargas, normalmente es necesario detectar el peso para la Repetición Máxima (RM). Dado que nuestro grupo de participantes no está habituado al entrenamiento con sobrecargas, se utilizará la percepción de repeticiones en reserva como método de control de la carga de ejercicio. Por ello no es necesario detectar la RM en cada ejercicio de cada sujeto, si no que valoraremos la capacidad de aplicar fuerza en función de la edad tal y como se desarrolla en los ALPHA fitness test (ALPHA Project, 2019), una vez dominen la técnica de ejecución, aspecto que será prioritario en este tipo de ejercicios.
- Percepción de esfuerzo subjetiva (RPE). Tanto si se puede detectar el esfuerzo con los métodos anteriores, como si no se pudiera, es necesario atender a la percepción de esfuerzo que tiene cada sujeto para una carga, y adaptar la intensidad de dicha carga a la RPE de trabajo que deseemos. Para ello será necesario familiarizar a los participantes en el uso de esta herramienta a lo largo del mesociclo Introductorio.

Además, para poder ir adaptando la intensidad y dificultad de los ejercicios a realizar a las capacidades adquiridas del sujeto, así como para evaluar la motivación y la condición física general de éstos, se realizarán al final de cada mesociclo, en el microciclo de restablecimiento, una sesión de test de control.

#### Control intra-sesión de las sesiones de normoxia.

Por otro lado, si atendemos al control/evaluación de las sesiones de normoxia, los participantes de la programación tienen diversas patologías que provocan cierto riesgo vascular. Por ello, es necesario adecuar la carga y ejercicios a dichas patologías. Con este fin he decidido puntualizar ciertas cuestiones a tener en cuenta con este tipo de población en función del factor de riesgo que tenga el participante:

- Hipertensión.
  - Tienen que tener la tensión controlada, aun así, se debe registrar la tensión previa al comienzo de la sesión, una tensión 20% por encima o debajo de lo habitual del paciente es criterio de cancelación de la actividad de ese día.

- Puesto que registrar la tensión durante el ejercicio es complicado, es muy importante ir viendo la evolución de los gestos de los participantes, así como preguntarles por su estado.
- Se deben evitar los ejercicios que provoquen la maniobra de Valsalva, para evitar aumentar en mayor medida la tensión interna, por lo que no trabajarán con cargas muy pesadas ni con ejercicios de tipo isométrico.
- Diabetes.
  - Deben tener la diabetes controlada. Como criterio de exclusión se considerará una glucemia < 70 mg/dL.
  - Se tendrá muy en cuenta la percepción de mareo en estos pacientes.
- Obesidad.
  - Se aumentará la carga de trabajo de manera muy progresiva por el alto riesgo de aterosclerosis (Azucena & Corona, 2017).
  - Puede estar asociada a otras patologías como diabetes e hipertensión por lo que sí es el caso, se opta por las medidas más restrictivas.
  - Se adaptarán los ejercicios a su movilidad.

Como control durante las sesiones se utilizará un monitor de frecuencia cardíaca por persona con display a una Tablet para poder controlar a todo el grupo. Por otro lado, se valorará el esfuerzo a realizar en función de una RPE determinada. Por último, se atenderá a el estado físico observable por el entrenador ante algún signo que pueda alertar alguna complicación/problema.

### Control intra-sesión de las sesiones de hipoxia

En el caso de las sesiones de hipoxia, se aplicarán los mismos criterios de seguridad que los detallados para las sesiones de normoxia, pero con algún elemento de seguridad más tal y como se observa a continuación;

- Prueba previa al comienzo del programa. Al comienzo del programa y con el fin de valorar si los sujetos pueden o no adherirse al programa en hipoxia, se realizará una prueba en reposo a con una FiO<sub>2</sub> equivalente a una altura simulada y progresiva desde los 1500 a los 3000 metros. No se permitirán SpO<sub>2</sub> inferiores al 85% en reposo en ningún caso. Durante los días de aclimatación se controlará la respuesta de la SpO<sub>2</sub> en ejercicio de baja carga (50%FCR) para valorar la sensibilidad a la hipoxia en ejercicio y organizar, si procede, grupos especiales. No se permitirán desaturaciones inferiores al 80% en ejercicio.
- Control durante las sesiones. Para el control y seguridad durante las sesiones, se utilizará un pulsioxímetro con detección en dedo que se consultará antes, durante y después de cada parte del entrenamiento.

## Autoevaluación y desarrollo profesional

Primero de todo me gustaría decir que he tenido la gran suerte de poder realizar las prácticas y el Trabajo de Fin de Grado en consonancia. De manera que en las practicas he podido aprender mucha de la información utilizada en el presente trabajo.

Siempre he estado muy relacionado con la hipoxia, puesto que he sido corredor de esquí alpino y montañero, y actualmente sigo siendo gran amante de la montaña, pero ya en un ambiente social y deportivo de medio nivel ya sea con esquís, bicicleta, corriendo o subiendo grandes cumbres. Y siempre he sabido grandes de los beneficios y riesgos que tenía la hipoxia hipobárica en el organismo de un sujeto sano medianamente deportista.

Por ello creo que el interés que he desarrollado este último año del grado por el conocimiento y aplicación de este estímulo hipóxico con el objetivo de mejorar la salud y no tanto el rendimiento. Surgiendo la posibilidad de informarme al respecto, y de realizar ciertos trabajos de investigación sobre perfiles de desaturación-resaturación con el grupo de investigación “Análisis y Control del Rendimiento Deportivo”.

A mi parecer en el presente trabajo se han desarrollado y puesto en evidencia grandes habilidades desarrolladas a lo largo del Grado.

Por un lado, se ha puesto en evidencia la capacidad de búsqueda de información específica y síntesis para la justificación de las necesidades de realizar este trabajo, así como de las mejoras que puede lograrse con este método. Todo ello gracias al continuum de las asignaturas en la obligación de realización de trabajos basándose en la evidencia científica.

Por otro lado, se puede observar la aplicación de enseñanzas específicas de diferentes materias obtenidas en el transcurso de este grado. Puesto que para el desarrollo de una metodología de entrenamiento me he apoyado en las enseñanzas obtenidas de las asignaturas de “Entrenamiento Deportivo”, y “Nuevas tendencias en Fitness” así como (en mi caso al haber cursado media carrera en la facultad de Huesca) de las asignaturas de “Salud” y “Poblaciones Específicas”, que han sido mis más grandes pilares para el desarrollo del trabajo.

Sin embargo, creo que existe un gran fallo en todas las formaciones de Grado, puesto que, si bien creo que sienta en este caso el Grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte una gran base sobre la que desarrollar un gran conocimiento, la posibilidad de salida laboral de calidad actualmente es escasa. Siento que en primero de Grado se debería impartir una asignatura, o una serie de talleres obligatorios donde se explicara la importancia de la nota (y sus implicaciones), así como de cómo acceder a diferentes becas de colaboración en investigación, puesto que en este aspecto se da muy poca información

y no son pocos alumnos que en tercero y cuarto que se arrepienten de las notas obtenidas en los primeros cursos al ver sus objetivos truncados por la mala nota media obtenida.

Además, en este sentido, no se imparte ningún tipo de conocimiento similar a las asignaturas de Formación y Orientación Laboral de los grados medios y superiores, por lo que los graduados que provienen de bachillerato acceden al sistema laboral muchos de ellos sin tener idea de cómo leer una nómina, contrato, etc. Así como de sus derechos, obligaciones y partes importantes del mundo laboral.

Por último, creo que la realización del presente trabajo tiene un gran potencial puesto que, si bien existe poca investigación en cuanto a la posible reducción de los riesgos de Enfermedad Cardiovascular en salas de hipoxia con actividad física, sí que existe mucha evidencia científica si nos referimos a la reducción de dichos factores tanto por la realización de ejercicio físico como en hipoxia en reposo, ambos por separado. Por ello me llevó a creer que la aplicación de un programa de ejercicio físico con estímulos de hipoxia, podía ser realmente interesante.

En este sentido, me gustaría poder dar a este trabajo la evidencia científica necesaria para poder aplicarlo con grandes garantías de seguridad y beneficios. Por ello mi intención es seguir con la investigación de este tema durante la realización del master de investigación, y probablemente culminando en la realización de una tesis doctoral.

Con este fin, creo que debo seguir aumentando mis conocimientos en el tema mediante la participación en los entrenamientos de alto rendimiento de los grupos de montaña, así como seguir participando en las sesiones que se imparten en la consulta de Ejercicio para la Prevención de enfermedad Cardíaca del Hospital Virgen de las Nieves en Granada, así como posibles opciones que puedan ayudarme en mi futuro.



## Agradecimientos

Quiero comenzar dando las gracias a todos los miembros del grupo de investigación “Análisis y Control del Rendimiento Deportivo”, que tanto me han ayudado a lo largo de la preparación de este trabajo fin de grado, en especial a mi tutora Belén Feriche que me ha exigido y ayudado a partes iguales para la realización de este proyecto, y a Irene Petrer, que me enseñó a no perderme con la instrumentación del laboratorio.

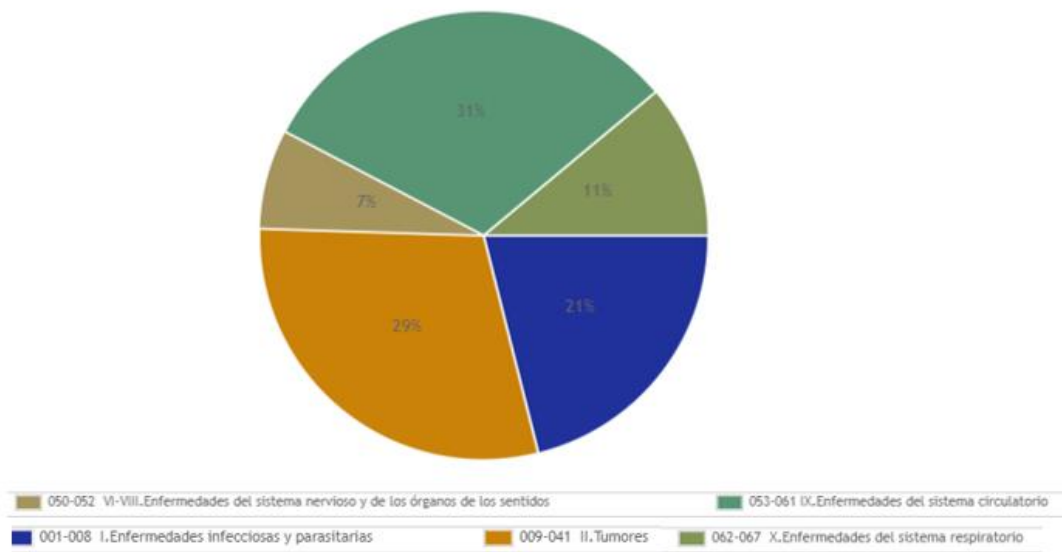
Por otro lado, me gustaría agradecer a la Consulta de Ejercicio para la Prevención de Enfermedad Cardíaca del Hospital Virgen de las Nieves, que me permitió acudir a varias sesiones para observar cómo se está trabajando actualmente con los medios disponibles la aplicación de ejercicio físico en la prevención de enfermedad cardíaca.

También me gustaría agradecer el apoyo incondicional de mi familia, que desde la distancia han conseguido ayudarme en todo lo que han podido durante estos largos años, y sin ellos esto no hubiera sido posible.

Por último, tengo que dar el mayor agradecimiento a mi pareja Carla, sin la cual nada de esto hubiera sido posible, por ser una ayuda ejemplar y un apoyo enorme para poder haber realizado este trabajo con el tiempo disponible.

## Anexos

**Defunciones por causas (lista reducida) por sexo y grupos de edad**  
Estadística de Defunciones según la Causa de Muerte, Causa de muerte, Total, Todas las edades, 2020



**Anexo 1.** *Gráfico de las 5 principales causas de defunción en España en 2020.*

# Tablas de Riesgo Coronario

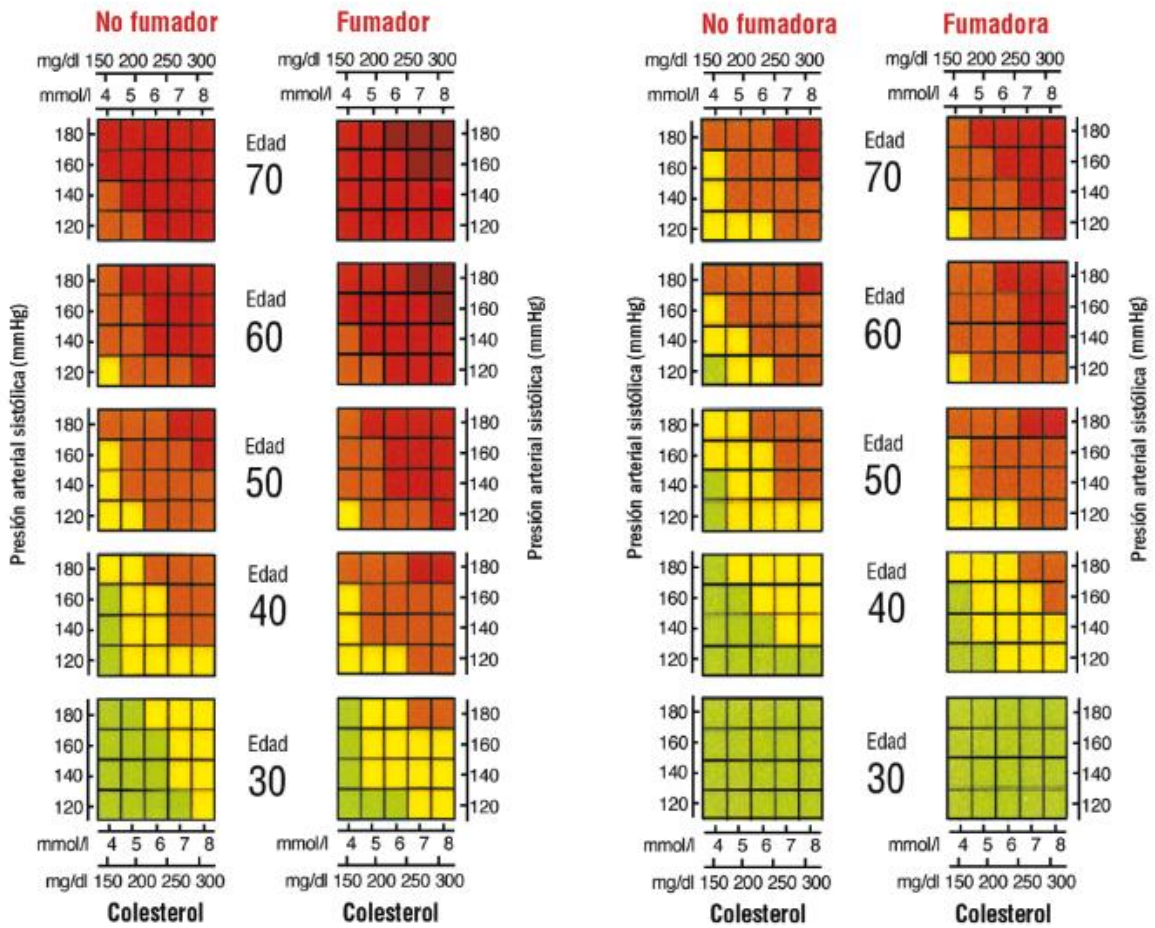
## Prevención Primaria de Enfermedades Coronarias

**HOMBRES**

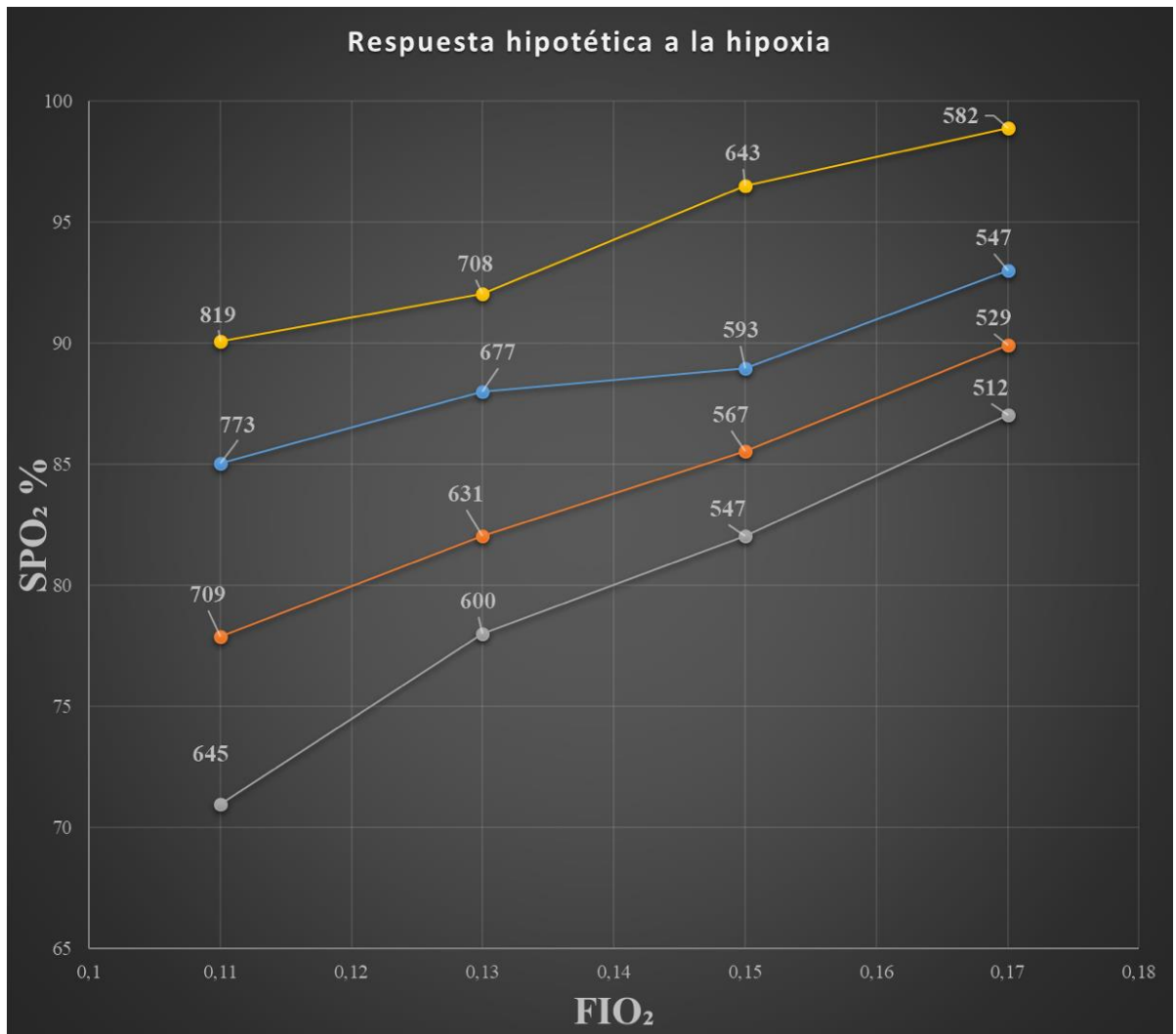
Riesgo de Enfermedad Coronaria

**MUJERES**

Riesgo de Enfermedad Coronaria



Anexo 2. Tabla SCORE de riesgo de enfermedad cardiovascular.



**Anexo 3.** *Gráfico de respuesta hipotética a la hipoxia.* Adaptado de la figura 1 de (Soo et al., 2020).

## Bibliografía

- Alemán Abellán, J., Sainz De Baranda Andujar, P., & Ortín Ortín, E. J. (2010). Guía para la prescripción del ejercicio físico. *Sociedad Española de Hipertensión*.
- ALPHA Project. (2019). *ALPHA: Assessing Levels of PHysical Activity and fitness at population level*. <https://sites.google.com/site/alphaprojectphysicalactivity/alpha-public-documents/alpha-fit/assessing-fitness-in-adults>
- Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Flores, M., Henríquez-Olguín, C., Campos, C., Carrasco, V., Martínez, C., & Celis-Morales, C. (2013). Respuestas metabólicas inducidas por ejercicio físico de alta intensidad en mujeres sedentarias con glicemia basal alterada e hipercolesterolemia. *Revista Médica de Chile*, *141*(10), 1293–1299. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013001000008>
- Azucena, D., & Corona, E. J. (2017). “*Obesidad y aterosclerosis; principales factores de riesgo que desarrollan la Calcificación Cardiovascular.*”
- Barrera, R. (2017). Cuestionario Internacional de actividad física (IPAQ). *Revista Enfermería Del Trabajo*, *7*(2), 49–54.
- Buford, T. W., Rossi, S. J., Smith, D. B., & Warren, A. J. (2007). A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(4), 1245–1250. <https://doi.org/10.1519/R-20446.1>
- Carnicero, S. (2014). Hipertensión arterial y ejercicio físico. *Globealth Care*. [https://www.um.es/innova/OCW/actividad\\_fisica\\_salud/contenidos/hipertensin\\_arterial\\_y\\_ejercicio\\_fsico.html](https://www.um.es/innova/OCW/actividad_fisica_salud/contenidos/hipertensin_arterial_y_ejercicio_fsico.html)
- Castro jimenez, L. E., Galvez Pardo, A. Y., Guzman Quintero, G. A., & Garcia Muñoz, A. I. (2019). Fuerza explosiva en adultas mayores, efectos del entrenamiento en fuerza máxima (Explosive strength in older adults, training effects on maximum strength). *Retos*, *36*(36), 64–68. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.66715>
- Chacaroun, S., Borowik, A., Morrison, S. A., Baillieul, S., Flore, P., Doutreleau, S., & Verges, S. (2017). Physiological Responses to Two Hypoxic Conditioning Strategies in Healthy Subjects. *Frontiers in Physiology*, *7*(JAN). <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2016.00675>
- Chevez Elizondo, D. (2020). *Factores De Riesgo Cardiovascular*. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*. <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v4i1.108>
- Coker, R. (2002). Managing passengers with respiratory disease planning air travel: British Thoracic Society recommendations. *Thorax*, *57*(4), 289–304. <https://doi.org/10.1136/THORAX.57.4.289>
- Cosmea, A. Á. (2001). 2 2 2 0 Las tablas de riesgo cardiovascular. Una revisión crítica The cardiovascular risk charts. A critical review. *MEDIFAM*, *11*, 122–139.
- Danielevicz, A., Schlösser, L., Heberle, I., Juchem, G., Hansen, F., Gerage, A. M., & Delevatti, R. S. (2022). Nine weeks of combined training improve functional and morphological outcomes in trained older people with cardiometabolic risk factors. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *32*, 137–142.

<https://doi.org/10.1016/J.JBMT.2022.04.016>

- Feriche, B. (2023). Ejercicio Físico en Hipoxia. In J. López Chicharro & A. Fernández Vaquero (Eds.), *Fisiología del ejercicio* (4th ed., Vol. 5, pp. 353–363). Panamericana.
- Fundación española del corazón. (2017). *¿Cuánto cuesta un enfermo cardiovascular?* <https://fundaciondelcorazon.com/corazon-facil/blog-impulso-vital/2208-cuanto-cuesta-enfermo-cardiovascular.html>
- Garvican-Lewis, L. A., Sharpe, K., & Gore, C. J. (2016). Time for a new metric for hypoxic dose? *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *121*(1), 352–355. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00579.2015>
- Humberstone-Gough, C. E., Saunders, P. U., Bonetti, D. L., Stephens, S., Bullock, N., Anson, J. M., & Gore, C. J. (2013). Comparison of Live High: Train Low Altitude and Intermittent Hypoxic Exposure. *Journal of Sports Science & Medicine*, *12*(3), 394. [/pmc/articles/PMC3772580/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2372580/)
- Husain, A. F. (2011). Part A: Cachexia. *Palliative Care: Core Skills and Clinical Competencies, Expert Consult Online and Print*, 129–144. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-1619-1.00009-3>
- Instituto Nacional de Estadística - INE. (n.d.). *Tasas estandarizadas de mortalidad por causa de muerte (causas más frecuentes), sexo y nivel de estudio. 25 y más años*. Retrieved November 15, 2022, from <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?tpx=50700#!tabs-grafico>
- Laukkanen, J. A., Zaccardi, F., Khan, H., Kurl, S., Jae, S. Y., & Rauramaa, R. (2016). Long-term Change in Cardiorespiratory Fitness and All-Cause Mortality: A Population-Based Follow-up Study. *Mayo Clinic Proceedings*, *91*(9), 1183–1188. <https://doi.org/10.1016/J.MAYOCP.2016.05.014>
- Lizamore, C. A., & Hamlin, M. J. (2017). The Use of Simulated Altitude Techniques for Beneficial Cardiovascular Health Outcomes in Nonathletic, Sedentary, and Clinical Populations: A Literature Review. *High Altitude Medicine & Biology*, *18*(4), 305–321. <https://doi.org/10.1089/HAM.2017.0050>
- Lopategui Corsino, E. (2016). Acción de la razón cintura-cadera. *Saludmed*. [http://www.saludmed.com/labsfisiologiaejercicio/nutricionyantropometricas/LAB\\_I22-Razon\\_Cintura-Cadera.pdf](http://www.saludmed.com/labsfisiologiaejercicio/nutricionyantropometricas/LAB_I22-Razon_Cintura-Cadera.pdf)
- Mallet, R. T., Burtscher, J., Richalet, J. P., Millet, G. P., & Burtscher, M. (2021). Impact of High Altitude on Cardiovascular Health: Current Perspectives. *Vascular Health and Risk Management*, *17*, 317–335. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S294121>
- Mateika, J. H., El-Chami, M., Shaheen, D., Ivers, B., Mateika, J. H., & Dingell, J. D. (2015). Intermittent hypoxia: a low-risk research tool with therapeutic value in humans. *J Appl Physiol*, *118*, 520–532. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00564.2014.-Intermit>
- Michael Boyle. (2013). Advances in functional training. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). [https://www.academia.edu/43026013/ADVANCES\\_IN\\_FUNCTIONAL\\_TRAINING\\_Michael\\_Boyle](https://www.academia.edu/43026013/ADVANCES_IN_FUNCTIONAL_TRAINING_Michael_Boyle)

- Millet, G. P., Debevec, T., Brocherie, F., Malatesta, D., & Girard, O. (2016). Therapeutic Use of Exercising in Hypoxia: Promises and Limitations. *Frontiers in Physiology*, 7(JUN). <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2016.00224>
- Millet, G. P., Roels, B., Schmitt, L., Woorons, X., & Richalet, J. P. (2010). Combining hypoxic Methods for peak performance. In *Sports Medicine* (Vol. 40, Issue 1, pp. 1–25). <https://doi.org/10.2165/11317920-000000000-00000>
- Navarrete-Opazo, A., & Mitchell, G. S. (2014). Therapeutic potential of intermittent hypoxia: a matter of dose. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 307(10), R1181–R1197. <https://doi.org/10.1152/AJPREGU.00208.2014>
- Nowak, A., Kucio, C., Nowak, Z., & Küpper, T. (2019). The effect of hypoxia on exercise tolerance in individuals after acute coronary syndrome treated with angioplasty combined with coronary stent implantation – pilot studies. *Family Medicine and Primary Care Review*, 21(2), 117–123. <https://doi.org/10.5114/FMPCR.2019.84547>
- Padial, P., & Feriche, B. (2017). *Manual de Entrenamiento deportivo*. CopiDeporte.
- Padial, P., & Feriche, B. (2021a). *Apuntes Entrenamiento deportivo*.
- Padial, P., & Feriche, B. (2021b). *Entrenamiento deportivo- Manual de Practicas*. Editorial Tecnica Avicam.
- Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., Collet, J. P., Corrado, D., Drezner, J. A., Halle, M., Hansen, D., Heidbuchel, H., Myers, J., Niebauer, J., Papadakis, M., Piepoli, M. F., Prescott, E., Roos-Hesselink, J. W., Stuart, A. G., ... Wilhelm, M. (2021). Guía ESC 2020 sobre cardiología del deporte y el ejercicio en pacientes con enfermedad cardiovascular. *Revista Española de Cardiología*, 74(6), 545.e1-545.e73. <https://doi.org/10.1016/J.RECESP.2020.11.026>
- Ramos-Campo, D. J., Girard, O., Pérez, A., & Rubio-Arias, J. (2019). Additive stress of normobaric hypoxic conditioning to improve body mass loss and cardiometabolic markers in individuals with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*, 207, 28–40. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSBEH.2019.04.027>
- Rice, T. W., Wheeler, A. P., Bernard, G. R., Hayden, D. L., Schoenfeld, D. A., & Ware, L. B. (2007). Comparison of the Spo2/Fio2 Ratio and the Pao2/Fio2 Ratio in Patients With Acute Lung Injury or ARDS. *Chest*, 132(2), 410–417. <https://doi.org/10.1378/CHEST.07-0617>
- Sans, S., Fitzgerald, A. P., Royo, D., Conroy, R., & Graham, I. (2007). Calibración de la tabla SCORE de riesgo cardiovascular para España. *Revista Espanola de Cardiologia*, 60(5), 476–485. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(07\)75064-9](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(07)75064-9)
- Schmutz, S., Däpp, C., Wittwer, M., Durieux, A. C., Mueller, M., Weinstein, F., Vogt, M., Hoppeler, H., & Flück, M. (2010). A hypoxia complement differentiates the muscle response to endurance exercise. *Experimental Physiology*, 95(6), 723–735. <https://doi.org/10.1113/EXPPHYSIOL.2009.051029>
- Serebrovskaya, T. V., Manukhina, E. B., Smith, M. L., Downey, H. F., & Mallet, R. T.

- (2008). Intermittent Hypoxia: Cause of or Therapy for Systemic Hypertension? *Https://Doi.Org/10.3181/0710-MR-267*, 233(6), 627–650.  
<https://doi.org/10.3181/0710-MR-267>
- Sociedad española de cardiología. (2014). *Frecuencia cardiaca*. Sociedad Española de Cardiología, Fundación Española Del Corazon.  
<https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/marcadores-de-riesgo/frecuencia-cardiaca.html>
- Solà Serrabou, M., López del Amo, J. L., & Valero, O. (2014). Efecto de 24 semanas de entrenamiento de fuerza a moderada-alta intensidad en ancianos. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 49(3), 115–120.  
<https://doi.org/10.1016/J.REGG.2013.12.002>
- Soo, J., Girard, O., Ihsan, M., & Fairchild, T. (2020). The Use of the SpO2 to FiO2 Ratio to Individualize the Hypoxic Dose in Sport Science, Exercise, and Health Settings. *Frontiers in Physiology*, 11.  
<https://doi.org/10.3389/FPHYS.2020.570472/FULL>
- Tabata, I. (2019). Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *Journal of Physiological Sciences*, 69(4), 559–572.  
<https://doi.org/10.1007/S12576-019-00676-7/FIGURES/9>
- Viscor, G., Torrella, J. R., Corral, L., Ricart, A., Javierre, C., Pages, T., & Ventura, J. L. (2018). Physiological and biological responses to short-term intermittent hypobaric hypoxia exposure: From sports and mountain medicine to new biomedical applications. *Frontiers in Physiology*, 9(JUL), 1–20.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00814>