

UCUENCA

Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación

Carrera de Ciencias de la Educación en Cultura Física

Determinar los efectos de la hipoxia en el rendimiento físico en atletas de diferentes disciplinas de atletismo

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Licenciado en Ciencias de la Educación en Cultura Física

Autor:

David Franklin Reyes Pérez

CI: 0106202328

Correo electrónico: davidreyes8484@gmail.com

Director:

Dr. Nelson Albino Cobos Bermeo

CI: 0102513249

Cuenca - Ecuador

20-05-2022

RESUMEN

En la actualidad es creciente el interés por describir las condiciones fisiológicas que cambian o mejoran durante el entrenamiento en altitudes elevadas. Como resultado, ha dado paso a áreas de investigación específicas, donde se han observado múltiples beneficios, entre ellos mejoras en el rendimiento deportivo. El objetivo de este trabajo es determinar los efectos de hipoxia sobre el rendimiento físico con un enfoque en la disciplina de atletismo. La metodología aplicada en el presente trabajo es una revisión bibliográfica, se basa en artículos sustraídos de obras de investigación científicas y bases teóricas del entrenamiento en hipoxia que son consultados de bases digitales bibliográficas como son Google academic, 1Library Dialnet, Springer Link y DOAJ, para la búsqueda de artículos, se emplearon operadores booleanos como lo son and y or, abarcando términos relacionados como: entrenamiento hipóxico, atletismo, rendimiento físico, entrenamiento en la altura, los artículos fueron transferidos al software Mendeley para señalar puntos importantes y realizar una síntesis, luego de la investigación bibliográfica se realizó un cuadro resumen de los trabajos utilizados para este tema. Los resultados recolectados de las obras científicas evidencian que, entrenando en ambiente hipóxico los deportistas tendrán adaptaciones agudas e importantes a nivel musculoesquelético, cardiovascular y metabólico, llegando la conclusión de que conducirá a una mejora en el rendimiento deportivo; dado que, el metabolismo del cuerpo se adapta a mayores esfuerzos para incrementar la frecuencia cardíaca, mejorar el mecanismo de producción de glóbulos rojos, aumento del transporte de oxígeno, el ácido láctico se acumula en mayores cantidades al estar expuesto a un estado hipóxico, reduciendo el CO₂ alveolar y elevando el volumen sanguíneo en los capilares de los pulmones.

Palabras clave: Hipoxia. Entrenamiento en la altura. Rendimiento deportivo. Atletismo. Adaptaciones fisiológicas en la altitud.

ABSTRACT

At present, there is a growing interest in describing the physiological conditions that change or improve during training at high altitudes. As a result, it has led to specific areas of research, where multiple benefits have been observed, including improvements in athletic performance. The objective of this work is to determine the effects of hypoxia on physical performance with a focus on the discipline of athletics. The methodology applied in the present work is a bibliographic review, it is based on articles subtracted from scientific research works and theoretical bases of training in hypoxia that are consulted from bibliographic digital bases such as Google academic, 1Library Dialnet, Springer Link and DOAJ, to In the search for articles, Boolean operators will be used covering related terms such as: hypoxic training, athletics, physical performance, training in altitude, the articles will be transferred to the Mendeley software to point out important points and make a synthesis, after the bibliographic investigation it will be carried out a summary table of the works used for this topic. The results collected from scientific works show that, training in a hypoxic environment, athletes will have acute and important adaptations at the musculoskeletal, cardiovascular and metabolic level, reaching the conclusion that it will lead to an improvement in sports performance; Since, the body's metabolism adapts to greater efforts to increase: the heart rate, improves the mechanism of red blood cell production, increases oxygen transport, lactic acid accumulates in greater quantities when exposed to a hypoxic state, reducing alveolar CO₂ and increasing blood volume in the capillaries of the lungs.

Keywords: Hypoxia. Training at altitude. Sports performance. Athletics. Physiological adaptations at altitude.

Índice

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 2 |
| ABSTRACT..... | 3 |
| INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| JUSTIFICACIÓN | 13 |
| OBJETIVOS..... | 14 |
| Objetivo General | 14 |
| Objetivos específicos | 14 |
| CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO | 15 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 15 |
| 1.2 EL ATLETISMO | 17 |
| 1.2.1 Concepto del atletismo | 17 |
| 1.2.2 Importancia del atletismo | 18 |
| 1.2.3 Modalidades del atletismo..... | 19 |
| 1.3 RENDIMIENTO FÍSICO | 21 |
| 1.3.1 El atletismo y el rendimiento físico | 21 |
| 1.4 ALTITUD | 23 |
| 1.4.1 Interés por la altitud..... | 23 |
| 1.4.2 Clasificación de la altura..... | 25 |
| 1.4.3 Factores característicos de la altitud que inciden en el organismo | 26 |
| 1.4.4 Respuestas fisiológicas del organismo en exposición a la altura | 27 |
| 1.4.5 Adaptaciones fisiológicas en reposo en exposición a la altura | 28 |
| 1.4.6 Respuestas fisiológicas en la aclimatación a la altura | 29 |
| 1.5 HIPOXIA | 31 |
| 1.5.1 Tipos de hipoxia..... | 31 |
| 1.5.2 Tipos de adaptaciones | 32 |
| 1.5.3 Estudios experimentales de hipoxia | 33 |
| 1.5.4 Adaptaciones fisiológicas durante el ejercicio en estado de hipoxia | 34 |
| 1.6 ENTRENAMIENTO Y MÉTODOS DE HIPOXIA | 36 |
| 1.6.1 Entrenamiento Hipóxico | 36 |
| 1.6.3 Características del entrenamiento hipóxico..... | 39 |
| 1.6.4 Efectos de la hipoxia sobre el organismo | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 1.6.5 El músculo durante la hipoxia | 41 |
| 1.7 HIPOXIA Y RENDIMIENTO FÍSICO | 42 |
| 1.7.1 Relación entre hipoxia y rendimiento físico | 42 |
| 1.7.2 Efecto de la hipoxia sobre el rendimiento físico | 45 |
| 1.7.3 Hipoxia y eritropoyesis | 47 |
| CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA | 48 |
| 2.1 Diseño de la investigación | 48 |
| 2.2 Búsqueda de Información | 49 |
| 2.3 Proceso de búsqueda y selección de artículos | 50 |
| 2.4 Organización de la información | 50 |
| 2.5 Análisis de la información | 51 |
| CAPITULO 3: RESULTADOS CONSOLIDADOS Y DISCUSIÓN | 52 |
| 3.1 TABLA DE RESUMEN DE INFORMACIÓN CONSULTADA | 52 |
| 3.2 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS | 61 |
| 3.3 DISCUSIÓN | 64 |
| CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 68 |
| 4.1 CONCLUSIONES | 68 |
| 4.2 RECOMENDACIONES | 70 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 71 |
| ANEXOS | 77 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 Distribución de las disciplinas atléticas..... | 20 |
| Figura 2 Tipos de hipoxia | 32 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----------|
| Gráfico 1 Efectos fisiológicos en hipoxia..... | 42 |
|---|-----------|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1 Resumen de información consultada..... | 52 |
|---|-----------|

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

David Franklin Reyes Pérez, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Determinar los efectos de la hipoxia en el rendimiento físico en atletas de diferentes disciplinas de atletismo**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de mayo del 2022



David Franklin Reyes Pérez

C.I: 0106202328

Cláusula de Propiedad Intelectual

David Franklin Reyes Pérez, autor/a del trabajo de titulación "**Determinar los efectos de la hipoxia en el rendimiento físico en atletas de diferentes disciplinas de atletismo**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20 de mayo del 2022



David Franklin Reyes Pérez

C.I: 0106202328

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es creciente el interés por describir las condiciones fisiológicas que cambian o mejoran como respuesta al entrenamiento realizado en la altura. Así, se ha dado paso a un campo de investigación específico, observando múltiples beneficios, entre los cuales se observa la mejora en el rendimiento deportivo. Sin embargo, no existe un consenso debido a los diversos estudios realizados en las varias disciplinas deportivas que existen, con base en lo anterior, se ha observado mejoras significativas y otras no tanto.

El entrenamiento en altitud empieza a ser popular en los Juegos Olímpicos de 1968, cuya sede fue México, en donde ningún atleta de resistencia estableció récords, en cambio disminuyeron el rendimiento (Robach y Lundby, 2015), esto previo, como consecuencia de la altitud que presenta esta localidad, por lo que, los entrenadores implementaron en los programas de entrenamiento, la hipoxia, concluyendo que mejora la resistencia del deportista.

La importancia es conocer los beneficios que tiene el entrenamiento en la altura en el aspecto fisiológico y ciertos matices de la práctica del atleta en la altura que provoca desarrollo de habilidades y capacidades físicas como la resistencia, y la relación directa con el rendimiento deportivo, pues constituye uno de los factores de mayor influencia que puede llevarnos a alcanzar resultados de mayor eficacia en el campo competitivo.

Esto se atribuye con lo ya mencionado a que el entrenamiento en altura es solo un complemento del entrenamiento deportivo. Los resultados dependen de otros factores, motivo por el cual, en la presente investigación se va a efectuar un análisis bibliográfico para recolectar información sobre los efectos del rendimiento deportivo y de la hipoxia en el ejercicio físico en la altura.

El objetivo del presente trabajo, es establecer los efectos que tiene el impacto del entrenamiento en hipoxia en el rendimiento de los deportistas describiendo así las variables fisiológicas que se ven afectadas en los deportistas dedicados al atletismo. Esto por la razón de que el logro mayor y primero que ha tenido a nivel de olimpiadas el país ha sido en este deporte.

De acuerdo a Álvarez (2014) los efectos de entrenar en condiciones de altura son a nivel general tanto en el sistema cardiovascular, circulatorio, metabólico y muscular que están directamente relacionados con el rendimiento físico. Al realizar la presente investigación, se tendrá la información necesaria sobre las condiciones fisiológicas, los efectos, los beneficios y afección que conlleva realizar un entrenamiento deportivo en la altura que servirá como guía antes de entrenar o realizar ejercicio físico en la altitud.

La comparación de los diferentes estudios permitirá conocer las distintas metodologías que se imponen a los deportistas para que entrenen en hipoxia y los resultados en su rendimiento, así logramos conocer los beneficios de ciertos métodos de hipoxia. Para realizar esta investigación se recurre a documentos de carácter científico, basándose en fuentes primarias documentales y bibliográficas que permite aclarar la investigación llegando a diferentes autores para profundizar, ampliar, clarificar y contextualizar el problema.

La presente investigación es de carácter exploratorio tiene una metodología flexible de mayor amplitud y dispersión ya que da apertura a la investigación y permite sondear un problema poco investigado, también es de carácter descriptivo porque permite tener predicciones rudimentarias y requiere de conocimientos suficientes para comparar entre dos o más fenómenos, situaciones o estructuras, y clasificar elementos de modelos de comportamientos según ciertos criterios, igualmente es de carácter explicativo porque conduce a la formulación de leyes, es un estudio altamente estructurado que nos permite detectar los factores determinados de ciertos comportamientos.

Variables

Las variables analizadas para la investigación de los efectos del rendimiento deportivo y de la hipoxia en el ejercicio físico en la altura son: rendimiento deportivo, hipoxia, efectos, beneficios, afecciones del entrenamiento en altura; y sistemas energéticos.

Finalmente, con la información recolectada se prevé realizar una comparación de los efectos fisiológicos que ocurren en el entrenamiento en altura en el atletismo; en el mismo se considerará la modalidad que los deportistas practican, la metodología de entrenamiento y la medición de las condiciones fisiológicas que varían con la hipoxia, lo

que contribuirá para futuras investigaciones experimentales dentro del ámbito de la educación física y el deporte en la sociedad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las antiguas civilizaciones aparece la práctica deportiva, pero se puede señalar que imperios como el griego, el romano, el chino y otros ponen en énfasis el deporte y el entrenamiento deportivo. El entrenamiento deportivo en general es un proceso didáctico que sirve para elevar la capacidad del organismo. En el caso de realizarlo en la altura constituye un método que provoca que el organismo se adapte a este entorno. Un factor importante en este tipo de entrenamiento es el oxígeno, de acuerdo a Calero et al (2017) tendría una relación directa con el rendimiento; es decir, cuando se entrena en altura el oxígeno disminuye y obliga al organismo a adaptarse, con ello el deportista mejora el rendimiento.

Así, en el siglo XX los estudios sobre hipoxia se incrementaron debido al creciente interés por describir las condiciones fisiológicas que cambian o mejoran como respuesta a este tipo de entrenamiento; convirtiéndose así en un campo de investigación característico, al respecto Ramos, et al (2013) refieren que los beneficios se deben a que el ejercicio en hipoxia mejora los valores sanguíneos para la neoformación de glóbulos rojos que afectan el rendimiento deportivo, mediante la adaptación fisiológica del organismo.

A pesar de ello, Balsalobre-Fernández, Tejero-González, del Campo-Vecino y Alonso-Curiel (2014) sostienen que existe una controversia sobre los mencionados beneficios, puesto que no existe un consenso, por lo que es necesario tener el conocimiento del deportista y la disciplina que va a realizar para establecer las respuestas que tendrá en su rendimiento este tipo de entrenamiento.

Aparte de la metodología utilizada, se debe implementar otras formas de búsqueda e indagación sobre los efectos que se dan al estar expuesto a un entrenamiento hipóxico, para que los entrenadores puedan obtener mayor información detallada y así puedan aplicar y mejorar estrategias, aprendizajes y entrenamientos en zonas de gran altitud para obtener un rendimiento físico excelente y científico, que es el propósito de estos deportes.

Entre los elementos y estilos de práctica, uno de los aspectos básicos es el desarrollo orgánico, la oxigenación es superior a otros aspectos, esto es debido a que en muchos casos existen diferentes factores, como internos o externos o la relación entre deportistas y entrenadores, y viceversa, por lo tanto, es importante determinar qué condiciones y efectos se producen al realizar dicha actividad física en las diferentes disciplinas deportivas.

Esta investigación tratará de recopilar los efectos que se producen en el organismo al realizar ejercicio en las mencionadas condiciones. Para ello se valdrá de recopilación bibliográfica de artículos científicos que analicen factores influyentes en el ejercicio físico en la altura junto con las adaptaciones que el cuerpo sufre al estar en un entorno diferente.

Los resultados de dichas investigaciones permitirán crear una propuesta de entrenamiento de hipoxia y medición del rendimiento de un deportista de acuerdo a una disciplina en específico, en este caso será el atletismo, sentando un precedente para futuras investigaciones experimentales.

Formulación del problema

- Mediante una revisión bibliográfica, se puede determinar cuáles son los efectos del enteramiento en altura, en el rendimiento físico en atletas de diferentes disciplinas de atletismo.

JUSTIFICACIÓN

Se considera que una persona es una entidad en constante movimiento, capaz de cambiar su comportamiento, emociones, corporeidad y el estado del movimiento físico, por lo que este trabajo se compromete a resolver el problema de investigación, con el fin de superar las debilidades y transformarlas en ventajas, porque los jóvenes tienen muchas cualidades que pueden moldearse como los son principalmente la concentración, la dedicación, la paciencia, la pasión y el trabajo en equipo, estas cualidades junto con el talento se complementan para lograr el equilibrio entre valores emocionales y cognitivos. Por supuesto, esto mejora el desarrollo diario del aprendizaje del rendimiento físico y su formación integral, utilizando la parte geográfica y sus parámetros de altura, además del entrenamiento continuo, todo esto está relacionado con la práctica diaria del deportista a través de ejercicios diarios de pista y campo. De esta manera, es posible evitar fallas deportivas y dificultades en la enseñanza y en la formación del deporte básico.

El motivo para realizar esta revisión bibliográfica es la siguiente:

- Para minimizar el problema de la hipoxia, ya que muchos atletas y personas comunes tienen la oportunidad de realizar actividad física, comprender los riesgos de la hipoxia y aprovechar al máximo la información proporcionada en este estudio.

Esta investigación es muy útil y beneficiosa una vez completada por las siguientes razones:

- Utilizado para estudiantes y profesionales de la educación deportiva en diferentes disciplinas deportivas o de diferentes modalidades atléticas, para que tengan un modelo de fundamentación teórica, y desarrollen pautas de enseñanza para diferentes disciplinas en el futuro.
- Este contenido beneficia a las autoridades, deportistas y entrenadores, porque brindan todos los conocimientos necesarios sobre las adaptaciones fisiológicas en la altura.
- También tendrá un alto impacto socio deportivo, porque existe la oportunidad de formar atletas con pensamiento crítico, autoestima y conciencia en el entrenamiento deportivo de altura.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar los efectos de hipoxia sobre el rendimiento físico con un enfoque en la disciplina de atletismo.

Objetivos específicos

- Describir los efectos fisiológicos de los atletas de las diferentes disciplinas de atletismo en entrenamiento hipóxico.
- Analizar el rendimiento físico según el punto de vista fisiológico en deportistas de atletismo en ambiente hipobárico.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

En 1963 la ciudad de México fue seleccionada para celebrar los XIX Juegos Olímpicos, lo que despertó un gran interés en la comunidad científica por la respuesta fisiológica al esfuerzo en condiciones hipóxicas (Andrade, 2017). Se requiere que los técnicos deportivos comprendan el posible impacto de la altura en el rendimiento deportivo, principalmente porque están interesados en técnicas o procedimientos para mejorar el rendimiento en la ciudad de México a una altitud de 2,250 metros.

Sobre la base de los Juegos Olímpicos de la ciudad a gran altitud, la investigación publicada sobre los efectos del entrenamiento hipóxico en el rendimiento deportivo en la altitud y el nivel del mar muestra que el aumento de la concentración de hemoglobina producida por la hipoxia crónica puede ayudar a mejorar el rendimiento deportivo al volver al nivel del mar (Andrade, 2017).

El entrenamiento de altitud, también conocido como "ajuste de altitud", es una práctica que algunos atletas de resistencia hacen mejor a altitudes de 2500 metros (8000 pies) o más durante varias semanas, aunque se realiza con mayor frecuencia a altitudes medias o en ubicaciones adecuadas en áreas de gran altitud. En altitudes medias, el aire todavía contiene aproximadamente un 20,9% de oxígeno, pero la presión atmosférica desciende, por lo que la presión parcial de oxígeno decae de igual manera.

En la sociedad actual, desarrollarse en un deporte es uno de los elementos culturales más influyentes, los resultados que se obtienen de realizar esta actividad reflejan el entrenamiento del deportista. De acuerdo a Benet y Argente (2015) cualquier tipo de ejercicio que se realice, anaeróbico o aeróbico, dependen del oxígeno y del consumo máximo del mismo, razón por la cual, algunos deportistas incorporan en su entrenamiento programas complementarios que incrementen el rendimiento, uno de ellos es la hipoxia.

Algunos deportistas viven en zonas de gran altitud durante mucho tiempo y solo regresan al nivel del mar para participar en competencias, sin embargo, debido a que hay menos oxígeno disponible para el ejercicio, su entrenamiento puede verse afectado. Las

carpas de simulación de gran altitud, las salas de simulación de gran altitud o los sistemas de máscaras de hipoxia con presión de aire constante se pueden utilizar para simular el entrenamiento de gran altitud, sin embargo, el contenido de oxígeno se reduce y a su vez disminuye la presión parcial de oxígeno.

El entrenamiento en altitud empieza a ser popular en los Juegos Olímpicos de 1968, cuya sede fue México, en donde ningún atleta de resistencia estableció récords, en cambio aumentaron el rendimiento (Robach y Lundby, 2015), lo anterior, como consecuencia de la altitud que presenta esta localidad, por lo que, los entrenadores implementaron en los programas de entrenamiento, la hipoxia, concluyendo que mejora la resistencia del deportista.

En la actualidad, los deportistas de alto rendimiento pretenden cambiar los entrenamientos tradicionales por los de hipoxia, puesto que, representa una forma efectiva de transporte de oxígeno en el organismo; se aplica en deportes de alta duración e intensidad como el ciclismo, natación, rugby y fútbol.

Uno de los pioneros en realizar investigaciones sobre hipoxia fue Grégoire Millet, profesor de filosofía en el Instituto de Ciencias del Deporte en Lausana, Estados Unidos, reconocido en este ámbito por la contribución académica de más de 240 artículos científicos y 4 libros sobre hipoxia. En la actualidad, colabora con la aplicación de programas de hipoxia en aprendices de pilotos militares, en equipos deportivos profesionales y en el uso de la hipoxia en pacientes hipertensos y obesos (Université de Lausanne, 2020).

1.2 EL ATLETISMO

1.2.1 Concepto del atletismo

Brindar una definición para el atletismo es una tarea compleja, este deporte incluye varias pruebas posibles, por lo tanto, su definición puede comenzar a reducirse a partir de la clasificación de práctica de pista y campo como un deporte separado. Por tanto, para Antón (1989), un deporte individual se caracteriza por la actividad física psicomotora, y la incertidumbre de su desempeño proviene íntegramente del oponente o del entorno.

Asimismo, Parlebas (1988) transformó su definición en una situación deportiva de competición institucionalizada, condición en la que el participante se encuentra solo en el espacio de acción, donde debe superar determinadas dificultades y superarse a sí mismo. En términos de tiempo, distancia o algún rendimiento técnico que se pueda comparar con otros, estos también los van a ejecutar en condiciones similares.

En el campo que nos concierne, a saber, los deportes de pista y campo, designado de manera específica, Seners (2001) lo define como "una codificación y actividades personales en un entorno estable, incluido caminar para reducir el tiempo y un artefacto para proyectar el cuerpo de uno o aumentar el espacio ". El tiempo de lucha y la distancia es un factor importante que persigue el objetivo de superarse.

El atletismo es el deporte que más sistematizado y antiguo en todo el mundo, su primera mención histórica se remonta al año del 776 A.C en Grecia, hay una lista de individuos ganadores de la disciplina. La palabra atletismo proviene de la palabra griega *atletes*, que significa una persona que compite por premios en un evento determinado, esta palabra griega está relacionada con el término *alethos*, sinónimo de la palabra esfuerzo (Ramírez, 2020).

El atletismo es el arte de superar el rendimiento del oponente en términos de velocidad o resistencia, también conocido como distancia. La cantidad y los tipos de pruebas, ya sean individuales o grupales, cambian con el tiempo. El atletismo es uno de los pocos deportes del mundo, ya sea entre aficionados o en competiciones de todos los niveles. La sencillez y los pocos medios necesarios para su práctica explican este éxito. (Ramírez, 2020).

1.2.2 Importancia del atletismo

El atletismo es importante porque ayuda a tener un buen estado de salud física y mental, beneficia la oxigenación de la sangre, ayuda a liberar las hormonas y controla el peso, ayuda a desarrollar una mayor capacidad de estiramiento muscular, mayor respiración y además los beneficios de este deporte están a nivel físico, fisiológico y orgánico.

La actividad física permite incrementar la resistencia corporal en todos los niveles, en este sentido, el atletismo es importante porque aumenta la resistencia respiratoria, cardiovascular y muscular; y previene el cansancio. El atletismo es un deporte que se ha vuelto muy importante en los últimos años. También es considerado como el deporte básico de todos los demás deportes en eventos nacionales e internacionales y Juegos Olímpicos. La práctica se ha vuelto popular a un nivel increíble, brindando a las personas la oportunidad de mejorar su capacidad atlética (Tapia, 2015).

El atletismo es un deporte excelente, y todos los demás deportes se basan en él. Por lo tanto, involucra la competencia de todas las habilidades como fuerza física, inteligencia, concentración, capacidad de reacción, etc, que son relacionadas con la disciplina deportiva, y requiere la implementación de un sistema complejo que permite a los deportistas superarse, llevándolos a la innovación y al desarrollo de tecnología, alimentación, equipamiento, métodos de entrenamiento, investigación en psicología y motivación, etc, (Zapata et al., 2017).

La práctica de este ejercicio es importante porque ayuda a mejorar la respiración. Otro aspecto importante ya que se aprende a convivir con otras personas competitivas y exitosas, practicando este deporte nuestros músculos reducirán el estrés y tener una vida más saludable. El atletismo es un deporte que ha estado con los humanos desde el principio, por lo que cabe mencionar que el atletismo se conoce como deporte de base. Esto proporciona las condiciones para la formación de otras disciplinas deportivas, desde que en Grecia se dieron las primeras olimpiadas las cuales persisten hasta el día de hoy demostrando importancia en la vida de los deportistas (Zapata, et al., 2017).

1.2.3 Modalidades del atletismo

La cantidad de pruebas existentes en esta disciplina ya sean individuales de manera colectiva varían con el paso del tiempo. El atletismo es uno de los pocos deportes de uso común en el mundo amateur o en muchas competiciones de todos los niveles. La sencillez de su práctica y un reducido número de medios explican en cierta medida este éxito.

Actualmente, la competencia se desarrolla en tres etapas y momentos completamente diferentes: las carreras de campo travesía (también llamadas campo a través) que se realizan en invierno se realizan bajo techo y se llevan a cabo en instalaciones cubiertas. Existe una pista cubierta al aire libre para los Juegos Olímpicos el tamaño estándar del pabellón y la pista y campo corresponde a la carrera tradicional de pista y campo con una cuerda de 400 metros (Gómez, 2013).

El atletismo está compuesto por un grupo de disciplinas deportivas, divididas en tres grandes bloques, a saber, correr, saltar y lanzar; cada módulo contiene una serie de pruebas. Para las competencias formadas por acciones de movimiento cíclico, como lo son en este caso las carreras, en las que se repite periódicamente cada parte de la estructura, representando la habilidad motora básica y la extensión natural de la marcha, existen movimientos suaves, obstáculos, carreras de relevos y marcha (Hornillos, 2000), aunque esta última debe ser comprendida más como una especie de desplazamiento que como una carrera, muchos autores señalan unánimemente que la frecuencia y la longitud de la zancada son factores clave para optimizar los resultados obtenidos en las disciplinas que componen este módulo.

En las acciones de salto, las habilidades motoras pueden hacer que el cuerpo flote en el espacio para superar obstáculos o aceptar el cuerpo tanto como sea posible después de acercarse al juego. Según el ángulo de salida del centro de gravedad al inicio de la fase de vuelo, se dividen en salto horizontal, salto de longitud y triple salto, salto vertical, salto de altura y salto con pértiga (Rius, 2005). En este caso, la distancia recorrida por el salto depende de varios factores, entre ellos la velocidad inicial del salto, el ángulo de salida y la altura del centro de gravedad y la resistencia del aire.

En cuanto al componente de los lanzamientos, en donde la destreza o la técnica permite arrojar o impulsar un artefacto hacia un espacio determinado, estos se clasifican en livianos o también dichos aerodinámicos, por no presentar tanta resistencia al aire, lo cual otorga la posibilidad de planear como en el caso de la jabalina y el disco, así como los implementos de mayor peso como la bala y el martillo, lineales como el de jabalina y la bala la cual también puede ser circular, estos según el tipo de desplazamiento que va a ejecutar el lanzador y los circulares como el disco y el martillo. La mejora en las marcas obtenidas en estas disciplinas se consigue al considerar tres factores fundamentales, el ángulo de lanzamiento, altura de salida, la aceleración de salida, aunque se considera como un cuarto factor a las condiciones aerodinámicas el cual se atribuye a cada atleta (Rius, 2005).

Figura 1 Distribución de las disciplinas atléticas



Fuente: Gómez, (2013).

1.3 RENDIMIENTO FÍSICO

1.3.1 El atletismo y el rendimiento físico

El significado de rendimiento atlético proviene de la palabra *performer* adaptada del inglés en el año de 1839 que significa finalización y ejecución. A su vez, el término proviene de *performance*, que significa cumplimiento en francés antiguo. Por tanto, se puede definir el rendimiento deportivo como una especie de acción deportiva, cuyas reglas son formuladas por la organización deportiva, permitiendo al sujeto expresar su potencial físico y psíquico. Entonces, se manifiesta que el rendimiento deportivo, independientemente del nivel de logro, comienza desde el momento en que la acción optimiza la relación entre la capacidad física de una persona y el ejercicio a realizar.

Como ya se sabe, la actividad física ayuda a mejorar la condición física la salud mental y la interacción social, etc. (Hernández et al., 2017; Cabezas et al., 2017), la constituyen en forma de juegos, entretenimiento, actividades informales, deportes organizados o competitivos. (American College of Sports Medicine, 2013; Kisner et al., 2017). De igual manera aprenden a auto disciplinarse y respetar a los demás, aumentar la confianza en sí mismos, mejorar el liderazgo, desarrollar habilidades de afrontamiento y habilidades de trabajo en equipo. (Hills, Dengel y Lubans, 2015; Maturo y Cunningham, 2013; Guillen et al., 2017, Sailema et al., 2017).

La práctica deportiva aplica reglas, costumbres y competición. También es una herramienta poderosa para promover la igualdad de género en los niños (Blodgett et al., 2015; Hargreaves & Anderson, 2014). A través del deporte, el entretenimiento y los juegos, los niños aprenden a pensar críticamente y a utilizar sus estándares para resolver problemas (Chala, Calero y Chávez, 2016; Giceya et al., 2017; Morales et al., 2017), estas actividades promovieron un sentido de amistad, solidaridad y competencia leal.

De manera similar, los deportes, el entretenimiento y los juegos enseñan a los niños a lidiar con las dificultades y los preparan para asumir roles de liderazgo y ser responsables y útiles para la comunidad (Carroll-Scott et al.2013; Ullrich-French, McDonough y Smith, 2012; Metzler, 2017). El deporte es una gran herramienta de fomentar la interacción humana mediante congresos regionales, nacionales e internacionales (Sanjurjo, 2012; Camino y Ayala, 2012), es una forma de comunicación eficaz. Las

actividades deportivas son una poderosa herramienta de comunicación y una necesidad para la entrega de información importante.

El rendimiento físico de los deportistas está íntimamente relacionado con, el metabolismo energético, este depende del tipo de actividad física, y la duración y la intensidad tendrán diferentes claves. Por tanto, la mayoría de los tipos de producción de energía estarán relacionados con la intensidad del ejercicio y pueden estar vinculados con el metabolismo anaeróbico o aeróbico, pero cuando se habla de aeróbico (directo) y anaeróbico (indirecto a través de la tasa de recuperación de este esfuerzo en particular) todo esto depende sobre la capacidad de producción de energía del oxígeno y, más concretamente, sobre el consumo máximo de oxígeno (VO₂max), por tanto, se puede ver una relación directa entre el oxígeno y las propiedades físicas, (Biolaster, s.f.).

El deporte y el potencial humano (Chelladurai y Kerwin, 2017; Knudson, 2013), el esfuerzo y el logro están estrechamente relacionados y tienen el poder de inspirar y vigorizar el espíritu (McGannon y Smith, 2015, como se citó en Granda, 2018). El atletismo es un deporte que incluye una serie de modalidades, estas se dividen en competición, salto, lanzamiento, pruebas integrales y marcha (Seners, 2001; Granell & Lazcorreta, 2004), al lanzar o saltar, este es el arte de superar a los oponentes en velocidad, resistencia y distancia, debido a la variedad de acciones que componen sus diferentes métodos, en cada prueba se muestran diferentes habilidades físicas.

1.4 ALTITUD

En geografía, se denomina altitud a la medición de la distancia vertical entre cualquier punto determinado de la tierra en relación con el nivel del mar. Dicha medición se expresa mediante una cifra y la unidad de distancia, que puede ser de metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) o de pies sobre el nivel del mar, en los países que no emplean el sistema métrico (Concepto; 2021). La medición de la altitud es importante para disciplinas como la meteorología, la geografía, aeronáutica e incluso la arquitectura, pues a mayor altitud las condiciones de presión atmosférica y de temperatura varían. También lo hace la concentración de oxígeno en el aire, razón por la cual sea común sufrir de mareos o “mal de páramo” al ascender de golpe a regiones muy elevadas.

La altitud, junto a la latitud y longitud, son algunas de las mediciones más comunes en mapas y/o sistemas de posicionamiento global estilo GPS. La altitud se mide en comparación con el nivel del mar, dado que éste es siempre recto y lo que se encuentra por debajo está sumergido. Sin embargo, no existe una altura uniforme del mar en todo el planeta, y cada país emplea un nivel del mar determinado como convención para medir sus altitudes. Pero esta diferencia de niveles es tan diminuta que es casi insignificante.

El entorno para el adiestramiento deportivo es diverso, lo cual requiere una mayor y mejor preparación, el entrenamiento en altura tiene una influencia considerable en la preparación de los deportistas y, fundamentalmente, durante el período de preparación, constituye un entorno especial para que los deportistas desarrollen sus capacidades físicas, puede cultivar la resistencia de los atletas de diferentes disciplinas, especialmente aquellos que se dedican a los deportes de pista y campo, por lo que es necesario aplicar los métodos de entrenamiento en altura de manera adecuada (Barbosa et al., 2017).

1.4.1 Interés por la altitud

Durante mucho tiempo, el alto grado de influencia fue considerado como un referente, desplegado y desglosado en el viaje cultural tibetano de Marco Polo, y lo mismo ocurrió con los conquistadores españoles que experimentaron esta influencia durante la conquista de América (Chañe, 2006). Por lo tanto, como lo describe Pérez (2005), el inicio de la investigación sobre el impacto de la reducción de la presión atmosférica en la actividad

física se originó por en el interés humano en alcanzar picos, o picos más altos y el desarrollo de avances tecnológicos como dirigibles, globos aerostáticos y aviones.

Según Hollmann (1994), citado por Pérez (2005), el fisiólogo suizo Bert se interesó más en 1878, comenzando a estudiar este efecto y el género que vinculaba la disminución de la presión atmosférica con el efecto de la altitud. De igual forma, desde el inicio de la primera guerra mundial, se ha venido realizando con el desarrollo de investigaciones en altitud y altitud media, con el aumento de los vuelos comerciales de dirigibles, la investigación sobre este problema comenzó a incrementarse, pues inicialmente las cabinas de piloto y pasajeros no estaban presurizadas, lo que generó problemas como el sobre enfriamiento y el mal de altura (Pérez, 2005).

El mismo autor señaló que durante la segunda guerra mundial, un grupo de expertos médicos alemanes centrados en la aviación han ido desarrollado y producido conocimientos sobre las partes fisiológicas y clínicas del ejercicio físico a gran altitud, centrándose en los cambios fisiológicos y patológicos de la respiración y el metabolismo de los gases en entornos hipóxicos de la fase aguda y crónica. Posteriormente, se publicaron diferentes estudios de Verzar (1945) y Muralt (1948), en la década de 1950, los patinadores de velocidad soviéticos iniciaron su primera experiencia de entrenamiento en altura para mejorar su rendimiento.

Sin embargo, fue durante los Juegos Panamericanos de México en 1955 cuando los métodos científicos comenzaron a generar mayor interés en la altitud y el rendimiento, en 1963, México se convirtió en el país que acogió los XIX Juegos Olímpicos en 1968. El médico deportivo inicial protestó, pero al mismo tiempo comenzó a investigar la adaptación de los deportistas a las competiciones de alto nivel, para que estas investigaciones puedan ser en profundidad y brinden la posibilidad de mejores resultados en la competición, para poder centrarse en las características de adaptación requeridas para las competencias de altura, correlacionar los cambios al bajar al nivel del mar, lo que logra significativamente los mejores resultados para los deportistas (Pérez, 2005).

Durante estos Juegos Olímpicos, está claro que, para cualquier evento de más de 400 m, la capacidad de generar transporte de oxígeno es fundamental. Todos los velocistas que participan en estas competiciones no necesitaban de oxígeno externo para trabajar duro, porque la densidad del aire se reduce significativamente, rompiendo así los récords

olímpicos anteriores; pero eventos de media distancia como 1500 metros y el fondo, como 10000 metros, cambia el tiempo, estos fueron más lentos que los récords olímpicos, debido a que la deuda de oxígeno es baja para proporcionar una base para el uso de la energía muscular (Vargas, 2004). Por tanto, los problemas de altitud y de vivir en ella, que surgen entre corredores de África Oriental como los etíopes, argelinos y kenianos, se convirtieron en los reyes que conquistaron las pruebas de fondo porque sus raíces genéticas o antepasados vivieron en la meseta durante miles de años.

Esto crea una ventaja relacionada porque durante el descanso o el sueño, los atletas respiran aire menos denso, lo que desarrolla y mejora su capacidad vital y suministro de oxígeno porque transportan aire menos denso al torrente sanguíneo. Por dicha razón los deportistas de distintas disciplinas deportivas que habitan al nivel del mar, focalizan sus entrenamientos en una alta altitud, sin interesarles las consecuencias que esto genere, para adquirir determinados beneficios fisiológicos como los que ya han obtenido los atletas del este de África oriental (Martínez y Becerra, 2017).

1.4.2 Clasificación de la altura

Como cita Parajón (2001), las clasificaciones de altitud son diversas, como biológicas y meteorológicas, dependiendo de su influencia y compatibilidad con la vida humana. Por tanto, existe una forma de clasificar las condiciones de la montaña en función del aspecto que tiene mayor impacto en los organismos humanos, en este caso la hipoxia, aunque no se separan los efectos de otros factores naturales (Platonov, 2001).

La mayoría de los expertos proponen las siguientes clasificaciones basadas en el análisis de las respuestas fisiológicas durante la estancia y el entrenamiento en condiciones de gran altitud Martínez y Becerra (2017), plantean la clasificación de la altura de la siguiente manera:

- Baja altitud (hasta 1000 msnm) por encima de esta altitud, estipula que los individuos sanos no desarrollan ni sufren ningún cambio fisiológico en ningún estado ya sea en reposo o durante el ejercicio.
- Altura promedio (hasta 2000 msnm), a esta altura, podemos estar seguros de que afectará cambios en el rendimiento físico y algunas funciones.

- Gran altura (hasta 5500 m.s.n.m.), ocurren cambios fisiológicos incluso en reposo, y algunos son muy significativos durante el ejercicio.
- Altitud muy elevada (por encima de los 5500 m.s.n.m.), que requiere un cuidado suficiente porque sus efectos nocivos sobre el cuerpo y las funciones fisiológicas son bastante desfavorables y potencialmente mortales.

Esta clasificación fue propuesta por Parajón (2001); Platonov (2001), Córdoba y Martínez-Villén (2001); mencionando que, en el ámbito médico-deportivo, cuando hablamos de altitudes entre 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar, se denomina altitud media, estas altitudes son donde se ubican la mayoría de los polideportivos de altura, por lo que se realizan competencias y concentración.

1.4.3 Factores característicos de la altitud que inciden en el organismo

Existen ciertos factores que se deben tener en consideración cuando el ser humano está expuesto a una determinada altura, pues estos son elementos propios de las zonas e incontrolables por los entrenadores y deportistas, así Terrados (1994) hace referencia a los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de permanecer en altura:

La presión del aire, es el factor más relevante y básico en áreas de gran altitud, ya que la presión y densidad atmosférica disminuyen con el aumento de altitud, lo que desencadena la reducción de la presión parcial de O₂ en el aire y la presión parcial de O₂ en sangre arterial, logrando así hipoxia entonces, esto significa que la presión de las moléculas de O₂ en la sangre es pequeña, lo que resulta en una hipoxia relativa.

Después de la presión atmosférica, otro aspecto básico que hay que tener en cuenta es la temperatura, por cada 150 m de aumento de altitud, la temperatura aumenta alrededor de 1°C con la altitud, luego encontramos la humedad relativa del aire, que podemos definir como la cambio en el aire con la altitud la cantidad de vapor de agua que cae es más rápido que la presión del aire, lo que conduce a un aumento en el nivel de deshidratación, por lo que una buena rehidratación es importante. Después de eso, descubrimos la radiación solar infrarroja y ultravioleta, que se refleja y aumenta entre un 2% y un 4% cada 100 metros, hasta 2000 metros, luego aumenta en un 1%.

Otro factor a considerar es la gravedad, porque esta crea gravedad, por lo que el tiempo de vuelo y la distancia que el objeto se mueve en altitud es significativamente mayor que

el nivel del mar; la resistencia del aire juega un papel importante porque disminuye cuando la presión del aire cae, lo que hace que la respiración, especialmente la inhalación, se vuelve menos difícil, porque hay que vencer la musculatura respiratoria y la resistencia de la vía aérea disminuye; finalmente, encontramos la tolerancia a la altura a medida que envejecemos: esto remite al consejo para los jóvenes, porque para ellos lo mejor es habitualmente tren por debajo de 1000 metros (Martínez y Becerra, 2017).

1.4.4 Respuestas fisiológicas del organismo en exposición a la altura

A corto plazo, el factor más importante en nuestro desarrollo interno es la disminución de la presión parcial de oxígeno y la presión arterial de oxígeno en el aire respirable. La primera respuesta adaptativa inmediata en el cuerpo es la hiperventilación y un aumento de la frecuencia cardíaca (FC). En la segunda respuesta adaptativa encontramos un aumento en el flujo sanguíneo debido a que este intenta evitar el efecto sobre la oxigenación muscular dejando la cantidad restante de oxígeno continua. Sin embargo, el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) Debe reducirse para compensar y ajustar la capacidad de ejercicio. (Córdoba y Martínez-Villén, 2001).

Desde una perspectiva a largo plazo, hemos descubierto el llamado proceso de hiperventilación, porque a medida que aumenta la FC, provocará cambios en el equilibrio ácido-base, resultando en una disminución crónica significativa de la concentración de CO_2 (alcalosis respiratoria causada por hiperventilación). Sin embargo, esto no tiene ningún efecto positivo sobre la capacidad física (Córdoba y Martínez-Villén, 2001).

En esta etapa, encontramos que la adaptación más importante de la estatura al rendimiento deportivo es el aumento del número de glóbulos rojos y la concentración de hemoglobina con el fin de aumentar la capacidad de transporte de oxígeno a través de la sangre, por lo tanto, la cantidad de O_2 que contribuye a los músculos aumenta. De manera similar, descubrimos que los cambios celulares son beneficiosos para el suministro de oxígeno a los músculos. Se trata de aumentos de capilares, mioglobina, mitocondrias y enzimas necesarias para la energía aeróbica (Córdoba y Martínez-Villén, 2001). Estos autores mencionan que también existen reacciones negativas contraproducentes, como la pérdida de masa muscular en altitudes elevadas y la exposición prolongada a la hipoxia.

1.4.5 Adaptaciones fisiológicas en reposo en exposición a la altura

Las adaptaciones que se dan en el organismo humano, así como ocurren durante la actividad motora también ocurren ciertos cambios fisiológicos en estado de reposo, los autores Cordoba y Martinez-Villén (2015), señalan que las principales adaptaciones fisiológicas en reposo son las siguientes:

En el sistema respiratorio, debido a la disminución de la presión parcial de O₂ y O₂ en la sangre arterial, se aumenta la ventilación pulmonar para compensar la hipoxia (la sangre arterial está saturada de O₂). En el sistema circulatorio, mostramos que, una vez alcanzada la altitud, el gasto cardíaco aumenta significativamente con la altitud para compensar la disminución de la presión de O₂ en la sangre arterial y su aporte a cada tejido, pero con las indicaciones, la salida y la frecuencia cardíaca se vuelve muy similar a la del nivel del mar.

En el sistema sanguíneo, hemos observado que la oxigenación de los tejidos es el principio básico de regulación de la eritropoyesis porque transportan O₂ desde la hemoglobina a las células. De manera similar, los glóbulos rojos se producen y desarrollan en la médula ósea mediante la multiplicación masiva de células madre. La producción de glóbulos rojos se ve afectada por la eritropoyetina, que es una hormona producida por el riñón; la oxigenación tisular reducida aumentará la producción de eritropoyetina, que actúa directamente sobre la médula ósea para estimular la producción de glóbulos rojos.

En el sistema endocrino, hemos observado que la hipoxia activa el sistema adrenérgico y el eje hipotálamo-pituitario-adrenal, resultando en un importante estrés biológico por hipoxia celular, frío y actividad física, que incrementará hormonas como catecolaminas, corticosteroides, hormona antidiurética, tiroides se reduce la aldosterona y la renina, con el tiempo, estos valores tienden a estabilizarse. Cabe señalar que la respuesta hormonal a la hipoxia está dirigida a un mayor uso de lípidos. En hipoxia crónica, la resíntesis de ATP en la mitocondria está restringida, principalmente en el metabolismo cerebral, por lo que en algunos casos puede ocurrir retraso motor y mental.

1.4.6 Respuestas fisiológicas en la aclimatación a la altura

En cuanto a las reacciones cardiopulmonares, sanguíneas, metabólicas y endocrinas, es necesario distinguir entre las reacciones registradas en los primeros cinco días y las reacciones que ocurrieron después de la primera semana. La primera se considera una reacción aguda, mientras que la segunda se considera una reacción crónica (Subiela, 2014).

- Aumento de la ventilación pulmonar: La disminución de la presión parcial de oxígeno en el aire inhalado reduce el gradiente de presión, estimulando así los quimiorreceptores del cuerpo carotídeo que son muy sensibles a los cambios en la PO_2 , lo que a su vez estimula el centro respiratorio y finalmente aumenta la ventilación pulmonar.
- Aumento de la FC: A medida que aumenta la altura, aumenta la estimulación del nervio simpático, lo que aumenta la frecuencia cardíaca (FC) y el gasto cardíaco en reposo. Con el tiempo, la frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco disminuirán.
- Disminución del volumen plasmático: Esto conduce a la concentración de sangre, que es causada por el aire frío y seco y la reducción del vapor de agua en el ambiente y el aumento de la pérdida de agua a través de los pulmones y la orina.
- Aumento del pH: A grandes altitudes, la hiperventilación puede conducir a una mayor eliminación de CO_2 , lo que puede provocar alcalosis respiratoria, que generalmente desaparece en 2 a 4 días.
- Aumento del Difosfoglicerato: Este intermedio glucolítico se produce en los glóbulos rojos (RBC) de la sangre y tiene el efecto de desplazar la curva de saturación de hemoglobina hacia abajo y hacia la derecha, lo que facilita la liberación de oxígeno a nivel de los tejidos.
- Aumentos hormonales: Este es el caso de las catecolaminas, corticosteroides, hormonas tiroideas, glucagón e insulina.
- Disminuciones hormonales: Este es el caso de la hormona antidiurética, la aldosterona y la renina. La gonadotropina no parece cambiar significativamente.
- -Aumenta el metabolismo basal: Ocurre en las fases aguda y crónica de adaptación; el consumo de carbohidratos y lípidos también aumenta durante el reposo. Aunque las células absorben glucosa (glucocitosis), los niveles de azúcar

UCUENCA

en sangre son bajos. Este puede ser uno de los mecanismos para la disminución de la producción de ácido láctico en áreas de gran altitud.

- Disminución de la capacidad máxima de consumo de oxígeno: El porcentaje de pérdida máxima de consumo de oxígeno varía con la altitud. En lugares donde la gente suele entrenar y competir a gran altura, el descenso se sitúa entre el 5% y el 8%.

1.5 HIPOXIA

En este contexto, Millet (2012) define a la hipoxia como “cualquier combinación de barómetro reducido y de fracción inspirada de oxígeno que resulta en una presión parcial inspirada de oxígeno inferior a 150mmHg. Por otra parte, Basain et al., (2017) define a la hipoxia como:

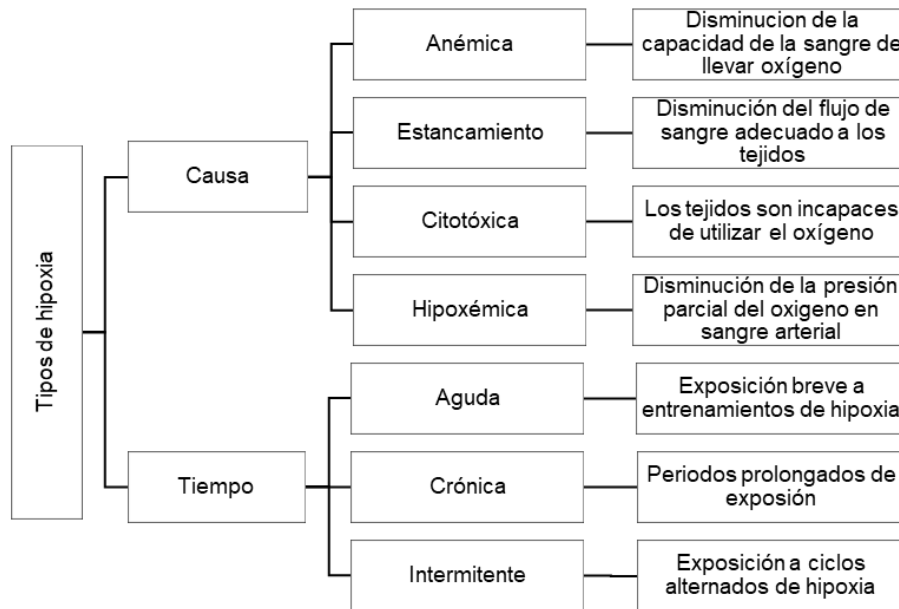
Disminución transitoria o permanente de la presión parcial de oxígeno en una zona determinada del organismo, como consecuencia se puede producir daño tisular, que, dependiendo de la capacidad de restablecimiento de las concentraciones fisiológicas de oxígeno mediante una adecuada restitución de la perfusión sanguínea, puede ser de mayor o menor intensidad.

En otras palabras, se puede comparar el tipo de entrenamiento en hipoxia como ascender a una altura, el oxígeno se limita, la respiración se dificulta y el rendimiento del individuo disminuye, sin embargo, al entrenar en estas condiciones el organismo reacciona adaptándose y con ello la capacidad de transportar el oxígeno, aumentando de esta manera el rendimiento del atleta.

1.5.1 Tipos de hipoxia

El tipo de hipoxia dependen de la causa y el tiempo de exposición, en cuanto a la causa se conocen la hipoxia anémica, por estancamiento, citotóxica y la hipoxémica, con respecto al tiempo se clasifica en aguda, crónica o intermitente (Fernández-Lázaro, Díaz, Caballero y Córdova, 2019), a continuación, en la Figura 2 se exponen cada una.

Figura 2 Tipos de hipoxia



Fuente: Hidalgo, (2016).

1.5.2 Tipos de adaptaciones

De acuerdo a Hidalgo (2016), la hipoxia es la reducción del suministro de oxígeno a nivel celular, que cambia el metabolismo y la producción de energía de los organismos aeróbicos. Se conocen distintos tipos de hipoxia, según su clasificación de las causas podemos dividir la hipoxia en varios tipos, los más importantes de los cuales son los siguientes:

- Hipoxia anémica: Debido a cambios en el transporte de oxígeno, concentración reducida de hemoglobina, recuento reducido de glóbulos rojos y deficiencia de hierro, la capacidad de fijación de oxígeno en la sangre se reduce.
- Hipoxia provocada por estancamiento: Reducción del flujo sanguíneo, incluida la pérdida masiva de sangre durante cirugías, accidentes y donaciones.
- Hipoxia citotóxica: Por los efectos de drogas.
- Hipoxia hipoxémica: Por situación de entrenamiento deportivo, expedición de montañismo, el oxígeno se reduce en la sangre. Aquí encontramos otros dos subgrupos: hipoxia de baja presión, cuando la presión atmosférica disminuye, e hipoxia atmosférica, cuando la proporción de oxígeno en el aire disminuye a la misma presión atmosférica.

- Hipoxia hipobárica (HH): La presión atmosférica se reduce para mantener la misma concentración de oxígeno (20,9%) en el aire, la diferencia de presión entre la sangre venosa capilar alveolar y pulmonar disminuye, por lo que también se reduce la PO₂ en las arterias sanguíneas, reduciendo el aporte de oxígeno a las células.
- Hipoxia atmosférica (NH). -Se produce al respirar aire con baja concentración de oxígeno (el contenido normal de oxígeno en la atmósfera es del 20,9%). Como sistema de hipoxia atmosférica más utilizado, lo podemos encontrar la mezcla de máscara de gas (adición de nitrógeno), equipo de respiración hipóxica (máscara) instalación o tienda de hipoxia atmosférica.

1.5.3 Estudios experimentales de hipoxia

Gough et al., (2012) realizaron una investigación en nadadores de elite que entrenaron mediante el método Live High - Train Low y Live High -Train High y compararon con los deportistas que no se sometieron a estos entrenamientos, los resultados mostraron que los deportistas no mejoraron el rendimiento, pero si incrementaron la hemoglobina.

En un estudio realizado por Ramos-Campo, Martínez, Rubio-Arias y Jiménez, (2016) se analizó el rendimiento de ciclistas triatletas con la incorporación del entrenamiento en hipoxia, para ello, se realizó una evaluación previa y posterior a la aplicación de un programa de entrenamiento en hipoxia intermitente, que se incorporó como complemento del entrenamiento habitual de los ciclistas durante 7 semanas, se encontró que el programa incremento tanto la potencia y el esfuerzo, y disminuyó la frecuencia cardiaca de los deportistas.

En virtud de lo mencionado, los estudios presentan contradicción que se pueden dar por diversos factores que influyen en la medición del rendimiento, entre ellos: los métodos de análisis utilizados, el tipo de entrenamiento, tipo de deporte individual o en equipo, y los tiempos de análisis. No obstante, existen otros factores que influyen en el entrenamiento debido al elevado nivel de esfuerzo al que es sometido el cuerpo, como son la dieta e hidratación.

Por otra parte, estudios mencionan que este método debe ser realizado de una forma escalonada en la altura para mejores resultados a corto plazo, evitando efectos negativos

en el organismo del atleta, por lo tanto, para realizar un plan de entrenamiento en hipoxia, se debe realizar una evaluación del deportista y el deporte que realiza, con la finalidad de elegir el método más óptimo.

1.5.4 Adaptaciones fisiológicas durante el ejercicio en estado de hipoxia

Dentro de las adaptaciones fisiológicas (Platonov citado por Martínez y Becerra, 2017) señaló que, durante los deportes de altura, los siguientes sistemas sufrirán cambios adaptativos:

- En el sistema respiratorio, mostramos que cualquier actividad física realizada en altitudes elevadas aumenta la ventilación pulmonar y la FC, y disminuye el VO_2 máx, reduciendo así el rendimiento del ejercicio aeróbico. Si encontramos un proceso de adaptación, el VO_2 max se mejora debido a la adaptación de la transmisión de O_2 , pero estos valores no alcanzan los valores obtenidos a nivel del mar.
- En el sistema circulatorio cardíaco, encontramos que el gasto cardíaco en el segundo ejercicio máximo varía según el tiempo de exposición a la altitud. En un estado de hipoxia aguda, la salida es superior al nivel del mar, pero con la adaptación también se observa una mejora con respecto al primer día a gran altura.
- En cuanto al sistema sanguíneo, la hipoxia juega un papel importante, ya que, en el caso de la hipoxia aguda, la sangre no puede compensar la falta de oxigenación de los tejidos durante el ejercicio.

Permanecer en zonas de gran altitud durante mucho tiempo aumentará significativamente los glóbulos rojos y la hemoglobina. Por un lado, promueve el transporte de oxígeno y reduce el trabajo del corazón, por otro lado, aumenta la viscosidad de la sangre y aumenta la resistencia vascular. Martínez y Becerra, (2017).

- **Metabolismo aeróbico:** En el metabolismo aeróbico, encontramos que cuando el VO_2 max también disminuye, la energía disponible para el ejercicio a largo plazo (capacidad aeróbica) también disminuye. Según Córdoba y Martínez-Villén (2001), el consumo máximo de oxígeno no aumentará significativamente después de adaptarse al entorno, pero podemos observar que a medida que avanza el

entrenamiento, la resistencia puede aumentar en un 100%, esto se debe a la mejora de la vascularización muscular.

- **Metabolismo anaeróbico:** Como informó Platonov (2001), la salud anaeróbica y anaeróbica es en realidad independiente de la altitud. Sin embargo, mostramos que, durante períodos de trabajo de alta intensidad y capacidad anaeróbica, la producción de ácido láctico se reduce en la hipoxia crónica debido a la reducción de las reservas alcalinas (Córdoba y Martínez-Villén, 2001).

1.6 ENTRENAMIENTO Y MÉTODOS DE HIPOXIA

1.6.1 Entrenamiento Hipóxico

El entrenamiento deportivo en hipoxia es de gran importancia a la hora de mejorar la preparación de los deportistas élite y aficionados, los cuales tienen como objetivo el mejorar su rendimiento físico, por lo cual el nivel de exigencia aumenta, debido a esto debemos comprender como comportamiento del cuerpo al estar expuesto a zonas de gran altitud (Tapia, 2015). El Dr. Alejandro Lucía (citado por Vargas, 2004) brinda una definición asegurando que este tipo de entrenamiento es una manera de acondicionamiento auxiliar, siendo un método permitido y legal para incitar el desarrollo de eritropoyesis que es la formación constante de eritrocitos o también conocidos como glóbulos rojos. También asegura que, en base a evidencia de carácter científico esta metodología no siempre parece ser propicia para mejorar el rendimiento físico a través de estancias de altura media-alta, debido a que los programas de entrenamiento hipóxico son menos intensos, Martínez y Becerra, (2017).

Debido a su apariencia, muchos entrenadores y atletas consideran que el alto entrenamiento es una droga para el desarrollo de la resistencia. Sin embargo, nuestro conocimiento actual muestra que para realizar sus posibles beneficios se utilizarán métodos y procedimientos muy estrictos, entre otras consideraciones, se debe prestar atención a aplicarlo a las diferentes características de los deportistas (Andrade, 2017), de igual manera a los diferentes tiempos de las exposiciones hipóxicas como a la de largo plazo con el tiempo de más de tres semanas de estancia y la altitud, que generalmente se acude a una altura de 2500 a 3000 metros, para poder producir resultados significativos en cuanto a la producción de glóbulos rojos. Este trabajo intenta proporcionar una perspectiva específica sobre este tema en diferentes modalidades en el campo del atletismo de larga y media distancia.

En la práctica, el uso de la altitud en los preparativos de pista y campo se limita a la posibilidad de lograr dos objetivos distintos, a saber: en general los preparativos básicos, como medio para aumentar las condiciones básicas de resistencia, y luego utilizar este teórico; para mejorar el rendimiento en competiciones celebradas a nivel del mar. Sí, durante la competición, uno de los más importantes se celebrará a gran altura, (Andrade,

2017) por lo que es obvio que es necesario desarrollar una serie de estrategias para adaptarse gradualmente y poder competir en buenas condiciones competitivas.

En altitud, producirá una caída en la presión del aire. También ayuda a estimular al cuerpo a producir más glóbulos rojos. Esta mejora de glóbulos rojos es beneficiosa para más oxígeno en la sangre. Por lo tanto, será más fácil para los atletas regresar al nivel del mar., Y obtendrás más ventajas de rendimiento durante el entrenamiento. (Pascua, citado por Pérez, 2014), para algunas personas, el entrenamiento en altitud se considera una alternativa al problema del dopaje.

Martínez y Becerra, (2017) citan: A mayores altitudes, encontramos que se redujeron dos factores que eran extremadamente importantes para nuestro desempeño deportivo, la densidad y la presión atmosférica disminuyen exponencialmente.

Leticia, citado por Tapia (2015), exponen que un componente de las personas y el medio ambiente es el aire atmosférico, que está compuesto por: oxígeno (21%); nitrógeno (78%); dióxido de carbono (0,03%); vapor de agua (1 % a 5%) y gases raros como helio, criptón o xenón.

Así mismo Leticia, (2015), plantea que en el entrenamiento deportivo en altura se consideran distintas etapas según adaptación natural biológica del organismo a un estado hipóxico, siendo estas las siguientes:

- La primera etapa: Aquí se da la adaptación al medio durante los primeros 3 a 6 días de estancia, es una muy etapa importante, si se ha realizado múltiples entrenamientos de altura en un año, esta etapa se puede acortar. Las cargas de entrenamiento tanto de volumen e intensidad son bajas, y el ejercicio será de tipo aeróbico leve y moderado.
- La segunda etapa: El tiempo de estancia de entrenamiento es de 12 a 14 días, las características de la carga tanto de volumen e intensidad es que son altas y se van incrementando gradualmente, el ejercicio será de tipo aeróbico durante la primera parte del entrenamiento, para la segunda parte del entrenamiento se incorpora de manera progresiva ejercicios anaeróbicos, teniendo en cuenta el desarrollo de cada persona en el entrenamiento.
- La tercera etapa: En esta parte del entrenamiento se da durante los últimos 3 a 4 días antes de volver al nivel del mar, donde se enfoca en la recuperación o

asimilación, las cargas de trabajo se reducen tanto de la intensidad y el volumen de entrenamiento. Es importante planificar el entrenamiento para que el deportista no llegue agotado cuando la altura disminuya a la del nivel del mar.

El entrenamiento en altura producirá muchos cambios en el cuerpo. Lo principal es que el cuerpo debe pasar por un proceso de adaptación al nuevo entorno. El cuerpo ahora debe estar preparado. Como el autor mencionó anteriormente, debemos saber que habrá Esté siempre entrenando en áreas de gran altitud. Con demandas más fuertes, los atletas deben estar mejor preparados que antes de poder poner sus cuerpos en lugares altos.

1.6.2 Métodos de hipoxia

De acuerdo a Millet, Roels, Schmitt, Woorons y Rachilet (2020) existen tres métodos para realizar un entrenamiento en altitud que son:

- Live High- Train High (vivir arriba, entrenar arriba): denominado como método tradicional o clásico, debido a que, inicialmente para obtener los beneficios de la hipoxia el deportista debía vivir y entrenar en altitud.
- Live High- Train Low (vivir arriba, entrenar abajo): método en el que los deportistas viven a gran altitud y entrenan a baja altitud para mejorar el rendimiento al nivel del mar.
- Live Low – Train High (vivir abajo, entrenar arriba): implica que los deportistas que viven en un entorno natural a nivel del mar entrenen en altitudes.
- Hipoxia intermitente: métodos de entrenamiento en condiciones de altitud más utilizados, consiste en realizar una actividad física en condiciones normales y por periodos cortos en condiciones hipóxicas (Urdampilleta, González-Muniesa, Portillo, & Martínez, 2012). En la actualidad, de acuerdo a Brocheri, Girard, Faiss y Millet (2016) el método no aumenta el rendimiento físico en atletas de resistencia.

Para simular los efectos fisiológicos de la altitud, inicialmente las personas tenían que entrenar o nacer en un lugar con elevada altitud para obtener los beneficios de entrenar en estas localidades; en la actualidad la tecnología permite que cualquier deportista pueda acceder a los beneficios mediante cámaras hipo báricas, cámaras normobáricas y tiendas de nitrógeno; dispositivos de hipoxia que funcionan con la disminución de la presión del aire inspirado.

1.6.3 Características del entrenamiento hipóxico

Oviedo citado por Martínez y Becerra, (2017) considera que se debería de tener en cuenta ciertas características que ocurren durante la estancia en la altura con las personas al estar sometido a un entrenamiento hipóxico las cuales son:

- La presión y la densidad atmosférica disminuyen con la altitud, lo que puede tolerar el reajuste de la presión parcial de O₂ en el aire y la tensión de O₂ en la sangre arterial, lo que conduce a la hipoxia, porque cuando las moléculas de O₂ ingresan a la sangre, ejercen muy poca presión, lo que resulta en Falta de oxígeno en el cuerpo.
- La Temperatura y la humedad relativa del aire: Cuando subimos a una altitud muy alta, la temperatura bajará aproximadamente 1° C por cada 150 metros sobre el nivel del mar. En cuanto a la humedad del aire, la cantidad de vapor de agua en el aire disminuye con la altitud más rápido que la presión atmosférica, y el agua en el cuerpo se pierde, por lo que se debe restaurar el agua para evitar la deshidratación.
- La gravedad y la radiación solar: La gravedad disminuye cuanto más alta es el ascenso, la distancia que se mueve el cuerpo en altitud es mayor que la distancia en el nivel del mar. La radiación solar ultravioleta y roja, aumenta del 2% al 4% por cada 100 metros, hasta 2000 metros sobre el nivel del mar, luego aumenta en un 1%.
- La resistencia del aire y la tolerancia a la altitud: Al bajar la presión del aire, la respiración se complica, porque los músculos respiratorios deben controlarse para reducir la resistencia de las vías respiratorias, y al mismo tiempo, hay menos resistencia al desarrollo de los corredores. También es importante tener en cuenta la tolerancia a la altitud, la exposición a la altura es recomendada para deportistas jóvenes que suelen entrenar por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar.

1.6.4 Efectos de la hipoxia sobre el organismo

Al estar expuestos a un estado de hipoxia se desatan efectos en el organismo dependiendo su estancia a dicha exposición, Andrade (2017) brinda las siguientes clasificaciones según los efectos producidos por hipoxia:

- Hipoxia aguda: Como exposición a una hipoxia específica, el sujeto estará expuesto durante un corto período de tiempo (minutos, horas o días). Está principalmente involucrado en el sistema nervioso (SN) y en ciertas reacciones fisiológicas, como aumento de la frecuencia respiratoria, aumento de la frecuencia cardíaca o retención de líquidos (no acostumbrados al agua y al suelo). Los casos más comunes pueden ser pérdidas masivas de sangre (horas) por accidentes o cirugías, donaciones de sangre o incluso expediciones a montañas de gran altura (horas, días).
- Hipoxia crónica: cuando se expone a la hipoxia durante mucho tiempo se induce una respuesta de aclimatación compensatoria. Se refiere principalmente a personas cuya altura al nacer (locales) o altura permanente por motivos laborales (minería andina) u otros (residentes). En este caso, es necesario especificar que la adaptación a la hipoxia se logra en generaciones, como ciertos animales andinos o tibetanos en humanos.
- Hipoxia Intermitente (HI): Ocurren ciclos alternos de hipoxia y normoxia. En algunos casos, se logra la misma adaptabilidad que la hipoxia crónica y el tiempo de exposición a la hipoxia es más corto, por lo que no hay efectos secundarios dañinos de la hipoxia crónica. Este método se utiliza actualmente para la preparación de deportistas de élite y el pre acondicionamiento por hipoxia de escaladores, aquí a su vez podemos señalar tres tipos de estímulos:
 - HI Episódica: Este es un estado de hipoxia que a menudo se pasa por alto, pueden participar actividades de altura (parapente, Tour de Francia alpino, esquí), apnea del sueño (antes de acostarse por la noche) o vuelo de larga duración (porque el avión está bajo presión atmosférica reducida con una simulación 2000-2500 metros sobre el nivel del mar).
 - HI periódica: Es un estado hipóxico de larga duración. Pueden ser ejemplos indicativos las expediciones de escalada a montañas de alturas extremas como los 8000 metros o el rastreo a gran altitud en Sudamérica o Tíbet.

- HI crónica: en este caso, la exposición hipóxica se repetirá una y otra vez, la exposición se realiza con regularidad y es permanente en el tiempo. El ejemplo más representativo son los mineros sudamericanos, que trabajan durante 2 semanas por encima de los 4000 metros, descansando cada 2 semanas a nivel del mar, todo esto de forma intermitente durante mucho tiempo, en años.

1.6.5 El músculo durante la hipoxia

Los estudios han demostrado que los cambios en el metabolismo muscular son más duraderos que otros sistemas que afectan el rendimiento físico. De esta manera, bajo hipoxia, vemos un aumento de energía del proceso anaeróbico y refleja la acumulación de ácido láctico. Se tiene evidencia de que, a través del ejercicio intensivo, existe una reducción del glucógeno muscular, así como el ATP y el monofosfato de troponina (IMP) y la fosfocreatina (Córdoba y Martínez-Villén, 2001).

Cuando el cuerpo está en un estado hipóxico, el valor de pH bajará, y a partir de entonces y después del período de entrenamiento entre los 2500-3000 metros, la capacidad muscular aumentará significativamente, lo que nos hace inferir que está directamente relacionado con un mejor rendimiento en corto plazo. juegos de término Martínez y Becerra, (2017).

Córdoba y Martínez-Villén (2001) mencionan que, al mantenerse en una altura media durante un tiempo prolongado al realizar actividad física exigente, los deportistas se verán afectados porque perderán masa muscular, por lo que la reducción del grosor muscular es principalmente por pérdida de proteína miofibrilar, estos autores aclararon que aún no se ha comprobado del todo si este fenómeno solo está relacionado con la hipoxia, pero este proceso de mantenimiento de los niveles de masa muscular puede tener como finalidad favorecer el aporte de oxígeno, pues se reducirá la distancia de difusión capilar-mitocondrial.

Por ello, estos autores señalaron que la hipoxia estimula los capilares, por lo que el entrenamiento de resistencia en condiciones de hipoxia incrementará la densidad capilar muscular, lo que nos hace determinar que es un factor importante en la extracción y utilización de sustratos de oxígeno y energía y la utilización de productos de desecho metabólicos (como el ácido láctico).

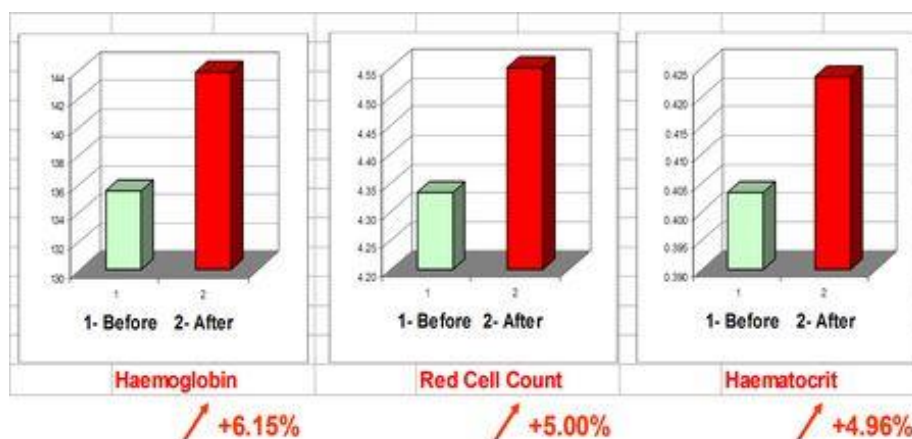
1.7 HIPOXIA Y RENDIMIENTO FÍSICO

1.7.1 Relación entre hipoxia y rendimiento físico

Entendemos por rendimiento físico, a la capacidad de realizar actividades deportivas con el mayor rendimiento y el menor consumo energético, así el rendimiento físico de los deportistas está estrechamente relacionado con el metabolismo energético, según el tipo, la duración y la intensidad de las actividades deportivas (Mallqui, 2013), mientras que la hipoxia estimula inicialmente la producción de factor inducible por hipoxia (HIF), pero de hecho los factores inducibles por hipoxia conducen a diversos grados de estimulación y al crecimiento de diferentes proteínas y enzimas, mejorando así el rendimiento.

Según el portal web biolaster, el rendimiento físico de los deportistas está íntimamente relacionado con el metabolismo energético, el metabolismo energético depende del tipo de actividad física, y la duración y la intensidad tendrán diferentes claves. Por tanto, la mayoría de los tipos de producción de energía estarán relacionados con la intensidad del ejercicio y pueden estar relacionados con el metabolismo anaeróbico o aeróbico, pero cuando hablamos de aeróbico (directo) y anaeróbico (indirecto a través de la tasa de recuperación de este esfuerzo en particular) todo esto depende sobre la capacidad de producción de energía del oxígeno y, más concretamente, sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), (Biolaster, s.f.).

Gráfico 1 Efectos fisiológicos en hipoxia



Fuente: Rendimiento Físico, (s.f.).

Así, la mayoría de los tipos de producción de energía estarán relacionados con la intensidad del ejercicio, y pueden estar relacionados con el metabolismo anaeróbico o aeróbico, pero cuando hablamos de esfuerzo aeróbico (directo) y anaeróbico (indirectamente mediante la recuperación de esta tasa de recuperación específica), el tiempo), todo lo cual depende del oxígeno y, más concretamente, del consumo máximo de oxígeno. (Mallqui, 2013). La capacidad de producción de energía de cada uno de los músculos involucrados en cada ejercicio específico, contendrá diferentes características de resistencia o de fuerza, aunque esto sea definido por la genética, su mejora se obtiene a través del entrenamiento físico.

Igualmente vemos una relación directa entre el oxígeno y las propiedades físicas, también entre los factores que contribuyen entre el crecimiento de diferentes enzimas y proteínas, todas ellas la base para mejorar el rendimiento físico durante el ejercicio. En concreto, esta mejora se debe a que la hipoxia continua y la hipoxia intermitente, e incluso el entrenamiento hipóxico en determinados aspectos, pueden provocar adaptaciones fisiológicas que afecten a la sangre, los músculos y la circulación sanguínea, o de otra forma.

Como todos sabemos, la hipoxia puede mejorar los parámetros sanguíneos, porque en los factores de crecimiento estimulados por el factor inducible por hipoxia (HIF), se activa la producción endógena de eritropoyetina (EPO), que a su vez estimula la producción de hemoglobina de manera muy eficaz. Estimula los glóbulos rojos y sus reticulocitos precursores. Los niveles elevados de hemoglobina (transportador de oxígeno a través de la sangre) aumentan la capacidad de transporte de oxígeno, este ingresa a todas las células del cuerpo humano desde los pulmones y se transforma en un aumento en la absorción máxima de oxígeno (VO_2 máx.) y la resistencia aeróbica, mejorando así el rendimiento físico de los deportes que involucran el metabolismo y el ejercicio aeróbico se mejora significativamente, (Biolaster, s.f.).

En lo que respecta, Kayser (como se citó Subiela 2014), afirma que en humanos adaptados a la altitud, en comparación con la situación observada bajo hipoxia aguda y normoxia, se observa una disminución en la concentración de ácido láctico en sangre a cualquier valor de consumo de oxígeno, y una disminución en la concentración máxima de ácido láctico después de un esfuerzo máximo la "paradoja del ácido láctico" se

desencadena por la exposición a grandes alturas y se manifiesta después del período de adaptación, en lugar de una exposición aguda.

A nivel muscular, la hipoxia provoca la activación de casi todas las enzimas que interfieren con la glucólisis anaeróbica para compensar la reducción en la producción de ATP aeróbico que ocurre durante la deficiencia aeróbica. Esta estimulación de las enzimas glucolíticas conduce a un mejor rendimiento anaeróbico. Esta mejora se conoce desde hace mucho tiempo, y se han publicado muchos trabajos en este ámbito. Otro factor que mejora el rendimiento anaeróbico causado por la hipoxia es que mejora la capacidad amortiguadora, retrasando así la acidosis, lo que lleva a un mayor tiempo de utilización del metabolismo anaeróbico.

Parece que la paradoja del ácido láctico se observa en el entorno de adaptación, más que en la exposición aguda a áreas de gran altitud, la disminución de la producción de ácido láctico también parece afectar a los habitantes de las zonas de gran altitud. De igual manera se observó que luego de trasladarse al nivel del mar y aclimatarse durante 6 semanas, el nivel de ácido láctico de los nativos del altiplano en ejercicio de intensidad progresiva continuaba siendo menor que el de los nativos de tierras bajas, pero al mismo nivel de carga de trabajo, aunque ligeramente superior al de los nativos de las tierras bajas. valor, se registró como una altura (Hochachka 1998 como se citó Subiela 2014). Esto lo llevó a pensar que esto podría deberse a una expresión metabólica fija, a la que llamó la "paradoja permanente del ácido láctico" en áreas de gran altitud.

La hipoxia también estimula significativamente la producción de VEGF (factor de crecimiento endotelial vascular). VEGF es un factor de crecimiento que estimula la formación de nuevos capilares y vasos sanguíneos, aumentando así la capilarización de los tejidos, principalmente la capilarización de los tejidos afectados por hipoxia. Aparece como un músculo durante el ejercicio intenso o la recuperación. El aumento de capilares reduce la distancia que el oxígeno debe viajar desde el lecho capilar hasta las células, lo que promueve el uso eficaz del oxígeno por las células, incluidas las células musculares, y también ayuda a mejorar el metabolismo aeróbico, (Biolaster, s.f.).

1.7.2 Efecto de la hipoxia sobre el rendimiento físico

El entrenamiento a gran altitud es un tema controvertido. Algunas personas creen que el período de entrenamiento a gran altitud es el prelude de mejores resultados en la competencia subsiguiente a nivel del mar. El entrenamiento en áreas de altitud media entre 2.000 y 3.000 metros (msnm) puede no beneficiar a los atletas bien entrenados, excepto por la capacidad de adaptarse al entorno y responder a diferentes entornos. En este contexto, se discuten las condiciones impuestas por la altitud, algunas respuestas fisiológicas observadas en la altitud y los cambios en los niveles sanguíneos estimulados por algunos de los factores descritos recientemente que responden a la hipoxia tisular (Subiela, 2014).

Cambios físicos presentes en la altitud

- Presión atmosférica: La presión atmosférica es proporcional a la altitud, disminuyendo a una tasa de aumento de 1 mmHg cada 10 metros mientras se asciende. Lo que pasará es una caída de presión parte del gas que lo compone, lo que afectará al intercambio de gases entre los medios, medio ambiente y pulmones, pulmones y sangre, sangre y células. Este proceso responde a la ley de presión parcial de los gases descrita por Dalton. Según esta ley, el oxígeno ejerce una presión de 160 mm Hg (mmHg) y la localidad de apartaderos en el estado de Mérida (Venezuela), a una altitud de 3400 msnm, es solo 105 mmHg. Desde un punto de vista práctico, esta diferencia de presión ha jugado un papel importante, si el aire que respira contiene menos oxígeno, este efecto se llama "porcentaje efectivo de oxígeno".
- Disminución de la temperatura: A medida que aumenta la temperatura, esta disminuye a una tasa de 1°C por cada 150 a 180 metros (m). El ascenso depende de la dirección del terreno. Existen más cambios en la vertiente sur más rápido que el norte. A medida que aumenta la altitud, se generan los denominados pisos calientes. Por otro lado, es necesario considerar la sensación térmica (10), que depende tanto de Temperatura ambiente y velocidad del viento. Cuando la temperatura ambiente es de 5°C y la velocidad del viento es de 20 km / h, se siente nuestro cuerpo registra como si estuviéramos a una temperatura de 1°C, pero si la temperatura ambiente es de -10 ° C y la velocidad del viento es de 30 km / h, la

temperatura es nuestro cuerpo piensa que está a -20°C , y así sucesivamente. En lugares altos, si no usa ropa adecuada, debe considerar estos factores debido al riesgo de congelación y muerte.

- Disminución del vapor de agua en la atmósfera: La reducción del vapor de agua en la atmósfera es más dramática que la reducción de la presión parcial de oxígeno. A 2000 msnm, el vapor de agua se redujo en un 50%, y a 4000 msnm, se redujo en un 75%. Esta es una de las causas más importantes de deshidratación en zonas de gran altitud, junto con la velocidad del viento y los cambios en el sistema endocrino (hormona antidiurética, aldosterona, renina), es un factor que provoca deshidratación y enfriamiento.
- Aumento de la irradiación solar: A medida que aumenta, la radiación tanto infrarroja como ultravioleta aumentará, esta última puede causar quemaduras solares e inflamación de la córnea. La radiación solar aumenta entre un 2% y un 4% por cada 100 metros de ascenso, hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar. Luego, aumenta en un 1% por cada 100 metros adicionales. La presencia de nieve refuerza aún más la influencia de la radiación al reflejar la luz solar, que puede aumentar hasta en un 90%.
- Disminuye la densidad del aire: Este hecho promueve la mecánica respiratoria porque reduce el trabajo de los músculos respiratorios para vencer la resistencia de las vías respiratorias. También facilita el movimiento, elevación y lanzamiento de objetos. En la Ciudad de México, la disminución de la densidad del aire es similar al efecto de una velocidad a favor del viento de 1.7 m/s .
- Disminuye la fuerza de gravedad: Este hecho también es bueno para mover, levantar y lanzar objetos. Cada 1000 metros asciende, la gravedad cae 0.003086 m/seg^2 . En la Ciudad de México, la reducción de la gravedad es de 0.00691 m/seg^2 , y el efecto combinado de la reducción de la densidad del aire y la reducción de la gravedad permite mejorar el rendimiento de unos pocos centímetros. Altura, longitud y pértiga, así como lanzamiento de disco y jabalina varios decímetros.

1.7.3 Hipoxia y eritropoyesis

Mediante los glóbulos rojos el oxígeno se transporta hacia el organismo, estos lo realizan gracias a una proteína llamada hemoglobina que se encuentra dentro del eritrocito y que representa más del 90% de su masa. Se combina de forma reversible con el oxígeno, lo integra en su estructura a nivel pulmonar y luego lo proporciona a las células. Por lo tanto, los cambios en el cuerpo que aumentan el consumo de oxígeno deben estimular la producción de glóbulos rojos y la síntesis de hemoglobina (Subiela, 2014). Este es uno de los estándares propuestos para justificar el entrenamiento en altura. Según el autor Subiela (2014) la altitud no es la causante de la activación de estos mecanismos, sino la hipoxia. La hipoxia es un estímulo natural que desencadena cambios que conducen a una mayor producción de glóbulos rojos y hemoglobina.

La hipoxia provoca una disminución de la saturación de oxígeno en sangre arterial, que se captura a nivel cerebral, y se activa inmediatamente la síntesis de un factor de transcripción llamado factor inducible por hipoxia (HIF). Este factor fue descubierto en 1992 y aislado y purificado en 1995. Este factor es el verdadero regulador de los cambios producidos por la estimulación de la hipoxia. HIF consta de dos subunidades 1a y 1b. En condiciones normoxia, la subunidad 1a se destruye y todo permanece igual, pero en condiciones hipóxicas, la subunidad 1a y 1b se combinan para formar HIF-1, que estimula la formación de eritropoyetina (EPO) en la corteza suprarrenal (Subiela, 2014).

Sin embargo, estos procesos no ocurren de inmediato y los cambios hematológicos requieren gradualidad, intensidad y duración. Se necesitan de 3 meses a 1 año para que el nivel de hemoglobina aumente de manera significativa y constante. Los glóbulos rojos tienen la mayor eficiencia de transporte de oxígeno durante el primer tercio de su vida de 120 días, lo que significa que la producción de glóbulos rojos debe ser muy activa, lo que puede aumentar la producción y el recambio de glóbulos rojos, debido a las condiciones ambientales y la mayor pérdida de líquidos del cuerpo, la altura reducirá el volumen de plasma, por lo que una hidratación adecuada es muy importante. En altitudes elevadas, la sed no es un estímulo rápido para el consumo de agua, aunque no tenga sed, debe beber agua para evitar una deshidratación severa, ya que esto reducirá la capacidad reológica de los glóbulos rojos y dificultará su progreso mediante los capilares.

2.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación del presente trabajo es de tipo exploratorio, la indagación de información se centra en las siguientes categorías: entrenamiento hipóxico, adaptaciones fisiológicas, rendimiento deportivo en atletas. Si bien no se realizarán mediciones in situ, se extrae la información necesaria para comprender los efectos del rendimiento deportivo y de la hipoxia en el atletismo. Las fuentes son básicamente obras de investigación científica y de bases teóricas del entrenamiento en hipoxia disponibles en fuentes bibliográficas como son: Springer Link, Google académico, Dialnet, 1Library y DOAJ la revisión se enfoca en aquellos artículos o trabajos científicos relevantes de más reciente publicación, para contar con un fundamento lo más actual posible, sin embargo, esto no descarta la utilización de artículos considerados como referenciales teóricos sobre métodos de entrenamiento en hipoxia de un periodo de 20 años de atrás de publicación.

Los artículos sustraídos que se van a ser utilizados para este trabajo son escogidos tanto de revistas indexadas como de bases digitales universitarias encontradas en las plataformas digitales ya nombradas, considerando el número de citas y la cantidad de visitas de cada artículo científico que poseen al menos 20 referencias bibliográficas que han sido sustraídas por los autores de cada uno de los artículos correspondientes que servirán para tener un mejor enfoque el trabajo a realizar.

Según Gómez-Luna, Fernando-Navas, Aponte-Mayor y Betancourt-Buitrago (2014) un análisis bibliográfico permite la reflexión crítica de las fuentes consultadas y de la información mediante el análisis del fenómeno relacionado al tema interpretando y las experiencias de los participantes en el estudio. Este análisis permitirá establecer conclusiones para el cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio de la investigación. Estas conclusiones además serán contrastadas con aquellas existentes en estudios previos. Lo anterior con la finalidad de establecer marcos de referencia para la aplicación de la Hipoxia.

2.2 Búsqueda de Información

Para la búsqueda de la información se utilizó los operadores booleanos siendo estos *and* y *or*, los cuales sirvieron para delimitar los términos relacionados al tema de la hipoxia y de los efectos fisiológicos que ocurren en este estado, a su vez excluyendo los contenidos que no conciernen al tema, dichos términos son utilizados por los autores en sus títulos de cada trabajo correspondiente en los objetivos de los artículos ya desarrollados, se toma en consideración artículos que abarquen el tema del entrenamiento en la hipoxia enfocándose en la disciplina del atletismo y sus modalidades que tengan por iniciativa el integrar un plan de hipoxia para la población de deportistas que se ha elegido para cada artículo, como también se toma muy en consideración a los artículos de revisión bibliográfica que puedan colaborar con la recolección de información necesaria para poder realizar el trabajo.

Para poder recolectar los artículos científicos destinados a utilizar en este trabajo, se emplea los recursos del internet, accediendo a distintas plataformas digitales o sitios web confiables que alberguen información y documentos de obras de carácter científico como artículos y tesis sobre el tema de la revisión bibliográfica a realizar, teniendo en cuenta que este recurso es muy factible para acceder en busca de información adicional que se pueda requerir a lo largo de la realización del trabajo, teniendo así fuentes como:

- DOAJ: Es una plataforma que brinda acceso a una gran base digital de datos para búsqueda de artículos científicos y médicos englobando revistas académicas y libros electrónicos.
- Dialnet: Es una plataforma digital que brinda acceso a un conjunto de artículos y revistas científicas que abarcan diferentes ámbitos de diferentes campos de conocimiento académico.
- ILibrary: Es una plataforma digital destinada para compartir y encontrar documentos que abarcan formularios, libros y tesis relacionados con los campos de investigación.
- Springer Link: Es un medio digital que publica libros electrónicos y revisiones científicas relacionados con distintos campos de la ciencia, la tecnología y la medicina que incluyen en su mayoría trabajos de investigación.

- Google Academic: Es un buscador derivado de la plataforma de Google que se especializa en la búsqueda especializada de artículos con enfoque científico, indexando directamente a bases de datos bibliográficas, libros electrónicos, revistas científicas, tesis, e informes científicos.

2.3 Proceso de búsqueda y selección de artículos

Para este trabajo de revisión bibliográfica se incorporan estudios publicados con metodología científica, descriptivos o transversales y que tengan un protocolo determinado. Así mismo, para la guía de la realización de la revisión bibliográfica se emplea términos propios de la literatura científica teniendo así términos empleados como: *hipoxia, entrenamiento en la altura, rendimiento deportivo, atletismo, adaptaciones fisiológicas en la altitud*. Junto a esos términos se emplea la ayuda de los operadores booleanos como lo son *and* y *or*, posteriormente se determinan los artículos a ser analizados por su número de visitas y citas que tienen cada uno de ellos tiene su validación debido a que cumplen con los criterios de inclusión ya expuestos en este trabajo.

2.4 Organización de la información

Una vez determinados los objetivos del estudio y la metodología principal, los artículos recolectados para la realización de este trabajo fueron descargados en formato pdf, para traducir los artículos que se obtuvieron en otros idiomas se utilizó la herramienta Yandex Translate; luego de ello los artículos fueron transferidos al software Mendeley para poder señalar puntos importantes de cada estudio y evitar archivos que estén duplicados.

De igual manera también se puede valorar la calidad de cada uno de los artículos científicos extraídos de la web en base a los resultados obtenidos en cada estudio, o en el apartado de la discusión de los artículos descriptivos que exponen diferentes criterios válidos tales como son las revistas en las que se encuentran publicados los artículos de carácter científico, que coincidan las palabras de búsqueda ya antes mencionadas o que

posean al menos 20 referencias bibliográficas en cada artículo, para poder emplear dichos artículos en esta revisión.

Luego de ello se procederá a extraer la información necesaria para realizar la revisión bibliográfica, teniendo en cuantos puntos referenciales importantes que tengan en común los artículos utilizados para esta revisión. A su vez se toma en consideración los objetivos de cada uno de los artículos para tener una clara referencia de lo que trata los trabajos, manejándose con las normas APA (American Psychological Association) 6ta edición para las citaciones de esta revisión bibliográfica.

2.5 Análisis de la información

Una vez que se extraiga la información de los artículos se podrá realizar una síntesis de puntos clave de cada uno de los artículos los cuales se irán citando cada uno de ellos con su autor correspondiente con las normas APA, con ello se va a determinar los diferentes efectos que se producen en las personas al estar en un ambiente hipóxico cumpliendo así también los objetivos ya planteados de esta investigación.

De igual manera se va a tener en consideración la metodología utilizada en los artículos para comparar los diferentes estudios publicados, dirigidos especialmente a la disciplina del atletismo, en cuanto sean dirigidos al entrenamiento en la altura, así también incluyendo artículos de revisión bibliográfica que estén enfocados al entrenamiento en la altura, dichos artículos son de carácter científico

Los parámetros que se considerarán en este trabajo abarcan a las palabras clave, su lugar de publicación o las citas realizadas en cada artículo, con los cuales se ayudará a determinar la eficacia de estos para la realización de esta investigación, por lo cual cada uno de los artículos han sido desglosados para identificar la muestra, los objetivos y resultados junto a sus respectivos autores, y el año de publicación para poder tener así una mejor síntesis de la información y poder realizar las conclusiones correspondientes de este estudio, realizando así un cuadro de la información consultada como se observará en la tabla 1.

CAPITULO 3: RESULTADOS CONSOLIDADOS Y DISCUSIÓN

3.1 TABLA DE RESUMEN DE INFORMACIÓN CONSULTADA

La presente tabla describe las principales fuentes de información consultadas, en donde se puede mencionar a los autores, año de publicación, tipo y muestra de estudio, su objetivo principal y sus resultados; los mismos que fueron obtenidos mediante la metodología descrita para el presente trabajo de investigación bibliográfica.

Tabla 1

Resumen de información consultada

| AUTORES | AÑO | TIPO/MUESTRA DE ESTUDIO | OBJETIVO | RESULTADO |
|--|------|--|---|--|
| Santiago Calero Morales, Roberto Carlos Caizaluisa Alvarado, Carlos Fabián Morales Pillajo, Andrea Maciel Vera Vilatuña, Fredy Geovanny Moposita | 2017 | Experimental Ocho atletas de la selección paralímpica ecuatoriana adaptados a entrenamientos sistemáticos en los ±2450 msnm. | Estudiar los efectos de la hipoxia sobre el peso corporal, el lactato y la frecuencia cardiaca máxima en un entrenamiento escalonado de cinco días en altitud en atletas de fondo (5000 m) profesionales paralímpicos. | Los efectos de la hipoxia con un entrenamiento, escalonado combinándose los cambios de altitud (2450-2950 mnm) durante cinco días en atletas paralímpicos fueron positivos, dado la mejora de la frecuencia cardiaca máxima y la tolerancia y eliminación de lactato. |

| | | | | | |
|---|------|-----------|------------------------|--|---|
| Caillamara, Raúl Ricardo Fernández Concepción | | | | | |
| Daniel Prada Martínez | 2019 | Analítico | Revisión bibliográfica | Evaluar la repercusión que tiene el entrenamiento en altitud sobre el organismo humano. | Los estudios que hemos analizado en esta revisión bibliográfica muestran resultados estadísticamente significativos a favor de numerosas adaptaciones que sufren los diferentes sistemas del organismo tras un programa de entrenamiento hipobárico. |
| Domingo J. Ramos Campo, Fernando Martínez Sánchez, Paula Esteban García, Jacobo. A. Rubio Arias, Susana Mendizábal Albizu, | 2012 | Analítico | Revisión bibliográfica | Exponer los diferentes aspectos susceptibles de mejora cuando se realiza un programa de entrenamiento utilizando programas de exposición (IHE) o entrenamiento en condiciones de hipoxia intermitente (IHT). | Los estudios con programas de IHE obtienen menos beneficios sobre el rendimiento físico del grupo de deportistas participantes en las investigaciones. Sin embargo, si nos centramos en los estudios que utilizan programas de hipoxia intermitente IHT y si tenemos en |

| | | | | |
|--|------|--|--|--|
| J. Fernando Jiménez Díaz | | | | cuenta los resultados significativos obtenidos a nivel muscular. |
| Martin J. Truijens, Ferran A. Rodríguez, Nathan E. Townsend, James Stray-Gundersen, Christopher J. Gore, Benjamin D. Levine | 2007 | Experimental 10 corredores | Evaluar el efecto de la hipoxia hipobárica intermitente combinada con el entrenamiento al nivel del mar en la economía del ejercicio. | Concluimos que 3 h de hipoxia hipobárica equivalente a una altitud de 4.000 a 5.500 m durante 5 días / semana durante 4 semanas es insuficiente para alterar la economía de ejercicio submáxima en un grupo diverso de atletas bien entrenados. |
| Keisho Katayama, Kohei Sato, Hiroshi Matsuo, Norio Hotta, Zhihu Sun, Koji Ishida, Ken-ichi Iwasaki, Miharu Miyamura | 2004 | Experimental 29 corredores de resistencia | Aclarar los cambios en las respuestas ventilatorias hipercapnias e hipóxicas (HCVR y HVR) después de la hipoxia intermitente y luego del cese de la exposición hipóxica. | En el presente estudio, encontramos que: no hubo un aumento significativo en la pendiente de HCVR después de 3 h / día durante 1 semana de hipoxia intermitente, mientras que se encontró un aumento significativo en la pendiente de HCVR después de 3 h / día durante 2 semanas de hipoxia intermitente. |

| | | | | |
|---|------|--|---|---|
| Rodas G. Parra J. Sitjá J. Arteman J. Viscor G. | 2004 | Experimental 4 triatletas | Este artículo presenta los resultados obtenidos por triatletas de alto nivel que fueron sometidos a un entrenamiento físico específico combinado de tres semanas de duración con una exposición intermitente a hipoxia hipobárica durante la primera y la tercera semana. | La respuesta al entrenamiento combinado con hipoxia fue progresiva, y pudo ser cuantificada por la reducción de la frecuencia cardiaca en hipoxia en reposo como signo de aclimatación a la altura. |
| Eileen Y. Robertson, Philo U. Saunders, David B. Pyne, Christopher J. Gore, Judith M. Anson Robert J. Aughey | 2009 | Experimental 17 corredores de media distancia | Un enfoque combinado de alta en vivo / entrenamiento bajo más entrenamiento alto (LH / TL? TH) puede proporcionar un estímulo de entrenamiento adicional para mejorar las ganancias de rendimiento. | La combinación de LH / TL TH puede provocar mayores mejoras en V_O2máx y Hbmasa de 3 semanas de LH / TL o TH solo, sin embargo, esto no se reflejó en una mejoría proporcionalmente mayor. |
| Vahid Tadibi, Christoph Dehnert, Elmar Menold, Peter Bärtisch | 2007 | Experimental 20 hombres entrenados en resistencia | Determinar si la IHE a corto plazo mejoraría el rendimiento anaeróbico o aeróbico al nivel del mar. | Los resultados indican que 15 días de IHE (6 min de hipoxia y luego 4 min de normoxia durante 1 h) no aumenta el rendimiento anaeróbico en una prueba anaeróbica de Wingate. |

| | | | | | |
|--|-------------|---------------------|-------------------|--|---|
| <p>Ferran A. Rodríguez, Martin J. Truijens, Nathan E. Townsend, James Stray-Gundersen, Christopher J. Gore, Benjamin D. Levine</p> | <p>2007</p> | <p>Experimental</p> | <p>28 atletas</p> | <p>Examinar los efectos de 4 semanas de exposición en reposo a hipoxia hipobárica intermitente (IHE, 3 h / día, 5 días / semana a 4,000–5,500 m) o normoxia combinada con entrenamiento a nivel del mar sobre el rendimiento y el transporte máximo de oxígeno en los atletas.</p> | <p>El protocolo de exposición intermitente a hipoxia hipobárica (3 h / día, 5 días / semana durante 4 semanas) el rendimiento en la carrera (3km) en este heterogéneo grupo de deportistas entrenados.</p> |
| <p>Stéphane P. Dufour, Elodie Ponsot, Joffrey Zoll, Stéphane Doutreleau, Evelyne Lonsdorfer-Wolf, Bernard Geny, Eliane Lampert, Martin Flück, Hans Hoppeler, Véronique Billat,</p> | <p>2005</p> | <p>Experimental</p> | <p>18 atletas</p> | <p>Este estudio investiga si un entrenamiento de hipoxia intermitente (IHT) de 6 semanas, diseñado para evitar reducciones en las cargas e intensidades de entrenamiento, mejora la capacidad de rendimiento de resistencia de los corredores de distancia competitivos.</p> | <p>Este estudio demuestra que, cuando las sesiones hipóxicas de un programa IHT presentan una duración moderada (24-40 min) y alta intensidad (VT2), mejoras significativas de $\dot{V}O_2$ máx. se obtienen en atletas ya entrenados, no solo en altitud sino también al nivel del mar.</p> |

| | | | | |
|---|------|--|--|--|
| Bertrand Mettauer, Ruddy Richard, Jean Lonsdorfer | | | | |
| Elodie Ponsot, Stéphane P. Dufour, Joffrey Zoll, Stéphane Doutrelau, Benoit N'Guessan, Bernard Geny, Hans Hoppeler, Eliane Lampert, Bertrand Mettauer, Renée Ventura-Clapier, Ruddy Richard | 2005 | Experimental 15 atletas resistencia | Investigar si el aumento de la capacidad de rendimiento aeróbico de los atletas ya entrenados, siguiendo un programa de entrenamiento, incluida la estimulación de hipoxia moderada, se acompaña de cambios en la sensibilidad al ADP y la creatina de las mitocondrias del músculo esquelético. Verificar si las alteraciones de uno o más de los parámetros de la función mitocondrial están vinculadas a la mejora del rendimiento aeróbico. | Ambos $\dot{V}O_2$ máx. y VO_2 en el VT2 mejoraron significativamente con el entrenamiento en el grupo Hyp. En el entrenamiento habitual de los corredores de resistencia induce el músculo esquelético adaptaciones mitocondriales que pueden contribuir a la mejora del rendimiento de resistencia (T_{lim}). |
| Diego Fernández-Lázaro, Joseba Díaz, Alberto Caballero, Alfredo Córdova | 2019 | Analítico Revisión bibliográfica | Describir las adaptaciones hipertróficas del músculo esquelético en respuesta a la exposición temporal a situaciones de hipoxia. | Permitió concluir que la sinergia del entrenamiento y la hipoxia normobárica produce mejores y mayores adaptaciones, ganancias |

| | | | | |
|---|------|---|--|---|
| | | | | y cambios fisiológicos beneficiosos en el tejido muscular. |
| Kazuo Oguri Hajime Fujimoto, Hiroyuki Sugimori, Kei Miyamoto, Toshiki Tachi, Sachio Nagasaki, Yoshihiro Kato, Toshio Matsuoka. | 2008 | Experimental 9 velocistas de pista | Determinar si la hipoxia aguda altera el nivel de desoxigenación en el músculo vasto lateral durante una prueba de Wingate de 30 s, y comparar el nivel de desoxigenación muscular entre atletas de velocidad y hombres desentrenados. | Hubo una mayor disminución en el pico de VO ₂ , incremento en el pico de VE y una tasa de recuperación más lenta de la oxigenación muscular. |
| Ramos-Campo, D.J; Martínez, F; Esteban, P; Rubio-Arias, J.A. Jiménez, J.F. | 2014 | Experimental 18 triatletas de categoría élite | Determinar los cambios producidos en el rendimiento aeróbico en el segmento de ciclismo después de llevar a cabo un programa de IHT de 7 semanas de duración. | Es un método eficaz para incrementar el rendimiento aeróbico al nivel del mar en los triatletas participantes en esta investigación. |
| Daichi Sumi, Chihiro Kojima, Nobukazu Kasai, Kazushige Goto | 2018 | Experimental 9 atletas entrenados de media a larga distancia | Investigar el equilibrio ácido-base y la cinética del potasio en respuesta al ejercicio en condiciones de hipoxia moderada en atletas de resistencia. | Las concentraciones de lactato en sangre aumentaron significativamente con el ejercicio en ambos ensayos, las elevaciones de lactato en sangres inducidas por |

| | | | | |
|--|------|---|---|--|
| | | | | el ejercicio fueron significativamente mayores en la prueba N que en la prueba H. |
| Domingo J. Ramos Campo, Fernando Martínez Sánchez, Paula Esteban García, Jacobó. A. Rubio Arias, Susana Mendizábal Albizu, J. Fernando Jiménez Díaz. | 2012 | Analítico Revisión bibliográfica | Estimular la eritropoyesis del deportista y que se generen adaptaciones que mejoren su rendimiento físico al nivel del mar. | Los métodos de entrenamiento en hipoxia intermitente parecen ser mucho más beneficiosos que los de exposición a hipoxia intermitente, si bien ambos pueden estimular parámetros hematológicos como la eritropoyetina, hematocrito, hematíes o hemoglobina, que demuestran una estimulación de la eritropoyesis del deportista y que derivan en un incremento del rendimiento aeróbico o anaeróbico del deportista por una mejor capacidad de transporte de oxígeno en la sangre. |

| | | | | |
|--|------|---|---|--|
| José Nicolás Barbosa Zapata, Lorena del Rocío Logroño Herrera, José María Bravo Zambonino, Geovanny Chávez Silva, Pablo Andrés Barba Gallardo. | 2017 | Analítico Revisión bibliográfica | Definir el entrenamiento deportivo como proceso sistemático, científico pedagógico que garantiza la forma deportiva de atletas y se desarrolla en diversos contextos, dentro de los cuales la altura juega un rol esencial. | El entrenamiento en la altura se realiza en tres fases atendiendo a la índole de las respuestas bioadaptativas del organismo humano ante las condiciones de hipoxia. |
|--|------|---|---|--|

Reyes D, (2021). Resumen de información consultada [Tabla].

3.2 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS

De la revisión sistemática de los 17 artículos científicos se total, se obtuvieron los siguientes resultados sobre la relación entre la hipoxia y el rendimiento físico en atletas; que fueron sometidos a un entrenamiento hipóxico en los diferentes estudios, teniendo así las siguientes adaptaciones fisiológicas que tiene impacto en el rendimiento físico de los atletas en el organismo como:

Efectos en el sistema cardiovascular:

- Dentro de las adaptaciones cardiovasculares teniendo el aumento de los latidos del corazón, que a su vez que la potencia a la recuperación de la frecuencia cardiaca a nivel orgánico, esta frecuencia se vuelve inferior existiendo así una recuperación más adecuada del organismo, y a su vez brindando un mejor rendimiento físico (Prada, 2019; Calero et al., 2017; Truijens et al., 2008).
- La disminución de la frecuencia cardiaca durante el reposo es un signo de aclimatación a una altura determinada, demostrando así que existe una reducción basal de las pulsaciones, al igual que realizando ejercicio en intensidades del 1% y 4%, (Rodas et al., 2004), en tendencias máximas y sub máximas, la frecuencia cardiaca no presenta un aumento significativo debido a la estimulación del sistema nerviosos simpático y a la aglomeración de las catecolaminas debido al retorno venoso (Ramos et al., 2014).

Efectos hematológicos:

- En estado hipóxico la hemoglobina y el hematocrito aumentaron de forma significativa al estar expuestos 20 días en condiciones hipóxicas, incrementándose así el vo₂max, (Prada, 2019; Ramos et al., 2012) también se vio afectado el oxígeno, teniendo una disminución significativa, pero aumentando así la desoxihemoglobina (Oguri et al., 2008).
- Al descender la frecuencia cardiaca también dio a entender que los procesos de eritropoyesis empezaban teniendo un aumento, (Rodas et al., 2004; Ramos et al., 2014), así se incrementa la eritropoyetina hormona encargada del transporte del oxígeno.

- La concentración de eritropoyetina se mantiene durante el primer día, aumentando desde el día 2 permaneciendo elevado así durante 4 días, disminuyendo después de 1 semana del entrenamiento hipóxico, (Tadibi et al., 2007; Robertson et al., 2009) al estar en un ambiente de hipoxia normobárica por 4 semanas.
- En estado de hipoxia intermitente se demuestra un efecto de la EPO con un aumento del hematocrito y concentración de hemoglobina. (Rodríguez et al., 2007).

Efectos metabólicos:

- La potencia anaeróbica no presenta cambios de manera positiva debido a la distorsión de la combinación del entrenamiento hipóxico y de la intensidad del ejercicio, (Prada, 2019; Ramos et al., 2012), la potencia muscular basados en las investigaciones de entrenamiento hipóxico no se observaron cambios significativos en cuanto a la repetición máxima 1RM.
- La potencia aeróbica presenta mejoras al combinar un estado de normoxia con entrenamiento hipóxico mejorando junto con ello el vo2 max siendo los atletas entrenados los que presentan una mayor mejora mostrando rangos de desoxigenación muscular, (Dufour et al., 2006; Oguri et al., 2008), la potencia aeróbica será menor en una prueba de estado hipóxico comparando con otra en estado de normoxia (Sumi et al., 2018).
- Según (Ramos et al., 2014) afirman que, empleando un programa de entrenamiento hipóxico de un periodo de 7 semanas con un tiempo de 2 días a la semana por 60 minutos, es un entrenamiento eficaz para mejorar el rendimiento aeróbico, así mismo se determina que durante 15 días expuestos a hipoxia intermitente no afectan a el rendimiento anaeróbico (Tadibi et al., 2007).
- Los niveles de lactato varían de acuerdo a exposición de la altura en la que se encuentra el atleta, acumulándose mayormente cuando existe una exposición hipóxica teniendo variaciones de acuerdo al entrenamiento sometido y a la altura expuesta (Calero et al., 2017; Truijens et al., 2008).
- Al estar expuestos a una hipoxia intermitente no existe una alta acumulación del lactato (Tadibi et al., 2007), a su vez existe una mayor tolerancia del organismo al lactato sanguíneo, lo cual mejoró la eliminación de metabolitos y lactato sanguíneo (Dufour et al., 2006).

Efectos en el sistema respiratorio:

- Los efectos principales que tiene el sistema respiratorio al estar expuesto a una hipoxia crónica es el descenso del dióxido de carbono alveolar junto con un aumento del volumen sanguíneo principalmente en el capilar del pulmón, junto con un aumento de la difusión pulmonar debido al gradiente de presión, (Prada, 2019; Truijens et al., 2008) la respiración en hipoxia hipobárica, en la cual el ritmo respiratorio fue mucho mayor, teniendo así una mayor alcalosis sanguínea.
- El aumento de la ventilación depende del tiempo que trasciende ante la última exposición de hipoxia, ocurre en la desaclimatización aumentando la respuesta ventilatoria después de la primera y segunda semana de exposición hipóxica intermitente (Katayama et al., 2004).
- Las mejoras mitocondriales que se dan por el aumento de la respiración, ya que esto brinda una oferta y demanda de ATP, en atletas ya entrenados existe una mayor difusión del oxígeno en el organismo, por lo cual en los capilares pulmonares existe un incremento de la desaturación arterial de oxígeno (Ponsot et al., 2005; Oguri et al., 2008).
- El aumento de la ventilación depende del tiempo que trasciende ante la última exposición de hipoxia, ocurre en la desaclimatización aumentando la respuesta ventilatoria después de la primera y segunda semana de exposición hipóxica intermitente (Katayama et al., 2004).

3.3 DISCUSIÓN

Dentro de la revisión sistemática de la relación entre la hipoxia y el rendimiento físico en atletas, se evidencian los siguientes criterios de los autores consultados:

Efectos en el sistema cardiovascular

- Según Prada (2019) el corazón al realizar un esfuerzo la frecuencia cardiaca tiende a aumentar al estar en exposición a la altura, así concuerda con el estudio de Calero et al., (2017), estos autores también afirman que potencia a la recuperación de la frecuencia cardiaca a nivel orgánico.
- Calero et al., (2017), a su vez establecen que la frecuencia cardiaca se vuelve inferior, con ello el organismo va a recuperarse de una manera más rápida concordando así con Ramos et al., (2014), quienes afirman que la frecuencia cardiaca desciende en el ejercicio realizado en las intensidades del 1% y 4%, al igual que en tendencias máximas y sub máximas.
- Para Rodas et al., (2004) el descenso de la frecuencia cardiaca demuestra que existe una reducción en el valor basal de las pulsaciones de los atletas disminuyendo aun en reposo, lo cual significa que ya se obtuvo una aclimatación del organismo mejorando el rendimiento de los atletas en el caso de este estudio al estar a los 5500m de altura, concordando así con Truijens et al., (2008), los cuales afirman que cuando el corazón realiza menos latidos por minuto, nos brinda una mayor economía a la hora de hacer ejercicio ya que al disminuir la frecuencia cardiaca, hace que el rendimiento físico mejore, pues la disminución de esta se da igualmente durante el reposo siendo este un signo claro de aclimatación.

Efectos hematológicos

- Tadibi et al., (2007), afirman que la concentración de EPO se mantiene durante el primer día concordando así con el estudio de Robertson et al., (2010) los cuales también afirman que la concentración de EPO aumenta desde el segundo día permaneciendo elevado así durante 4 días disminuyendo después de 1 semana del entrenamiento hipóxico.

- Rodas et al., (2004), indican que con la disminución de la frecuencia cardiaca los procesos de eritropoyesis empiezan a tener un aumento significativo, concordando así con los estudios de Ramos et al., (2014) los cuales afirman que incrementa la eritropoyetina, hormona encargada del transporte del oxígeno, sin embargo, Truijens et al., (2008), alude que al estar a una altura de 4,000 a 5,000m por 3h durante 5 días a la semana no se presentan cambios significativos de eritropoyesis.
- Rodríguez et al., (2007) y Prada (2019), refieren que en estado de hipoxia intermitente se demuestra un efecto de la EPO con un aumento del hematocrito y concentración de hemoglobina, presentando una mejora del rendimiento físico concordando así con Oguri et al., (2008) los cuales afirman de igual manera que la hemoglobina se vio severamente afectada disminuyendo significativamente con el oxígeno y a su vez aumentando la desoxihemoglobina, según Ramos et al., (2012) afirman que la hemoglobina (4%) y el hematocrito (5%) aumentaron de forma significativa al estar expuestos 20 días en condiciones hipóxicas.

Efectos metabólicos

- Ramos et al., (2012), mencionan que un programa de hipoxia no influye en el rendimiento anaeróbico, esto aludiendo a la distorsión de la combinación del entrenamiento hipóxico con la intensidad de este, de igual manera al igual que Tadibi et al., (2007) quienes aluden que al estar expuestos durante 15 días a hipoxia intermitente no afecta el rendimiento anaeróbico.
- Rodríguez et al., (2007) demostraron que en una altura de 2500 a 3000 metros sobre el nivel de mar por un periodo de 8 a 10 horas por 3 semanas no presenta un aumento en la potencia aeróbica, pese a ello han evidenciado una mejora en el rendimiento físico, concordando así con Sumi et al., (2018) quienes demuestran con su estudio que la potencia aeróbica es inferior en estado hipóxico, pero en contraste con las afirmaciones de Dufour et al., (2006) quienes evidencian que la combinación de un entrenamiento en estado de normoxia potenciado con entrenamiento hipóxico, durante un periodo de 6 semanas mejora la potencia aeróbica.

- Calero et al., (2017) y Truijens et al., (2008), concuerdan que los valores de lactato aumentan y se acumula en mayores cantidades cuando el atleta está sometido a un estado hipóxico, los valores de este tienen una gran variación en cuanto al entrenamiento en la altura, en contraste con el estudio de Tadibi et al., (2007) quienes exponen que al estar expuestos los atletas a una hipoxia intermitente (IHE) por un periodo de 15 días consecutivos con la modalidad de 6 minutos de hipoxia y 4 minutos de normoxia durante 1 hora cada día, no existe una acumulación máxima de lactato.
- Robertson et al., (2010) hacen una referencia al umbral de lactato, afirmando que existía una mayor velocidad con relación a este, lo cual coincide con los estudios de Dufour et al., (2006) que exponen, que al estar expuestos a un estado de hipoxia intermitente durante un periodo de 6 semanas existió una tolerancia mayor a los niveles de lactato relacionándolo con la mejora de la velocidad del umbral de lactato.
- Fernández et al., (2018) refieren que el proceso de hipertrofia de la fibra del músculo esquelético surge como resultado de la confluencia del equilibrio de las proteínas musculares, pues la actuación de células satélites musculares regenera el tejido muscular, Dufour et al., (2006) aluden que con ejercicio hipóxico se crean cambios a nivel tisular y molecular dentro del musculo esquelético de los atletas.

Efectos en el sistema respiratorio

- Prada (2019), expone que los efectos principales que tiene el sistema respiratorio al estar expuesto a hipoxia es el descenso del CO₂ alveolar junto con un aumento del volumen sanguíneo y de la difusión pulmonar dificultando la respiración en el organismo, esto concordando con el estudio de Oguri et al., (2008), quienes exponen que existe una mayor difusión del oxígeno en el organismo, por lo cual en los capilares pulmonares existe un incremento de la desaturación arterial de oxígeno.
- Katayama et al., (2004) afirman que el aumento de la ventilación depende del tiempo que trasciende ante la última exposición de hipoxia ocurriendo en la desaclimatización dándose la respuesta ventilatoria después de la primera y segunda semana de exposición hipóxica, en contraste al estudio de Tadibi et al.,

(2007), quienes refieren que al estar expuesto una hora a condiciones hipóxicas durante 15 días no tiene un efecto significativo en las variables respiratorias, pero que puede ser beneficioso para una aclimatación ventilatoria.

- Truijens et al., (2008) mencionan que en hipoxia el ritmo respiratorio es mucho mayor, teniendo así una mayor alcalosis sanguínea con una mayor hipoxemia y una disminución de la saturación arterial del oxígeno, de igual manera Ponsot et al., (2005) afirman en su estudio que el aumento de la respiración produce mejoras mitocondriales, esto brinda una oferta y demanda de ATP.

CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Dentro de las principales conclusiones de la investigación bibliográfica se puede llegar a determinar diferentes aspectos analizados de las variables estudiadas, al finalizar el presente proyecto mencionamos a las siguientes:

- Al respecto de los niveles de lactato se puede observar un aumento en los atletas que se exponen a mayor altura; así mismo si la altura disminuye el nivel de lactato después del entrenamiento también disminuye.
- El lactato se acumula en mayores cantidades cuando el atleta está sometido a un estado hipóxico que estando en un estado de normoxia, teniendo los valores de lactato una gran variabilidad en el entrenamiento de altura. Al existir una tolerancia mayor a los niveles de lactato, mejora la homeostasis, así también teniendo una mejoría en el intercambio y eliminación de lactato en el organismo y una disminución progresiva del pH en el musculo, retrasando así la producción de la fatiga.
- Los efectos principales que se produce en el sistema respiratorio al estar expuesto a una hipoxia crónica es el descenso del CO₂ alveolar con un incremento del volumen sanguíneo en los capilares de los pulmones. También existe una elevación de la difusión pulmonar debido al gradiente de presión.
- Al estar expuesto a una hipoxia severa en sesiones breves, se produce una aclimatación ventilatoria, en exposición a una hipoxia hipobárica el ritmo la respiración aumenta, en hipoxia normobárica existe un incremento de la alcalosis en la sangre con un descenso de la saturación arterial del oxígeno.
- El incremento de la ventilación ocurre en la desaclimatización lo cual aumenta la respuesta ventilatoria, los efectos contraproducentes al estar expuestos a un ambiente hipobárico son las apneas, hipocapnia, reducción del estímulo ventilatorio e hiperventilación.
- Existe una mayor difusión de oxígeno en atletas ya entrenados por lo cual la desaturación arterial de oxígeno aumenta en los capilares pulmonares, pero a su vez, existe un límite en referencia a la extirpación del oxígeno tisular.

UCUENCA

- A nivel de la zona hipobárica existe mayor demanda de ATP lo cual produce mejoras mitocondriales en el tejido muscular.
- El corazón realiza más esfuerzo por lo cual la frecuencia cardiaca aumenta, al estar sometido a un entrenamiento en estado de hipoxia favorece a la recuperación a nivel orgánico mejorando el rendimiento debido a una frecuencia cardiaca más baja como respuesta a la adaptación a la altura.
- Los mecanismos de eritropoyesis mejoran por la disminución de la frecuencia cardiaca lo cual va a mejorar la respuesta de la eritropoyetina dando lugar a un mejor transporte de oxígeno incrementando de manera directa el $\dot{V}O_2$ máx.
- La concentración de eritropoyetina se mantiene durante el primer día, aumenta desde el segundo día, permaneciendo elevado así durante cuatro días disminuyendo después de una semana del entrenamiento hipóxico.
- Con el entrenamiento hipóxico mejora la potencia aeróbica, mientras que la potencia anaeróbica no se ve afectada al estar sometida a la altura, lo cual se demuestra al realizar pruebas de resistencia en la altura y a nivel del mar de las dos variables de entrenamiento deportivo.
- Los atletas que están bien entrenados tienen un mejor $\dot{V}O_2$ al igual que una mejor potencia aeróbica obteniendo un incremento en su rango de desoxigenación muscular, igualmente se produce hipertrofia en el musculo esquelético debido a la mezcla y el equilibrio de las proteínas musculares, junto con el aumento de células satélites a las fibras musculares esqueléticas.
- Los cambios en el rendimiento después de la exposición a la altitud pueden verse afectados por numerosos factores como los psicológicos, la fatiga y el entrenamiento, las perturbaciones psicológicas, así como también la calidad del sueño, lo cual afecta negativamente en el descanso y sueño de los deportistas, las condiciones fisiopatológicas son consideradas también como repercusiones nocivas.

4.2 RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones y a la metodología presente realizada en este estudio se pueden dar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar la presente metodología de investigación bibliográfica sobre entrenamiento en hipoxia en otras disciplinas deportivas y poder realizar un análisis comparativo con el presente estudio.
- Sería recomendable diferenciar los estudios de acuerdo a las modalidades deportivas y su nivel de aptitud física; de acuerdo a los niveles de entrenamiento en la altura.
- Es importante también tener en cuenta las herramientas de búsqueda, con las cuales se va a trabajar para recolectar la información necesaria; que tengan un alto grado de precisión de búsqueda para poder realizar un análisis estadístico significativo.
- A partir de la revisión bibliográfica realizar trabajos de investigación en campo con deportistas de atletismo de diferentes modalidades para su análisis respectivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, J. (2014). Potenciales aplicaciones de la hipoxia intermitente: individualización del entrenamiento anaeróbico. Barcelona: Universidad de Barcelona. Obtenido de: http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/55831/1/JAH_TESIS.pdf

Andrade, S. (2017). Entrenamiento hipóxico y su relación en el rendimiento deportivo en atletas de las modalidades de fondo y semifondo de federación deportiva de chimborazo. Universidad técnica de Ambato. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25445/1/Sebasti%3%a1n%20Andrade%20C%3%a1ceres%200602956062.pdf>

Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C., del Campo-Vecino, J., & Alonso-Curiel, D. (2014). La exposición hipóxica como medio para aumentar el rendimiento deportivo: ¿mito o realidad? Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte / International, 183-198. Obtenido de: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista53/artexposicion426.pdf>

Benet, S., & Argente, E. (2015). Teoría del entramiento. En A. de la Herrán, J. Martínez, & A. Cabrera, Manual de acondicionamiento físico y socorrismo acuático (págs. 92-103). Guadalajara: Griker Orgemer. Obtenido de: http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m5/M5_Acondicionamiento_v6_03_entrenamiento/M5-Acondicionamiento-v6-03-entrenamiento.pdf

Barbosa, J., Logroño, L., Zambonio, J., Silva G; Barba, P. (2017). El atletismo y su entrenamiento en la altura. Obtenido de: <http://refcale.uleam.edu.ec/index.php/enrevista/article/view/2318/1249>

Basain, J., Valdés, M., Miyar, M., Pérez, M., Duany, D., & Alfonso, A. (2017). Factor inducible por hipoxia como mecanismo molecular regulador de la homeostasis del oxígeno y su respuesta ante la hipoxia a nivel celular en la obesidad. Panorama Cuba y Salud, 66-73. Obtenido de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cubaysalud/pcs-2017/pcs173k.pdf>

Biolaster, (s.f.). Rendimiento Físico. Obtenido de: <https://www.biolaster.com/hipoxia/rendimiento-fisico/>

Brocheri, F., Girard, O., Faiss, R., & Millet, G. (2016). Altitud y deportes de equipo: métodos tradicionales desafiados por un entrenamiento innovador y específico en hipoxia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 338-358. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5739834>

Calero, S., Caizaluiza, R., Morales, C., Vera, A., Moposita, F., & Fernández, R. (2017). Efectos de la hipoxia en atletas paralímpicos con entrenamiento escalonado en la altura. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. Obtenido de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2017/cib171i.pdf>

Dufour, S., Ponsot, E., Zoll, J., Doutrelau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., Lampert, E., Fluck, M., Hoppeler, H., Billat, V., Mettauer, B., Richard, R & Lonsdorfer J. (2005). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity Obtenido de: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00742.2005>

Fernández-Lázaro, D., Díaz, J., Caballero, A., & Córdova, A. (2019). Entrenamiento de fuerza y resistencia en hipoxia: efecto en la hipertrofia muscular. *Biomédica*. Obtenido de: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/4084/4110>

Gómez, A. (2013). El atletismo desde una perspectiva pedagógica. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6698349.pdf>

Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 158-163. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49630405022>

Gough, C., Saunders, P., Fowlie, J., Savage, B., Pyne, D., Anson, J., & Gore, C. (2012). Influence of altitude training modality on performance and total haemoglobin mass in elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 3275-3285. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22234397/>

Granda, E. (2018). Valoración del rendimiento físico inicial y acciones estratégicas para disminuir la deserción deportiva en el atletismo femenino de la federación deportiva de Loja. Obtenido de: <https://cutt.ly/CIItXptu>

Hidalgo, J. (2016). Aprendizaje y comparativa entre el entrenamiento de fuerza bajo condiciones de hipoxia y sin condiciones de hipoxia. Universidad Francisco de Vitoria. Obtenido de: <https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Hidalgo-Laborda-2>

Katayama K., Sato K., Matsuno H., Hotta N., Sun Z., Ishida K., Ken-ichi I. & Miyamura M. (2005). Changes in ventilatory responses to hypercapnia and hypoxia after intermittent hypoxia in humans. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569904804003234>

Mallqui, V. (2013). El entrenamiento del fútbol en la altura y su impacto en el rendimiento físico categoría sub 16 del club mushuc runa cantón ambato provincia de Tungurahua. Obtenido de: <file:///E:/Documentos/Escritorio/citar/rendimiento%20fisico%201.10%20pag%2053.pdf>

Martínez, P. (2019). Efectos del entrenamiento en altitud o hipobárico sobre el organismo. Obtenido de: <https://gredos.usal.es/handle/10366/139714?locale-attribute=de>

Martínez S & Becerra J; (2017). Valoración de las capacidades físicas en estado hipoxico a 3450 msnm frente a 1250 msnm Obtenido de: <https://cutt.ly/OItXlqx>

Millet, G. (2012). Point: Hypobaric Hypoxia induces different Physiological responses from normobaric hypoxia. Journal of Applied Physiology. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22267386/>

Millet, G., Roels, B., Schmitt, L., Woorons, X., & Rachilet, J. (2010). Combining Hypoxic methods for peak performance. Sports Medicine, 40(1):1-25. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20020784/>

Montoro, R., Ochoa, E., Quizhpe, V., Valverde, L. (2018). Valoración del rendimiento físico inicial y acciones estratégicas para disminuir la deserción deportiva en el atletismo femenino de la federación deportiva de Loja. Obtenido de: <https://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/download/206/193/>

Oguri, K., Fujimoto., Sugimori H., Miyamoto, K., Tachi, T., Nagasaki, S., Kato, Y. & Matsuoka T. (2008). Pronounced Muscle Deoxygenation During Supramaximal Exercise Under Simulated Hypoxia in Sprint Athletes. Obtenido de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761931/>

Ponsot E., Dufour, S., Zoll J., Doutrelau, S., N'Guessan B., Geny B., Hoppleler, H., Lampert E., Mettauer B., Ventura-Clapier R. & Richard R. (2005). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. Obtenido de: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00361.2005>

Ramírez, J. (2020). Historia del atletismo. Obtenido de: <https://www.webcolegios.com/file/20563d.pdf>

Ramos, D., Martínez, F., Esteban, P., Rubio, J., Mendizábal, S., & Jiménez, F. (2013). Efectos hematológicos inducidos por los programas de hipoxia intermitente. CCD, 199-206. Obtenido de: <https://ccd.ucam.edu/index.php/revista/article/view/362>

Ramos, D., Martínez, F., García, P., Rubio, J., Mendizábal, S., Jiménez, J. (2012). Efectos fisiológicos inducidos por los programas de hipoxia intermitente. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4532315>

Ramos, D., Martínez, F., García, P., Rubio, J. & Jiménez, J. (2014). Entrenamiento en hipoxia intermitente y rendimiento ciclista en triatletas. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5514689>

Ramos, D., Sánchez, F., García, P., Rubio, J., Albizu, S. & Jiménez, J. (2012). Efectos hematológicos inducidos por los programas de hipoxia intermitente. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/1630/163028753005.pdf>

Robach, P., & Lundby, C. (2015). Improving endurance performance with "Live High-Train Low" altitude training. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 11-13. Obtenido de: <https://www.aspetar.com/journal/upload/PDF/20142610041.pdf>

Robertson, E., Saunders, P., Pyne, D., Aughey, R., Anson, J. & Gore, C. (2009). Reproducibility of Performance Changes to Simulated Live High/Train Low Altitude. Obtenido de:

https://www.researchgate.net/publication/38114562_Reproducibility_of_Performance_Changes_to_Simulated_Live_HighTrain_Low_Altitude

Rodas, G., Parra, J., Sitjá, J., Arteman, J. & Viscor, G. (2004). Efecto de un programa combinado de entrenamiento físico e hipoxia hipobárica intermitente en la mejora del rendimiento físico de triatletas de alto nivel. Obtenido de: <https://cutt.ly/jItV08j>

Rodríguez, J. & Alipio, J. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista Escuela de Administración de Negocios, 1-26. Obtenido de: <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/1647>

Rodríguez, F., Trujiens, M., Townsend, N., Stray-Gunderson, J., Gore, C. & Levine, B. (2007). Performance of runners and swimmers after four weeks of intermittent hypobaric hypoxic exposure plus sea level training. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17690191/>

Subiela, J. (2014). Mitos y realidades del entrenamiento en altura. Obtenido de: https://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE_4913.pdf

Sumi, D., Kojima, C., Kasai, N. & Goto, K. (2018). The effects of endurance exercise in hypoxia on acid-base balance and potassium kinetics: a randomized crossover design in male endurance athletes. Obtenido de: <https://sportsmedicineopen.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-018-0160-1>

Tabidi, V., Dehnert, C., Mendold, E. & Bartsch, P. (2007). Unchanged Anaerobic and Aerobic Performance after Short-Term Intermittent Hypoxia. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/6360621_Unchanged_Anaerobic_and_Aerobic_Performance_after_Short-Term_Intermittent_Hypoxia

Tapia, R. (2015). El entrenamiento en altura para mejorar la capacidad anaeróbica en los deportistas de fondo de la federación deportiva de cotopaxi en el año 2015. Obtenido de: <https://docplayer.es/55780115-Universidad-tecnica-de-cotopaxi.html>

Truijens, M., Rodríguez, F., Townsend, N., Stray-Gundersen, J., Gore, C. & Levine B. (2008). The effect of intermittent hypobaric hypoxic exposure and sea level training on submaximal economy in well-trained swimmers and runners. Obtenido de: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.01324.2006>

Université de Lausanne. (2020). Congreso de juventud y deportes de invierno Lausana 2020. Obtenido de: <https://wp.unil.ch/cyws20/congress-information/scientific-committee/gregoire-millet/>

Urdampilleta, A., González-Muniesa, P., Portillo, M., & Martínez, J. (2012). Usefulness of combining intermittent hypoxia and physical exercise in the treatment of obesity. *Jornal of Physiology and Biochemistry*, 289-304. Obtenido de: <https://ccd.ucam.edu/index.php/revista/article/view/362>

ANEXOS

Anexo 1: Resolución de junta académica de aprobación del esquema

En Junta Académica de la Carrera de Pedagogía de la Actividad Física, en sesión ordinaria del 9 de diciembre del 2020 se recibe la solicitud presentada por el estudiante David Franklin Reyes Pérez quien solicita se apruebe el esquema de tesis titulado: "Determinar los efectos de la hipoxia en el rendimiento físico en atletas de las diferentes disciplinas de Atletismo". y resuelve: APROBAR el esquema de tesis previo al informe presentado por la Comisión Académica, Se designa como tutor al Dr. Nelson Cobos.



Mgt. Dorian Diaz M

SECRETARIO JUNTA ACADEMICA

Anexo 2: Resolución del consejo directivo de aprobación del diseño de trabajo



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Filosofía, Letras y
Ciencias de la Educación.

Solicitado al pleno del Consejo para su conocimiento y aprobación: El Directorio luego del respectivo análisis:

RESUELVE:

El Consejo Directivo en uso de las atribuciones que le otorga el art. 87, literal "a", del Estatuto de la Universidad de Cuenca, resuelve por unanimidad acoger lo resuelto por las Juntas Académicas de las Carreras y aprobar los diseños de los trabajos de titulación, con designación de directores, de los estudiantes de las nóminas que anteceden en los términos de los documentos conocidos.

Notifíquese a los 07 días del mes de enero de 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Giovanni Maldonado Palomeque'.

Dr. Giovanni Maldonado Palomeque
SECRETARIO-ABOGADO DE LA FACULTAD

Anexo 3: Captura de plataforma virtual de búsqueda de artículos

Dialnet [Buscar](#) | [Revistas](#) | [Tesis](#) | [Congresos](#) Español

Buscar documentos

Hipoxia en atletismo **Buscar**

11 documentos encontrados

Filtros

Tipo de documento

- Tesis (6)
- Artículo de revista (5)

Relevancia 20

Atletismo. Entrenamiento en hipoxia: nuevas perspectivas
 Fernando Lozano Martínez
 Sport Training Magazine, ISSN 1885-4443, N.º 22, 2009, págs. 18-25

Marcadores de estrés oxidativo como herramienta para optimizar la intensidad de entrenamiento de nadadores en hipoxia frente a normoxia
 Silvana Nóbrega Gomes
 Tesis doctoral dirigida por Jesus Rodriguez Huertas (dir._tes.), Gracia López Contreras (codir._tes.), Universidad de Granada (2012).
 Resumen | Tesis en acceso abierto en: DIGIBUG

Altitud y deportes de equipo: métodos tradicionales desafiados por un entrenamiento innovador y específico en hipoxia
 Franck Brocherie, Olivier Girard, Raphaël Faiss, Grégoire Millet
 RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, ISSN-e 1885-3137, Vol. 12, N.º 46, 2016, págs. 338-358
 Resumen | Texto completo

Identificarse
 ¿Olvidó su contraseña?

¿Es nuevo? **Regístrate**
 Ventajas de registrarse

Dialnet plus

Anexo 4: Captura de plataforma virtual de búsqueda de artículos

DOAJ SUPPORT APPLY Q

2 indexed articles

Refine search results

SUBJECTS

Search 499 subjects

- Agriculture
- Auxiliary sciences of history
- Bibliography. Library science. Information resources
- Education
- Fine Arts

Sort by: Relevancy

Results per page: 10

« First < Prev Page 1 of 1 Next >

INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES (AUG 2020)
Changes in Novel AKI Biomarkers after Exercise. A Systematic Review
 Wojciech Wołyniec, Wojciech Ratkowski, Joanna Renke, Marcin Renke
 Article keywords

[Read online](#)
[About the journal](#)
 Published by MDPI AG

Anexo 5: Captura de plataforma virtual de búsqueda de artículos

The screenshot shows the Google Académico search interface. The search query is "entrenamiento en la altura". The results are displayed in a list format. On the left, there are filters for "Cualquier momento" (Any time), "Ordenar por relevancia" (Sort by relevance), "Cualquier idioma" (Any language), and "Cualquier tipo" (Any type). The main results area shows three entries:

- Entry 1:** "El atletismo y su **entrenamiento en la altura**" by JNB Zapata, LRL Herrera. Published in ENTRENAMIENTO, 2018. Ref: uleam.edu.ec. Abstract: "En el presente artículo se reflexiona en torno a una problemática de suma importancia para los atletas y para los entrenadores relacionada con su preparación y especialmente con el **entrenamiento en la altura**, en tanto se realiza un estudio que permite definir el ...". Cited by 6 articles.
- Entry 2:** "[HTML] Efectos de la hipoxia en atletas paralímpicos con **entrenamiento escalonado en la altura**" by S Calero Morales, RC Caizaluisa Alvarado. Published in Revista Cubana de ... , 2017. Ref: sciELO.sld.cu. Abstract: "Introducción: el **entrenamiento** deportivo en hipoxia estimula numerosos procesos biológicos de utilidad para alcanzar altos rendimientos, es una necesidad aplicar los métodos más óptimos para lograr mejores bio-adaptaciones. Objetivo: estudiar los efectos ...". Cited by 52 articles.
- Entry 3:** "[PDF] **Entrenamiento deportivo**" by V Issurín. Published in en bloques, Barcelona: Paidotribo (España), 417p, 2012. Ref: paidotribo.com. Abstract: "... 29 ciclo de supercompensación tras una carga única ... 30 Suma de cargas en una serie de **entrenamientos** ... 31 principios especializados del **entrenamiento** ... CAPITULO 9. ENTRENAMIENTO EN ALTURA ... 363 Fundamentos científicos ...". Cited by 39 articles.

Anexo 6: Captura de plataforma virtual de búsqueda de artículos

The screenshot shows a digital library interface. The search bar contains "Buscar". The main content area displays a document titled "Valoración de las capacidades físicas en estado hipoxico a 3450 msnm frente a 1250 msnm". The document is available in PDF format, with a size of 1.26MB and 58 pages. A "DESCARGAR" button is visible. To the left, there is a sidebar with a "PLAN DE ALIMENTACIÓN LIMPIA PARA ADELGAZAR" section, which includes a list of items and a table with columns for "DÍA 1", "DÍA 2", "DÍA 3", "DÍA 4", "DÍA 5", "DÍA 6", and "DÍA 7". To the right, there are advertisements for LATAM AIRLINES, showing flight prices for Quito (US\$ 144) and Guayaquil (US\$ 171). Below the advertisements, there is a "DOCUMENTO SIMILAR" section with a list of related documents.

Anexo 7: Captura de plataforma virtual de búsqueda de artículos

The screenshot shows a SpringerLink article page. At the top left is the SpringerLink logo. At the top right are search and login options. The article title is 'Efectos de las pruebas de hipoxia aguda sobre los marcadores sanguíneos en deportistas de alto nivel'. Below the title are the authors' names: Rémi Mounier, Vincent Pialoux, Laurent Schmitt, Jean-Paul Richalet, Paul Robach, Jean Coudert, Eric Clottes, and Nicole Fellmann. The article is from the journal 'Revista europea de fisiología aplicada', volume 106, pages 713-720 (2009). It has 560 accesses, 21 citations, and 0 altmetrics. The 'Resumen' section is partially visible, starting with 'El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta de los marcadores sanguíneos a la hipoxia aguda en atletas de alto nivel de resistencia antes del entrenamiento basado en el'. On the right side, there are tabs for 'Secciones', 'Cifras', and 'Referencias'. Below these are links for 'Resumen', 'Referencias', 'Expresiones de gratitud', 'Información del autor', 'Derechos y permisos', and 'Acerca de este artículo'. At the bottom right, there is an advertisement for 'Anuncio publicitario' showing a person in a white lab coat.