

**Formato de presentación de proyectos para ser sometidos ante el Comité de ética
Institucional de Investigación.**

Título

Análisis comparativo del somatotipo, VO₂máx y velocidad en futbolistas Sub-15 de las ciudades de Tunja y Valledupar: influencia de la altitud en el rendimiento físico juvenil.

Nombres y apellidos de los investigadores

Robinson Javier Granados García

José Eduardo Gnecco Gutiérrez

Estudiantes de la Maestría en Entrenamiento Deportivo y Actividad Física

Mg. Julián Mauricio Soto Morcote

Tutor de investigación Asignado

Resumen

La práctica del fútbol y su aporte al desarrollo físico en edades juveniles es determinada en gran medida por la composición corporal del deportista y la altitud donde se prepara. La velocidad y el consumo máximo de oxígeno son variables determinantes que caracterizan este juego, las cuales debe desarrollar el futbolista para un óptimo desempeño en su vida deportiva y competitiva. Ahora bien, el ambiente y la altitud determinarían las adaptaciones físicas que se podrían lograr si se entrena correcta y constantemente. Por lo anterior, se propone conocer y comparar el somatotipo, VO₂máx y velocidad con futbolistas sub-15 en dos ciudades colombianas con dos ambientes y altitudes completamente diferentes. Por un lado, Valledupar, con 160 metros de altura, y por el otro, Tunja, a 2820 sobre el nivel del mar. 30 deportistas en total, 15 de Tunja, 15 de Valledupar (n=30). Deportistas físicamente

activos con proceso deportivo de más de dos años dentro de sus clubes. Se les realiza mediciones antropométricas mediante perfil restringido de ISAK (21 mediciones), test de Course Navette de 20 metros para medir consumo máximo de oxígeno y test de velocidad de 20 metros para obtener la máxima velocidad de los deportistas, estas pruebas se realizan durante dos semanas, al mismo tiempo en las dos ciudades, garantizando los tiempos de recuperación necesarios y las condiciones ambientales para su desarrollo. Obteniendo como resultado diferencias importantes a nivel de composición corporal y consumo máximo de oxígeno en ambas poblaciones y contextos.

Palabras clave

Somatotipo, VO_2 máx, Velocidad, Fútbol, Altitud.

Abstract: The practice of soccer and its contribution to physical development in youth is largely determined by an athlete's body composition and the altitude at which they train. Speed and maximum oxygen consumption are determining variables that characterize this game, which soccer players must develop for optimal performance in their athletic and competitive levels. However, the environment and altitude determine the physical adaptations that can be achieved through proper and consistent training. Therefore, we propose to determine and compare the somatotype, VO_2 max, and speed of U-15 soccer players in two Colombian cities with completely different environments and altitudes. On the one hand, Valledupar, at 160 meters above sea level, and on the other, Tunja, at 2,820 meters above sea level. A total of 30 athletes were involved: 15 from Tunja and 15 from Valledupar ($n=30$). These were physically active athletes with a sports career of more than two years within their clubs. Anthropometric measurements were taken using a restricted ISAK profile (21 measurements), a 20-meter Course Navette test to measure maximum oxygen consumption, and 20-meter speed test to obtain maximum speed. These tests were conducted over two weeks, simultaneously in both cities, ensuring the necessary recovery times and environmental conditions for their performance. The results revealed significant differences in body composition and maximum oxygen consumption in both populations and contexts.

Introducción

Partiendo de la idea que propone Segalés (2020), quien menciona que la capacidad aeróbica y las medidas antropométricas son factores determinantes en el desempeño deportivo especialmente en disciplinas como el fútbol, se establece que la capacidad aeróbica y las características corporales influyen en el rendimiento deportivo. Girard (2022) destaca la importancia del contexto ambiental y la altitud a la cual se entrena, menciona que el entrenamiento en altitud puede inducir adaptaciones fisiológicas que mejoran la capacidad de rendimiento en eventos de resistencia, particularmente al aumentar la eficiencia del transporte de oxígeno durante la actividad física.

Macpherson & Weston (2016) resalta que la evaluación del $VO_{2\text{máx}}$ es útil en múltiples casos, desde los deportistas profesionales hasta la población común en el contexto del fútbol, además considera que el ejercicio interválico con alta intensidad mejora la capacidad aeróbica en deportistas de alto rendimiento, para que esto suceda, es importante obtener un $VO_{2\text{máx}}$ preciso, indiferentemente del nivel de entrenamiento de los deportistas.

Según Carrasco et al., (2014) en su investigación donde valoró la relación entre la velocidad máxima de sprint y la capacidad de repetir el sprint en varias ocasiones, obtuvo como resultado que estas dos variables dependen o se ven influenciadas por la velocidad aeróbica máxima, sugiere que entrenar a la velocidad máxima aeróbica es lo más apropiado para lograr mantener el mayor tiempo posible una velocidad determinada, además de lograr un menor VO_2 , lo cual es favorable y se podría convertir en una mejor economía de carrera.

Montañez (2023) una competición de fútbol en altura y sin una adaptación suficiente reduce el desempeño físico y eleva el esfuerzo, esta situación de pérdida de capacidad aeróbica tiene algunas consecuencias como menor potencia, menor fuerza al patear el balón, menor velocidad y una deficiente coordinación. El mismo autor plantea que el entrenamiento en altitud puede generar un mejor desempeño físico para jugadores de fútbol en altitudes relativamente bajas (825 msnm), cuando se complementan con entrenamientos hipóxicos intermitentes de corta duración, en alturas cercanas a los 3000 msnm.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar y comparar la capacidad aeróbica, la velocidad máxima aeróbica y las medidas antropométricas de futbolistas Sub-15 que, entrenan y compiten en dos ambientes distintos, a nivel del mar y a 2800 metros de altitud. Este enfoque busca analizar y reforzar la idea de Foster (2024), quien menciona que entrenar en ambientes distintos, con temperaturas y altitudes distintas, puede ser una estrategia eficaz para maximizar las adaptaciones fisiológicas, mejorando tanto la capacidad aeróbica como la eficiencia del transporte de oxígeno durante el rendimiento.

Planteamiento del problema

Meloni et al. (2024) en su estudio realizado en Italia, establece que las pruebas físicas que permiten determinar datos reales basados en las dinámicas propias de fútbol se alejan de las pruebas convencionales, como el test de Cooper, prueba que no simula la naturaleza intermitente y dinámica del fútbol, lo que puede llevar a resultados que no representan fielmente la condición física real de los jugadores. Por tanto y a pesar de la importancia de la coherencia de las pruebas físicas, se podría afirmar que en las ciudades de Tunja y Valledupar no se cuenta con estudios específicos que midan, comparen o analicen cómo estos factores influyen en la capacidad deportiva de los futbolistas Sub-15, esto basado en la búsqueda realizada por los investigadores.

Vásquez (2015), realiza una investigación en España que involucró a un grupo de futbolistas profesionales (de élite) de diferentes ligas y equipos, con el fin de analizar sus características antropométricas y compararlas con sus capacidades de rendimiento en pruebas físicas específicas, como la velocidad, la resistencia aeróbica y la potencia muscular. La investigación encontró que los jugadores más ligeros y con menos grasa corporal tendían a ser más veloces y más ágiles, lo cual es beneficioso en deportes como el fútbol, donde los cambios rápidos de dirección y los sprint son constantes. Por otro lado, aquellos jugadores con mayores capacidades físicas presentaron mejor desempeño en las pruebas relacionadas con fuerza y resistencia anaeróbica, como las series de sprint, lo cual resulta importante para continuar demostrando este desempeño en los momentos más destacados del juego.

Peñalosa & López (2022) dentro de su investigación realizada en Malaga (España), definen la composición corporal como el porcentaje de masa muscular, grasa y otros tejidos en el cuerpo, esta idea no solo describe la estructura física de la persona, sino que también, se relaciona con su estado de salud y su rendimiento deportivo, como por ejemplo en el fútbol, la composición corporal juega un papel crucial, ya que un mayor porcentaje de masa muscular y un nivel adecuado de grasa corporal pueden influir en la velocidad, agilidad, resistencia y fuerza del jugador.

En Chile, para Segueida et al. (2022) determinar dicha composición es necesario realizar pruebas de corte antropométrico y saber determinar cuál es la forma más apropiada para obtener estos datos, realiza una comparación entre la toma de medidas antropométricas y la bioimpedancia, concluyendo que cada uno de los métodos es viable y utilizable de forma recíproca, razón por la cual se podrían utilizar de forma imparcial, considerando el universo de estudio para establecer los niveles de grasa o crecimiento de los músculos.

De acuerdo con Mora & Araujo (2022) en el contexto del fútbol juvenil de Venezuela, la mejora del rendimiento físico de los futbolistas es crucial para su desarrollo y potencial competitivo, el estudio de la composición corporal, la velocidad y el $VO_{2\text{máx}}$ se ha demostrado como un enfoque efectivo para evaluar la capacidad física de los deportistas, pues estos factores están directamente relacionados con la resistencia, la eficiencia cardiovascular y la agilidad en el campo.

Un estudio realizado en Bogotá por Erazo et al. (2022) con futbolistas de la categoría sub-20 reveló que la mayoría de los futbolistas cuentan con un somatotipo mesomorfo, lo que sugiere una buena predisposición para el desarrollo de la coordinación, la resistencia y la agilidad. Además, en términos de capacidad aeróbica, los futbolistas revelaron un consumo máximo de oxígeno promedio de 53.76 ± 3.73 ml/kg/min, lo que se considera adecuado para su categoría estos resultados resaltan la importancia de considerar los factores genéticos y fisiológicos en la planificación del entrenamiento y la selección de jóvenes talentos en el fútbol Colombiano.

En un estudio realizado en Duitama, Colombia, Báez & Agudelo (2014) midieron el $VO_{2\text{máx}}$ en jóvenes futbolistas de diferentes categorías (sub-13, sub-15 y sub-17), encontrando múltiples diferencias entre los grupos. Los resultados mostraron que los futbolistas sub-15 cuentan con mejores niveles de consumo de oxígeno en comparación con los sub-13 y sub-17, lo que lleva a pensar que hay un momento clave en esta etapa del desarrollo del deportista en el que se puede optimizar la capacidad aeróbica.

Por tanto, el planteamiento de esta investigación se centra en la necesidad de describir y comprender cómo la composición corporal, la velocidad y el $VO_{2\text{máx}}$ se relacionan entre sí en los futbolistas Sub-15 en estas dos ciudades, lo que permitirá establecer patrones y algunas recomendaciones para mejorar el entrenamiento y la preparación física en las categorías juveniles de fútbol.

Pregunta de investigación

¿Qué relación existe entre el somatotipo, el $VO_{2\text{máx}}$ y la velocidad en futbolistas Sub-15 de las ciudades de Tunja y Valledupar en función de la altitud?

Justificación

Pérez & Sánchez (2018) mencionan que el fútbol es una de las disciplinas deportivas más exigentes en términos de resistencia y capacidades físicas, los futbolistas en las categorías juveniles dependen en gran medida de su capacidad aeróbica, estos son factores determinantes para el desarrollo de un rendimiento deportivo óptimo. A su vez, Bernal (2014) analiza cómo la altitud afecta la fisiología del deportista, haciendo énfasis en que las altitudes elevadas pueden influir en el rendimiento físico, especialmente en deportes de resistencia como el fútbol, el análisis de los efectos del oxígeno reducido a grandes altitudes se centra en mejorar la capacidad aeróbica y las diferencias en el rendimiento deportivo a nivel del mar y en las altitudes más altas.

Espinoza (2021) resalta que es fundamental conocer el somatotipo, la velocidad y el $VO_{2\text{máx}}$ de los futbolistas Sub-15, quienes están en una etapa crucial de su formación deportiva y fisiológica, el hecho de comparar estas variables en dos entornos distintos puede generar información clave para perfeccionar los programas de entrenamiento y mejorar la preparación física de los futbolistas jóvenes.

Además, este proyecto es relevante para entrenadores y especialistas en deporte, ya que permitirá desarrollar estrategias más efectivas de entrenamiento en función de las condiciones geográficas y ambientales, hecho importante que apoya Montañez (2023), quien analiza en su investigación cómo las condiciones ambientales y geográficas, como la altitud por encima de los 1.500 metros, impacta el rendimiento en deportes de equipo, incluyendo el fútbol, explora cómo estos factores afectan la termorregulación, la hidratación y la capacidad de rendimiento a lo largo de la competencia, con especial énfasis en la comparación entre condiciones de gran altitud y ambientes más templados o cercanos al nivel del mar.

Elliot & Ahmetov (2024) respecto a la medición de las capacidades físicas, compara algunas de estas pruebas, se logra determinar que son acertadas para determinar la capacidad aeróbica en futbolistas, por sus características en los recorridos y semejanzas con este deporte.

Por otro lado, las medidas antropométricas a realizar con esta población se basarán en el perfil restringido de ISAK, lo que nos va a permitir establecer parámetros físicos estables y precisos en el tiempo, ya que están basadas en 21 mediciones a través de los pliegues cutáneos, diámetros y circunferencias de diferentes partes del cuerpo.

Esta investigación se articula directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la ONU, especialmente en los puntos relacionados con salud y bienestar. Al promover la evaluación científica del rendimiento físico de futbolistas jóvenes, la investigación contribuye a mejorar los indicadores de salud, condición física y desarrollo motor de los jóvenes colombianos. En cuanto a la educación de calidad, este estudio genera conocimiento aplicable a procesos formativos en instituciones educativas, entrenadores y clubes deportivos. Otro aspecto con el cual se encuentra alineado es con la reducción de las desigualdades, al comparar regiones con diferencias geográficas y socio deportivas (Tunja vs. Valledupar), el estudio busca visibilizar brechas de rendimiento y aportar datos para la formulación de programas más equitativos.

Plan de Desarrollo de los Departamentos de Boyacá y Cesar: Esta investigación aporta evidencia para fortalecer las acciones del eje de "Educación y cultura física", centrado en promover hábitos de vida saludables, deporte formativo y alto rendimiento, especialmente en zonas donde el entrenamiento requiere adaptación fisiológica. Esos planes destacan la necesidad de fomentar el deporte como herramienta de transformación social. La investigación se vincula al objetivo de mejorar la calidad de la formación deportiva y el talento juvenil en escenarios competitivos como los clubes Sub-15.

Este trabajo responde al compromiso ético y científico de la Universidad Santo Tomás “Aquí y Ahora”, pues es una investigación con impacto social y territorial, el proyecto genera conocimiento transferible a clubes, entrenadores y entornos formativos de la región. Formación humanista y compromiso con el entorno. Evalúa a jóvenes deportistas de forma ética, con enfoque integral y responsable, fortaleciendo el perfil tomasino en educación, ciencia y deporte.

Objetivos

Objetivo General

Analizar comparativamente el somatotipo, el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{máx}$) y la velocidad en futbolistas Sub-15 de las ciudades de Tunja y Valledupar, con el fin de determinar la influencia de la altitud en el rendimiento físico juvenil.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el somatotipo y la composición corporal de los futbolistas sub-15 de las ciudades de Tunja y Valledupar.
- Evaluar el $VO_2\text{máx}$ y la velocidad de los futbolistas Sub-15 en las ciudades de Tunja y Valledupar por medio pruebas de medición doblemente indirectas.
- Analizar la relación entre la altitud y las variables fisiológicas medidas en los futbolistas juveniles.

Marco Teórico

Composición corporal en futbolistas juveniles

Todenti (2015) definen la composición corporal como la cantidad de masa libre de grasa y grasa corporal en el cuerpo humano, lo que refleja la salud general y el bienestar de un individuo. Ahora bien, Hernández (2016) menciona que la composición corporal en jóvenes se refiere a la cantidad en porcentaje de masa muscular, masa ósea y grasa corporal que varía con la edad y el desarrollo físico, y es crucial para la evaluación de la salud y el rendimiento físico en la adolescencia.

Pojksic et al. (2014) afirman que la composición corporal en los futbolistas tiene un impacto en su rendimiento, ya que una mayor porcentaje de masa muscular y menor porcentaje de grasa corporal generalmente se asocia con mejores resultados a nivel de resistencia y fuerza, también que en los futbolistas juveniles, el desarrollo físico debe estar equilibrado con el entrenamiento para evitar sobrecarga muscular y favorecer un crecimiento armónico que potencie sus capacidades físicas y motoras.

Además, Gaston (2020) menciona que los componentes de la aptitud física están interrelacionados con las capacidades de competencia motora de los jóvenes, resalta la importancia sobre la actividad física, sus resultados, alcances y limitaciones en el desarrollo atlético y de salud de estas poblaciones.

Condición física en futbolistas juveniles

En su investigación sobre el rendimiento en deportes de resistencia, Morán et al. (2019) explica que el $VO_2\text{máx}$ está directamente relacionado con el rendimiento en actividades de resistencia prolongada y que es un indicador fundamental de la capacidad aeróbica, definiéndolo como la cantidad máxima de oxígeno que una persona puede utilizar durante un esfuerzo intenso, entendiendo que en deportes como el fútbol, el $VO_2\text{máx}$ es un predictor importante de la resistencia y la capacidad para realizar esfuerzos prolongados sin perder rendimiento.

Así lo mencionan Buchheit & Laursen (2019), quienes afirman que para los futbolistas un $VO_2\text{máx}$ elevado (entre 50 y 60 ml/kg/min) es esencial para mantener la intensidad del juego a lo largo de los 90 minutos y optimizar la recuperación entre esfuerzos intensos, resaltando que la capacidad aeróbica es vital para los futbolistas juveniles, ya que no solo mejora la eficiencia durante el juego, sino que también juega un papel importante en la prevención de la fatiga.

En estudios recientes, como el de Vogt & Hoppeler (2001), se ha observado que los futbolistas juveniles que entrenan en altitudes elevadas tienen un $VO_2\text{máx}$ más alto (65 a 75 ml/kg/min) en comparación con sus contrapartes de menor altitud, lo que se debe a la adaptación del cuerpo a la hipoxia. Estas adaptaciones permiten que los futbolistas de altitudes mayores puedan sostener esfuerzos de larga duración, aunque pueden tener un rendimiento ligeramente inferior en actividades anaeróbicas de corta duración, como el sprint, debido a la menor disponibilidad de oxígeno durante los esfuerzos rápidos.

Altitud en la práctica del fútbol

Servicio Geológico Colombiano (SGC) Aunque Valledupar no está ubicada a una gran altitud como otras ciudades colombianas, poseen características geográficas y ambientales que influyen en las condiciones de vida normales de las personas, por otro lado, Tunja está situada a 2,820 metros sobre el nivel del mar, tiene un entorno de altitud elevada, lo que significa que los habitantes experimentan condiciones de menor presión atmosférica (950-1050 hPa).

La investigación de Vogt & Hoppeler (2001), demostró que el entrenamiento en altitudes mayores a los 2000 metros de altura puede inducir adaptaciones fisiológicas que mejoran la capacidad aeróbica, como el aumento en la densidad de los glóbulos rojos (10% a 20% dependiendo de las semanas de entrenamiento), lo que permite un mayor transporte de oxígeno hacia los músculos.

Sin embargo, Pérez et al. (2021) menciona que los jugadores que entrenan en altitudes elevadas también pueden experimentar una disminución en el rendimiento durante los esfuerzos explosivos debido a la menor disponibilidad de oxígeno (por debajo de 21%), especialmente en el sprint y las acciones rápidas, que son frecuentes en el fútbol.

Por otro lado, Valledupar, que se encuentra a nivel del mar, presenta un ambiente de menor altitud donde los jugadores pueden disfrutar de una mayor disponibilidad de oxígeno durante sus entrenamientos y competencias. Esta idea la apoya Montañez (2022), quien menciona que este fenómeno podría favorecer un mayor rendimiento en esfuerzos intensos y explosivos, también logra establecer que existen escasos estudios que garanticen los beneficios del entrenamiento en altitud en deportes intermitentes, por otro lado, los beneficios de la altitud al entrenar y competir con atletas de deportes de equipo como el fútbol, aun requieren la creación de planificaciones de prueba más específicas de cada deporte.

Además, García & Rubio (2014) en su trabajo de investigación mencionan que las condiciones ambientales, en particular la altitud, tienen un impacto significativo en la fisiología del cuerpo humano. En este sentido, llevaron a cabo una comparativa de los valores de oxígeno máximo obtenidos mediante dos pruebas de campo: El test de Cooper y el test de sprint de 20 metros. Métodos: se trabajó con treinta individuos entrenados (ocho mujeres y

veintidós hombres), con una media de edad de diecinueve años en el caso de las mujeres y de veinte años en el caso de los hombres. Resultados: no se hallaron diferencias importantes en el oxígeno medio para SRT-20m, no obstante, con respecto a CRT, sí se encontraron tendencias ($p < 0,01$). Conclusiones: mediante los hallazgos de la prueba de esfuerzo respiratorio SRT-20m obtuvo valores de oxígeno cercanos a los datos indicados en la ergo espirometría, tanto para hombres como para mujeres que residen a una altitud considerable.

De esta investigación se podría inferir que, a grandes alturas, donde el oxígeno disponible es menor, los deportistas experimentan mayores dificultades para mantener su rendimiento físico.

Composición Corporal y VO_2 máx en Futbolistas Sub-15

Mujika (2021) plantean la idea de contrastar poblaciones juveniles a diferentes altitudes, respetando las condiciones y diferencias físicas que se pueden presentar, en el caso específico de los futbolistas Sub-15 de Tunja y Valledupar, la diferencia en altitud puede generar contrastes interesantes en la composición corporal y el VO_2 máx.

Ramos (2023) resalta la importancia de realizar la evaluación de la composición corporal en conjunto con el VO_2 máx y manifiesta que estas dos variables son cruciales para optimizar los programas de entrenamiento en deportistas jóvenes, dentro de su investigación se concluye que resulta indispensable realizar valoraciones periódicas de este tipo de capacidades, de tal manera que permitan identificar el estado y la evolución de cada sujeto, con el objetivo de identificar si realmente el plan de entrenamiento genera mejoría, o si por el contrario, genera estancamiento o retraso en el desarrollo físico y funcional del deportista.

Estado del arte

Composición Corporal en Jóvenes Deportistas

En Barcelona España, Buchheit & Méndez (2014), llevaron a cabo un análisis sobre la relevancia de la composición corporal, especialmente en lo que respecta a la masa muscular y su relación con el rendimiento en deportes como el fútbol, el artículo proporciona una visión integral sobre cómo los factores fisiológicos, como la capacidad aeróbica, la fuerza muscular, la capacidad anaeróbica y la recuperación, afectan el desempeño en este deporte, allí mencionan como la composición corporal juega un papel fundamental en el rendimiento deportivo, ya que la proporción de músculo, grasa y otros componentes afecta tanto la capacidad aeróbica como la destreza en el campo.

Por otro lado, en México, Ceballos et al. (2020), determinaron la relación entre la composición corporal y el desempeño físico en futbolistas universitarios. Para ello, se contó con la colaboración de veintiséis hombres con un promedio de edad de veinte años. Las características de composición corporal se tuvieron en cuenta para defensas, centrocampistas y delanteros. De acuerdo con los resultados, los defensas tienen una mayor masa corporal, pero no los centrocampistas. No hay diferencias entre las capacidades físicas y el porcentaje de grasa de los jugadores por posición de juego con respecto a los defensas ($p > 0,05$). El porcentaje de grasa estaba relacionado con la velocidad de juego ($.427^*$, $p < .05$). Las diferencias en la masa ósea según la posición de juego resultaron evidentes entre los defensas, los centrocampistas y los delanteros. Por tanto, los hallazgos muestran que existe una influencia de la composición corporal en el desempeño físico de los deportistas. De igual manera, recomiendan que los entrenadores consideren el somatotipo en el diseño de los planes de entrenamiento, dado que estos valores son decisivos tanto para optimizar el rendimiento físico, como para la prevención de lesiones y la mejora de habilidades específicas en el fútbol.

VO₂máx en Futbolistas Juveniles

Rampinini et al. (2007) menciona que el VO₂máx es un indicador clave de la capacidad aeróbica, esencial en deportes de resistencia como el fútbol, donde los jugadores deben mantener altos niveles de esfuerzo físico durante períodos prolongados, para el caso de futbolistas jóvenes, este indicador es crucial para el desarrollo de su capacidad para realizar esfuerzos prolongados sin fatiga prematura. Se recopilaban datos de 20 jugadores de fútbol aficionado. Encontrando que la intensidad del ejercicio durante los partidos de fútbol en espacios reducidos se puede manipular cambiando el tipo de ejercicio, las medidas del campo y si hay algún estímulo del entrenador.

Leite et al. (2011) estudiaron 369 futbolistas masculinos con edades entre los 12 y 18 años, ellos estuvieron expuestos a 5 días de entrenamiento por semana. Con una duración de 90 minutos para 12 a 13 años y de 120 minutos para los de 14 a 18. Los resultados en las pruebas físicas de fuerza explosiva y resistencia aeróbica crecen de manera progresiva con la edad y se da una disminución en los tiempos de velocidad y los valores de flexibilidad. Por tanto, se puede subrayar que la edad cronológica ayuda en la variación del rendimiento físico en pruebas de velocidad, flexibilidad, fuerza explosiva y potencia aeróbica de futbolistas hasta los 13 años, y posteriormente se mantiene relativamente estable hasta los 18 años.

Relación entre Composición Corporal y capacidad aeróbica

Randers et al. (2010), establece que la interrelación entre la formación física y la actividad aeróbica es muy compleja, puesto que las dos tienen influencia en el desempeño físico de los futbolistas, tanto la composición corporal como la proporción de masa muscular son factores que condicionan la eficiencia del oxígeno máximo; por lo tanto, para los futbolistas jóvenes, el mejoramiento de la composición corporal podría llevar a una mejoría del oxígeno máximo y, por ende, del desempeño físico en su totalidad.

Factores Específicos de la Edad Sub-15

Manangón et al. (2020) menciona que los deportistas adolescentes muestran una combinación de capacidades aeróbicas y anaeróbicas en desarrollo, debido a esto pueden realizar esfuerzos explosivos, pero su capacidad para mantener la intensidad en esfuerzos prolongados y repetidos es limitada, también destaca lo importante que es desarrollar la fuerza muscular y la capacidad de recuperación para mejorar el rendimiento, a medida que los jugadores maduran físicamente, sus capacidades aeróbicas y anaeróbicas se desarrollan, lo que les permite realizar una mayor cantidad de esfuerzo y mejorar su rendimiento en el campo.

Alvero et al. (2023) analizó los cambios en materia de composición corporal, desempeño físico y desarrollo en jugadores de fútbol adolescentes a través de un determinado tiempo. Se pretendió analizar la variación de la composición corporal después de seis semanas sin entrenar en dos grupos: uno formado por cuarenta y tres jóvenes futbolistas (grupo experimental) y otro por diez estudiantes de la misma edad sin actividad física regular (grupo control). El hallazgo más importante de esta investigación fue que, después de seis semanas de no entrenamiento, se observó un aumento del agua corporal total y de su dispersión en el grupo de jóvenes futbolistas. La importancia a nivel fisiológico de este desentrenamiento y así como su posible impacto en el desempeño deportivo deberían ser tratados en estudios posteriores.

Contexto Local: Tunja y Valledupar

Es relevante considerar estudios sobre la población local, ya que factores como la altitud que según el Servicio Geológico Colombiano (SGC) para el caso de Tunja es de 2.820 metros sobre el nivel del mar, influye en el rendimiento aeróbico y el oxígeno de los futbolistas, caso opuesto a Valledupar, donde los jóvenes futbolistas pueden tener una fisiología diferente, lo cual sería importante estudiar para comprender las diferencias en los datos obtenidos entre ambas ciudades.

Respecto a la capacidad física de futbolistas en estas edades dentro de este contexto, Conde & Velásquez (2014) realizan una investigación denominada “Caracterización de VO_2 máx en futbolistas jóvenes por categorías, de Duitama – Colombia”, donde la idea es establecer los niveles de VO_2 máx en futbolistas de 12 a 17 años a través del test Course Navette, para obtener posibles contrastes entre las categorías sub-13, sub-15 y sub-17. En este estudio hicieron parte 197 jugadores masculinos. Se logran concluir que los promedios de VO_2 máx fueron más elevados en la categoría sub-15, seguidos por los sub-17 y los más bajos sub-13.

En la investigación de Cardenal & Amaya (2022) “Evaluación del VO_2 máx indirecto en jugadores de fútbol masculino de altura intermedia de la categoría sub 20 del equipo patriotas fútbol club en función de su posición específica en el campo de juego”, indaga sobre como la capacidad aeróbica en futbolistas jóvenes se puede ver afectada por la altitud en ciudades como Tunja, se centró en analizar cómo la altura afecta la capacidad cardiorrespiratoria de los adolescentes que practican fútbol, se concluyó, que los adolescentes futbolistas sub-20 del equipo patriotas fútbol club presentaron un VO_2 máx adecuado para la edad y el nivel competitivo en el que se encuentran, esto se debe a las adaptaciones fisiológicas que ocurren en el cuerpo debido a la exposición prolongada a un entorno con de mayor altitud, lo que obliga al sistema cardiorrespiratorio a trabajar de manera más eficiente.

Teniendo en cuenta los cambios de altitud en Colombia, Mercado (2018) realiza una investigación denominada “Comportamiento de los niveles del VO_2 máx en futbolistas prejuveniles en diferentes altitudes”, que consistió en analizar los cambios del consumo de

oxígeno, en futbolistas jóvenes teniendo en cuenta diferentes alturas geográficas (2600, 3260 y 3.050 metros sobre el nivel del mar), se examinó si este fenómeno tiene efecto directo sobre el rendimiento deportivo de estas poblaciones, se utilizó la prueba conocida como Yoyo test y se logró concluir que existieron cambios en el $VO_{2\text{máx}}$ de los deportistas evaluados teniendo en cuenta las diferentes alturas, siendo Fusagasugá la altitud más baja dentro de esta investigación, el lugar en el cual, cada uno de los futbolistas alcanzó el porcentaje más alto en cuanto a este indicador (VO_2).

Metodología

Diseño del estudio y método

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo - comparativo con muestreo aleatorio hecho por conveniencia y bajo criterios de inclusión y exclusión, es una propuesta de investigación aprobada por el Comité de Bioética de la Universidad Santo Tomás de Tunja. El protocolo de las pruebas realizadas se estableció durante el mes de marzo y se llevaron a cabo en las dos primeras semanas del mes de abril. Los deportistas que participaron en esta investigación son futbolistas jóvenes sub-15 de un club diferente en cada ciudad. Club Valledupar F.C. y el club Camacho F.C. de la ciudad de Tunja.

Inicialmente, se contacta de manera con los entrenadores de cada club, evidenciando interés de participar en la investigación, entendiendo que los resultados les aportarían de gran manera en su proceso y planes de entrenamiento. En seguida se establecen los encuentros iniciales con los grupos, donde se socializa el proyecto y los objetivos. Posteriormente, se realizó una encuesta digital con descripción de las condiciones físicas necesarias para participar en las pruebas, además de establecer las fechas y horarios exactos de las mismas. Finalmente, para el este estudio se inscribieron de manera voluntaria, un total de 41 deportistas, 21 de Valledupar y 20 de Tunja. Luego, mediante el muestreo, se definieron dos grupos de 15 deportistas para cada ciudad, para un total de 30 personas, las cuales realizaron el proceso de intervención del estudio sin ningún tipo de inconveniente.

Criterios de inclusión: tener entre menos de quince años y más de quince años y once meses, y no presentar enfermedades que dificultaran la ejecución de ejercicios físicos intensos. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito. Para la elaboración de esta investigación se tuvo en cuenta la Declaración de Helsinki, de acuerdo con las normas éticas de la investigación en ciencias del deporte y del ejercicio físico.

Criterios de exclusión: Futbolistas que presenten enfermedades agudas o crónicas que puedan afectar el rendimiento o poner en riesgo la salud durante las pruebas, como problemas respiratorios graves (asma no controlada, enfermedades cardiovasculares, etc.). Jugadores que estén en tratamiento médico para lesiones graves (fracturas, esguinces severos, etc.) o que estén recuperándose de una cirugía reciente. Jugadores que no asistan a las mediciones en la fecha programada o que no puedan cumplir con las condiciones necesarias (por ejemplo, ayuno previo a las mediciones de composición corporal).

Medidas Antropométricas y Composición Corporal

Previamente se recomienda a los grupos mantener sus rutinas de descanso y alimentación diarias. Se tomaron medidas antropométricas bajo el protocolo de perfil restringido ISAK, consistió en 21 medidas utilizando calibrador de pliegues cutáneos ANCILLO 80 mm para estimar el porcentaje de grasa, hueso, agua, músculo corporal. Bascula digital OMRON SC150 para medir peso corporal. Estadiómetro SECA213 para medir talla. Antropómetro pie de rey para mediciones de los diámetros corporales. Cinta métrica Lufkin 2M para la medición de perímetros, amplitud y circunferencias corporales.

Prueba de VO_2 Máx – Test de Léger

Se realiza una prueba de esfuerzo Test de Course Navette de 20 metros en césped natural con ambos grupos. Esta prueba es desarrollada el mismo día a la misma hora en las dos ciudades, garantizando las condiciones mínimas climáticas y de seguridad de los deportistas. Los elementos que se utilizaron fueron: Decámetro para medición de los recorridos y carriles, conos y platillos de fútbol para demarcación de la zona, cabina de sonido con amplificación suficiente para la escucha de todos los participantes, para esto se hace prueba de sonido previa con un grupo diferente al del estudio, computador portátil para el registro de los resultados de la prueba. El test fue realizado por grupos de 5 deportistas, bajo la supervisión de entrenadores asistentes que garantizaron la fiabilidad de la prueba y la exactitud de los resultados. Se logra obtener el VO_2 máx bajo la fórmula establecida por Léger en 1988 “ $VO_2\text{ máx}(ml/kg/min)=31.025+(3.238\times V)-(3.248\times E)+(0.1536\times E\times V)$ ”, teniendo en cuenta la edad y velocidad alcanzada durante la prueba.

Tests de velocidad de 20 metros

Se realiza una prueba de velocidad de 20 metros en césped natural con ambos grupos. Esta prueba es desarrollada con los tiempos prudentes de descanso y con un calentamiento previo de 10 minutos evitando cualquier tipo de lesión de los deportistas. Se tienen en cuenta las

condiciones climáticas normales en cada ciudad sin que se vea afectada la prueba. Los elementos que se utilizaron fueron: Decámetro para medición de la distancia, platillos para demarcación de la zona, cronometro digital CASIO para la toma de los tiempos. La prueba fue realizada en dos ocasiones por cada deportista, registrando el mejor tiempo obtenido en los dos intentos, el tiempo de recuperación entre los dos intentos fue entre 10 y 12 minutos.

Análisis estadístico

En un primer momento, se registraron los datos y las estadísticas descriptivas para todas las variables obtenidas en las valoraciones antropométricas; % de grasa, músculo, hueso y masa restante. Dentro de las pruebas de Course Navette y prueba de velocidad de 20 metros, se realiza el análisis y la comparación del consumo máximo de oxígeno y la velocidad de los deportistas de las ciudades. Adicionalmente, se realiza una correlación de estas variables identificando la relación en el VO2Máx y la velocidad en ambos grupos.

Resultados

Los datos fueron analizados utilizando software (R) con el objetivo de realizar el análisis estadístico y de esta manera poder comparar los resultados obtenidos en los dos grupos.

VO₂máx por Ciudad

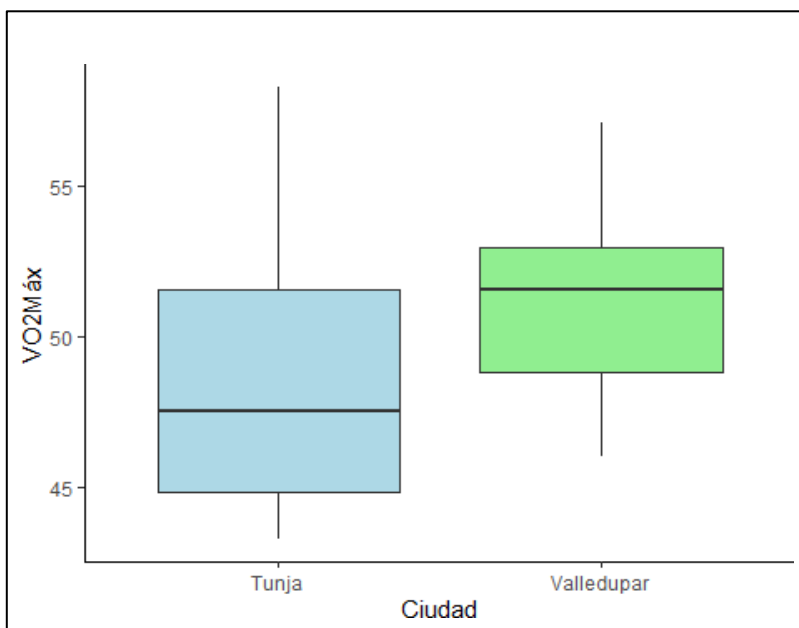
Ciudad	Media	Desviación estándar	Rango
Tunja	48.949	4.537	15.029
Valledupar	50.841	3.698	11.084

Percentiles

Ciudad	Percentil_25	Percentil_50	Percentil_75
Tunja	44.825	47.52	51.561
Valledupar	48.809	51.58	52.965

- La ciudad de Valledupar tiene un VO₂máx promedio más alto (50.841) comparado con Tunja (48.949). Esto podría reflejar adaptaciones fisiológicas diferentes en ambos grupos basadas en la altitud y la preparación atlética en cada ciudad. Poniendo en discusión el hecho de que la altura desarrolla adaptaciones como mayor cantidad de glóbulos rojos, sin embargo, estas adaptaciones no siempre compensan totalmente la menor presión parcial de oxígeno durante esfuerzos máximos.
- Valledupar tiene una menor desviación estándar, lo cual indica que los valores de VO₂máx son más consistentes en esa ciudad, reflejando mayor homogeneidad en la capacidad aeróbica de este grupo. Mientras que en Tunja hay más variabilidad entre los jugadores, lo que puede reflejar desigualdades en el entrenamiento, adaptación o condición física de estos.

- En el percentil 75, los jugadores mejor preparados en Valledupar (52.965) siguen superando a los de Tunja (51.561), lo que refuerza la idea de que las condiciones ambientales o los métodos de entrenamiento en Valledupar favorecen un mayor desarrollo de la capacidad aeróbica en comparación con Tunja.
- En el percentil 25, los valores de Tunja (44.825) son más bajos que los de Valledupar (48.809), lo que implica que los jugadores menos preparados físicamente en Tunja tienen VO₂máx más bajos.
- En el percentil 50, Valledupar lidera nuevamente con un 51.58 frente a los 47.52 de Tunja.



Prueba de Shapiro Wilk

Ciudad	variable	statistic	p
Tunja	VO2Máx	0.907	0.120
Valledupar	VO2Máx	0.914	0.155

El valor p de la prueba es mayor a 0.05 en ambas ciudades, por lo tanto se concluye que los datos presentan una distribución normal y se procede a realizar la prueba t.

Prueba t

$t = -1.2521$, $df = 26.906$, $p\text{-value} = 0.2213$

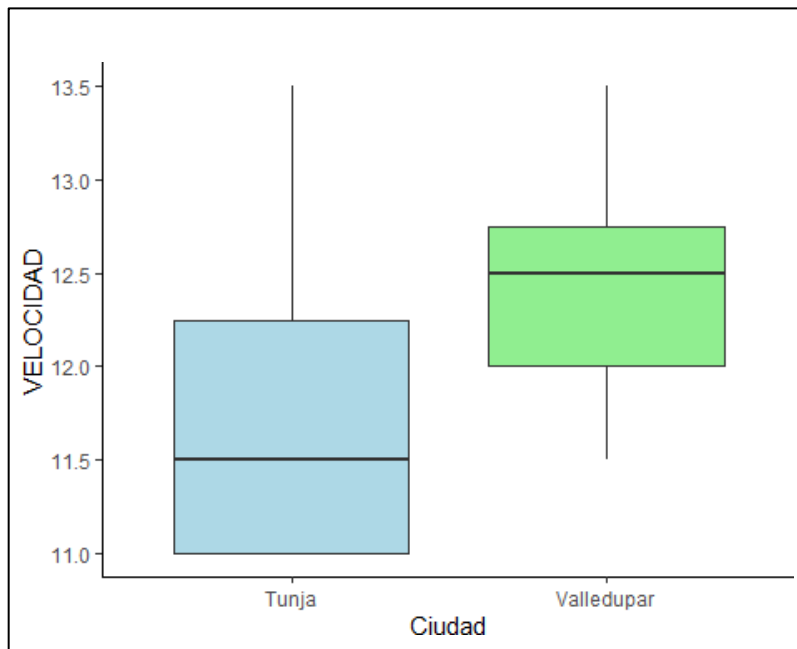
50.84107

La prueba t arroja un valor- $p = 0.22 > 0.05$. Por tanto, se concluye que no hay diferencias significativas en el VO2max en las dos ciudades.

Velocidad por Ciudad

Ciudad	media	desviación estándar	máximo	mínimo
Tunja	11.800	0.841	13.5	11.0
Valledupar	12.367	0.667	13.5	11.5

- La velocidad media es mayor en Valledupar (12.367), lo que podría indicar un nivel de desempeño superior o condiciones ambientales más favorables para los jugadores para los jugadores de esta ciudad en comparación con Tunja.
- Valledupar tiene una menor variabilidad en las velocidades, lo que sugiere que los jugadores en esta ciudad tienen un rendimiento más uniforme en comparación con Tunja.
- Valledupar: Máximo: 13.5, Mínimo: 11.5 Aunque ambos comparten el mismo valor máximo, el mínimo es más alto en Valledupar, lo que indica que incluso los jugadores con menor velocidad en esta ciudad superan a los de Tunja en el rango inferior.
- En conclusión, los jugadores de Valledupar no solo tienen una velocidad promedio superior, sino que su desempeño es más consistente y homogéneo.



Prueba de normalidad

Ciudad	variable	Statistic	p
Tunja	Velocidad	0.855	0.
Valledupar	Velocidad	0.914	0.155

La prueba de Shapiro Wilk arroja un valor $p = 0$ en la ciudad de Tunja, por lo tanto los datos no se distribuyen normal y se procede a realizar una prueba no paramétrica.

Prueba de math Whitney

$$W = 63, p\text{-value} = 0.03883$$

La prueba arroja un valor $p = 0.03 < 0.05$. Por lo tanto, se concluye que hay diferencias significativas en la velocidad de los futbolistas en las dos ciudades.

Masa adiposa por ciudad

Ciudad	media	Desviación estándar	máximo	Mínimo
Tunja	21.0	3.665	25	14
Valledupar	20.6	5.578	30	9

Ciudad	media	Desviación estándar	máximo	Mínimo
Tunja	29.533	4.155	39	23
Valledupar	28.067	7.334	45	18

- Los jugadores de Tunja tienen, en promedio, mayor masa adiposa (29.533) que los de Valledupar. Esto podría indicar diferencias en hábitos alimenticios, entrenamiento físico o características genéticas. Además, de poder incidir en los resultados de las pruebas de VO₂máx y velocidad.
- En Valledupar se presenta una mayor desviación estándar, lo que indica mayor variabilidad en la masa adiposa entre los jugadores. En Tunja, los valores son más homogéneos, lo que reflejaría mayor uniformidad en sus características físicas.
- Los futbolistas sub-15 de Tunja tienden a tener una masa adiposa más consistente y elevada en promedio. Por otro lado, los de Valledupar muestran mayor variabilidad, con algunos jugadores con valores extremos más bajos y altos.

Masa ósea por ciudad

Ciudad	Media	desviación estándar	máximo	mínimo
Tunja	21.0	3.665	25	14
Valledupar	20.6	5.578	30	9

- Aunque las diferencias son pequeñas, Tunja tiene un promedio de masa ósea ligeramente superior al de Valledupar. Los datos reflejan que, en promedio, los jugadores de Tunja tienen una masa ósea ligeramente superior y más homogénea. En contraste, Valledupar muestra una mayor diversidad con jugadores en ambos extremos del espectro.
- Valledupar presenta una mayor variabilidad en los valores de masa ósea. Esto indica que los jugadores tienen una gama más amplia de valores, mientras que los de Tunja son más consistentes.

Masa muscular por ciudad

Ciudad	media	Desviación estándar	máximo	mínimo
Tunja	45.600	2.923	50	41
Valledupar	42.867	8.975	49	20

- Los jugadores de Tunja presentan una masa muscular promedio más alta (45.600), lo que podría reflejar diferencias en entrenamiento físico, genética o programas nutricionales específicos.
- La menor desviación estándar en Tunja (2.923) indica que los jugadores tienen valores más consistentes de masa muscular. Por otro lado, Valledupar presenta una mayor variabilidad, lo que sugiere diferencias significativas entre los jugadores en esa ciudad.
- Valledupar: Máximo: 49, Mínimo: 20 El rango en Valledupar es mucho más amplio, con algunos jugadores con masas musculares significativamente bajas en comparación con los valores en Tunja. Esto refuerza la idea de una mayor disparidad entre los jugadores de Valledupar.

Masa residual por ciudad

Ciudad	media	Desviación estándar	máximo	Mínimo
Tunja	3.867	3.204	12	1
Valledupar	4.867	9.395	30	-9

- Los jugadores de Valledupar tienen una masa residual promedio ligeramente superior a los de Tunja.
- La desviación estándar en Valledupar es significativamente mayor, lo que indica una gran variabilidad en los valores de masa residual entre los jugadores. En Tunja, los valores son más homogéneos.

- Los datos reflejan que los futbolistas sub-15 de Valledupar tienen una mayor diversidad en sus valores de masa residual, lo que podría señalar diferencias significativas en las características físicas individuales. En contraste, los jugadores de Tunja presentan valores más uniformes y concentrados.

Correlaciones

	VO2 Máx	VELOCIDAD.. Km.h.	M.ADIP OSA	M.ÓS EA	M.MUSC ULAR	M.RESID UAL
VO2Máx	1.00	0.987	-0.245	0.160	-0.019	0.029
	0					
VELOCIDAD	0.98	1.000	-0.237	0.135	-0.049	0.035
Km/h	7					
M. ADIPOSA	-	-0.237	1.000	-0.043	-0.619	-0.322
	0.24					
	5					
M. ÓSEA	0.16	0.135	-0.043	1.000	-0.150	-0.693
	0					
M.	-	-0.049	-0.619	-0.150	1.000	0.003
MUSCULAR	0.01					
	9					
M. RESIDUAL	0.02	0.035	-0.322	-0.693	0.003	1.000
	9					

Regresión lineal simple

Al observar las correlaciones solo se encontró un coeficiente de correlación alto entre la velocidad y el VO₂máx, por lo tanto, se procede a realizar un análisis de regresión entre estas dos variables.

Coeficientes

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept) 2.65767 0.28735 9.249 5.24e-10 ***

VO2Máx 0.18891 0.00574 32.913 < 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1292 on 28 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9748, Adjusted R-squared: 0.9739

F-statistic: 1083 on 1 and 28 DF, p-value = 0

- Velocidad = $2.65767 + 0.18801 \text{ VO2Max}$. Esto significa que hay una relación directa entre las variables: por cada incremento de la $\text{VO}_2\text{máx}$, aumenta la velocidad en 0,18891. Lo que podría indicar que si un deportista cuenta con un consumo máximo de oxígeno alto, va a favorecer directamente su velocidad.
- Además, se obtuvo un coeficiente de determinación igual a 0.9748, es decir que el modelo de regresión explica el 97.48% de la variabilidad de la velocidad de los futbolistas.
- La masa adiposa presenta una correlación negativa moderada con el $\text{VO}_2\text{máx}$ ($r = -0.245$) y con la velocidad ($r = -0.237$), lo que sugiere que un mayor porcentaje de grasa corporal puede estar asociado con un menor rendimiento aeróbico y de velocidad.
- Además, la masa muscular tiene una fuerte correlación negativa con la masa adiposa ($r = -0.619$), lo cual es coherente con la relación inversa entre ambos componentes en la composición corporal. Estos resultados refuerzan la importancia de mantener una adecuada proporción de masa muscular y un bajo porcentaje de grasa corporal para optimizar el rendimiento físico en futbolistas juveniles

Discusión

Teniendo en cuenta las investigaciones previamente realizadas y relacionadas en el marco de este estudio, se evidencia la importancia de evaluar diferentes aspectos del estado físico de los futbolistas juveniles. Mejorar la capacidad física y composición corporal es esencial para el desarrollo competitivo de los futbolistas, ya que factores como la velocidad y el $VO_{2\text{máx}}$ están directamente relacionados con el rendimiento en el campo de juego, estos aspectos, junto con una correcta interpretación de la composición corporal, son fundamentales para mejorar la preparación física y el desarrollo de un atleta más adaptado y competitivo Girard et al. (2022).

La optimización de la capacidad física y la composición corporal ha sido ampliamente reconocida como una base determinante para el rendimiento en el fútbol juvenil. Según Girard et al. (2022), jugadores con un $VO_{2\text{máx}}$ superior a 60 ml/kg/min muestran un desempeño significativamente más alto en pruebas intermitentes de alta intensidad, lo cual es crucial en competencias donde la demanda física es constante. Este nivel de $VO_{2\text{máx}}$ se correlaciona directamente con la capacidad de mantener el rendimiento en esfuerzos repetidos, como los sprint y las transiciones ofensiva-defensiva. Esta idea se reafirma en esta investigación, pues los resultados obtenidos en las ciudades de Tunja y Valledupar reflejan que a mayor capacidad de consumo de máximo de oxígeno, se puede obtener una mayor velocidad.

Estas diferencias también están relacionadas con el contexto geográfico. Por ejemplo, Valledupar se encuentra a menor altitud (aprox. 168 m s. n. m.), mientras que Tunja está a 2.820 m s. n. m. La altitud afecta la oxigenación, y por tanto el $VO_{2\text{máx}}$. En este estudio regional, futbolistas jóvenes que entrenan en alturas como en Tunja, mostraron valores de $VO_{2\text{máx}}$ entre 43–55 ml/kg/min, ligeramente más bajos que sus pares en zonas de menor altitud como en Valledupar, quienes alcanzaron promedios de 48–57 ml/kg/min, lo que puede reflejar diferencias en adaptaciones cardiorrespiratorias y en las exigencias del entorno.

Respecto a la medición de la composición corporal, Hernández et al. (2016) compararon la bioimpedancia eléctrica (BIA) y la antropometría, hallando una correlación significativa ($r = 0.89$) entre ambas técnicas en población adolescente. No obstante, señalaron que la bioimpedancia puede subestimar la masa grasa en sujetos con bajo nivel de hidratación. En el contexto de esta investigación las escuelas deportivas son de recursos limitados y la antropometría sigue siendo preferida por su bajo costo y portabilidad.

Por su parte, Heyward et al. (2024) destacan que un porcentaje de grasa corporal entre 7% y 12% en jugadores Sub-15 está asociado con mejores valores en agilidad (pruebas como el T-test) y potencia (salto vertical). Del mismo modo, los jugadores con mayor masa muscular en Tunja y Valledupar, presentan menores porcentajes de tejido adiposo, y por consiguiente, mejores desempeños en su rendimiento.

En estudios como el de Hanapiah et al. (2009), se ha observado que futbolistas con índices mesomórficos predominantes (somatotipo con mayor musculatura) tienden a tener mejores rendimientos en test de sprint repetido (RSA). Sin embargo, un perfil ectomorfo o más ligero ha mostrado mejores tiempos en pruebas como el 10 m y 20 m sprint, debido a la menor carga corporal.

En cuanto a las pruebas físicas tradicionales, Castagna (2006) advierte que test como el Cooper test tienden a sobrevalorar la resistencia aeróbica en futbolistas, dado que esta prueba no simula la intermitencia y cambios de ritmo propios del fútbol. En cambio, pruebas como el Yo-Yo Test han mostrado mejor validez para predecir el rendimiento físico en situaciones reales de juego, siendo más recomendadas para evaluar el VO_2 máx específico del deporte.

Finalmente, uno de los aportes críticos de este estudio es su enfoque en contextos poco explorados como Tunja y Valledupar, donde no se han desarrollado suficientes investigaciones de base sobre los perfiles fisiológicos y somáticos de futbolistas Sub-15. La recopilación de estos datos es fundamental para diseñar protocolos de entrenamiento específicos por región, considerando factores como la altitud, temperatura, nivel socioeconómico y disponibilidad de infraestructura deportiva.

Limitaciones de la investigación

Esta investigación se realizó con jugadores categoría sub-15 de dos regiones que tienen una gran diferencia en altitud. En principal enfoque del estudio se basó en una muestra de 15 futbolistas por ciudad, lo que puede restringir un poco la generalización de los resultados. Sin embargo, los datos son valiosos teniendo en cuenta aspectos fisiológicos en relación con la altitud.

La escasez de literatura científica confiable en Colombia, relacionada con el rendimiento atlético en categorías juveniles de fútbol, especialmente en ciudades a mayor y menor altitud. Esta limitación científica disminuye la comparación de este estudio con otros resultados sobre como estas variables dependientes de la altitud puede afectar el rendimiento deportivo.

La poca tecnología e implementación con la que cuentan los clubes de formación deportiva en Colombia, limita de gran manera la obtención de resultados más precisos que permitan una obtención de datos más precisa y certera.

Conclusiones

Las características geográficas y ambientales de cada ciudad influyen de manera diferenciada en las variables fisiológicas de los futbolistas Sub-15, siendo la altitud un factor determinante de las adaptaciones aeróbicas, mientras que la disponibilidad de oxígeno y la temperatura pueden favorecer el rendimiento en acciones de alta intensidad y velocidad.

El VO_2 máx de los futbolistas Sub-15 de Valledupar fue superior al de Tunja, lo cual indica que las condiciones ambientales o el tipo de preparación física de esta ciudad podría favorecer un mayor rendimiento aeróbico en esfuerzos intermitentes.

Existen diferencias en la velocidad de carrera entre los deportistas de ambas ciudades ($p < 0.05$), siendo los futbolistas de Valledupar quienes presentaron mejores resultados. Este hallazgo puede relacionarse tanto a las condiciones ambientales como a las adaptaciones fisiológicas específicas del entorno de entrenamiento.

El somatotipo de los jugadores de Tunja muestra mayor uniformidad y un perfil mesomorfo predominante, con una masa muscular más elevada en comparación con los de Valledupar. Esta característica puede estar relacionada con los procesos de adaptación a la altitud, los hábitos nutricionales o los métodos de entrenamiento empleados en cada ciudad.

La masa adiposa mostró una correlación negativa con el VO_2 máx y la velocidad, lo cual refuerza la hipótesis de que un mayor porcentaje de grasa corporal disminuye el rendimiento físico en pruebas de resistencia y velocidad. Este hallazgo es coherente con la literatura científica actual y subraya la importancia de monitorear la composición corporal en procesos formativos en el fútbol.

Los hallazgos de esta investigación ofrecen una base científica para diseñar programas de entrenamiento diferenciados según el contexto geográfico, priorizando el desarrollo de capacidades específicas como la resistencia aeróbica en altitudes elevadas y la velocidad explosiva en zonas de baja altitud.

Este estudio contribuye a la literatura nacional sobre el rendimiento físico juvenil en fútbol, al analizar dos contextos poco estudiados como Tunja y Valledupar. Los resultados podrán ser utilizados por entrenadores, preparadores físicos y planificadores deportivos para optimizar el desarrollo del talento juvenil en Colombia.

Referencias

Abraldes, J. A., Rodríguez Suárez, N., Ferragut Fiol, C., Helena, M., & Suárez, V. (2014). *Anthropometric characteristics, body composition and somatotype in elite lifesaver. REDALYC*, 26.

Alomia León, R., Peña, S. E., Hernández Mosqueira, C., & Espinoza Cortez, J. (2022). *Comparación de los métodos de antropometría y bioimpedancia eléctrica a través de la determinación de la composición corporal en estudiantado universitario. MHSalud: Revista En Ciencias Del Movimiento Humano y Salud*, 19(2). <https://doi.org/10.15359/mhs.19-2.13>

Alvero Cruz, J. R., Ronconi, M., García Romero, J. C., Carrillo de Albornoz Gil, M., Jiménez López, M., Correas Gómez, L., & Álvarez Carnero, E. (2017). *Cambios de la composición corporal tras un periodo de desentrenamiento deportivo. Nutrición Hospitalaria*, 34(3). <https://doi.org/10.20960/nh.618>.

Asociación Médica Mundial. (2017). *Declaración de Helsinki de la AMM. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos>

Banding. *Apunts Educación Física y Deportes*, 149. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/3\).149.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/3).149.05)

Bernal García, M., & Cruz Rubio, S. (2014). *Interacción fisiológica de la hormona eritropoyetina, relacionada con el ejercicio físico en altitud moderada y alta. Revista Investigación En Salud Universidad de Boyacá*, 1(1). <https://doi.org/10.24267/23897325.106>.

Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2014). *Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players*. *Journal of Sports Sciences*, 32(13). <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.884721>.

Carrasco Fernández, J., Calahorra Cañada, F., Lara Sánchez, A., & Torres-Luque, G. (2014). *Efectos de un programa de entrenamiento de fútbol sobre la condición física en jugadores jóvenes*. *Kronos: Revista Universitaria de La Actividad Física y El Deporte*, 13(1), 9.

Cardenal Daza, J. E., & Amaya Cruz, M. A. (2022). *Evaluación del VO2 indirecto en jugadores de fútbol masculino de altura intermedia de la categoría sub-20 del equipo patriotas futbol club en función de su posición específica en el campo de juego*. *Revista Salud, Historia Y Sanidad*, 16(1), 31–35.

Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Belardinelli, R., Abt, G., Coutts, A., Chamari, K., & D'Ottavio, S. (2006). *Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2). <https://doi.org/10.1519/R-17144.1>.

Ceballos-Gurrola, O., Bernal-Reyes, F., Jardón-Rosas, M., Enríquez-Reyna, M. C., Durazo-Quiroz, J., & Ramírez-Siqueiros, M. G. (2020). *Composición corporal y rendimiento físico de jugadores de fútbol soccer universitario por posición de juego (Body composition and physical performance of college soccer by player's position)*. *Retos*, 39. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.75075>.

Conde, Y. E. B., & Velásquez, C. A. A. (2014). *Caracterización de VO2max en futbolistas jóvenes por categorías, de Duitama - Colombia*. *VIREF Revista de Educación Física*, 3(3).

Erazo Bello, J. S., Gálvez Pardo, A. Y., Castro Jiménez, L. E., Argüello Gutiérrez, Y. P., & Melo Buitrago, P. J. (2021). *Composición corporal, dermatoglifia y resistencia aeróbica en futbolistas bogotanos categoría sub 20*. *MHSalud: Revista En Ciencias Del Movimiento Humano y Salud*, 19(1). <https://doi.org/10.15359/mhs.19-1.10>

Espinoza Navarro, O., Silva Rojas, J., Mallea San Román, N., & Brito Hernández, L. (2021). *Morfometría y Biotipo de Futbolistas Varones Categorías Sub 15 y Sub 16 Pertenecientes a una Escuela Deportiva*. *International Journal of Morphology*, 39(3), 710–716. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022021000300710>.

Elliott C. R. Hall, Ildus I. Ahmetov, George John (2024). *Testing in Football: A Narrative Review Sports*, 12(11), 307. <https://doi.org/10.3390/sports12110307>.

Fernández-Plata, R., Thirion-Romero, I., Nava-Quiroz, K. J., Pérez-Rubio, G., Rodríguez-Llamazares, S., Pérez-Kawabe, M., Rodríguez-Reyes, Y., Guerrero-Zuñiga, S., Orea-Tejeda, A., Falfán-Valencia, R., & Pérez-Padilla, R. (2021). *Clinical markers of chronic hypoxemia in respiratory patients residing at moderate altitude*. *Life*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/life11050428>.

Girard, O., Duan, R., Suzuki, K., & Yan, X. (2022). *Editorial: Hypoxia and exercise: Tissue specific and systemic adaptive responses*. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 13). <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1095416>.

Hanapiah, K. S. bin, Hashim, A. bin, & Abd Karim, Z. bin. (2020). *Influencing Effect of Physical Fitness Components on Football Playing Ability Among Male Players Under 14 Years*. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 9(3). <https://doi.org/10.6007/ijarped/v9-i3/8086>.

Heyward, V. H., & Stolarczyk, L. M. (2024). *Recomendaciones de Métodos de la ASEP (Sociedad Americana de Fisiólogos del Ejercicio): Evaluación de la Composición Corporal*. *Exercise Science Program, University of New Mexico, Albuquerque*, NM 87131-1258.

Helfrich-Förster, C. (2024). David S. Saunders: *man of insects and photoperiodism (1935–2023)*. In *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* (Vol. 210, Issue 4). <https://doi.org/10.1007/s00359-023-01665-3>.

Hernández, V. C., López, R., Cruz, R. M., & Avalos, R. (2016). *Composición corporal en futbolistas juveniles profesionales, perfil antropométrico por posición en terreno de juego. Revista de Ciencias de La Salud*, 3(9), 6–13. www.ecorfan.org/bolivia.

Manangón Pesantez, R. M., Posso Pacheco, R. J., Colcha Paullán, M. J., & Vásconez Rubio, C. O. (2020). *Relación entre indicadores de desempeño motor y maduración biológica en futbolistas menores de 16 años. Lecturas: Educación Física y Deportes*, 25(269). <https://doi.org/10.46642/efd.v25i269.1859>.

Meloni, A., Codella, R., Arrighi, T., Festa, L., Ceci, G., Faraci, G., Manari, G., Manari, D., & Filipas, L. (2024). *An intermittent recovery test for soccer players: A validation study. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 64(9), 1223–1230. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.24.16105-1>.

Mercado Ruíz, H. A., Sánchez Rodríguez, D. A., & Gutiérrez, J. (2018). *Comportamiento de los niveles del vo2 máximo en futbolistas prejuveniles en diferentes altitudes. Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 1(2). <https://doi.org/10.31910/rdafd.v1.n2.2015.306>.

Montañez Rojas, F. H. (2023). *Influencia de la altitud sobre la condición física de futbolistas en situaciones de entrenamiento y competición: una revisión sistemática (Influence of altitude on the physical condition of soccer players in training and competition situations: a systematic review). Retos*, 49. <https://doi.org/10.47197/retos.v49.94129>.

Mora Belandria, E. J., & Araujo Rivas, M. Á. (2022). *Relación entre la antropometría y las capacidades físicas de potencia, velocidad y agilidad en futbolistas. Revista Ciencias de La Actividad Física*, 23(2). <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.2.3>.

Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Sánchez-Medina, L., Mora-Rodríguez, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). *Movement velocity as a measure of level of effort during resistance exercise. Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6).

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002017>.

NCT05351177. (2022). *8-Weeks of High-Intensity Interval Training or Concurrent Training in Overweight and Obese Adult Males*. <https://Clinicaltrials.Gov/Show/NCT05351177>.

Pérez Muñoz, S., Sánchez Muñoz, A., Rodríguez Cayetano, A., Castaño Calle, R., Fuentes Blanco, J. M., de Mena Ramos, J. M., & Macías Cuadrado, R. (2018). *Efecto agudo del chaleco lastrado sobre la condición física del portero de fútbol*. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 4(2). <https://doi.org/10.17979/sportis.2018.4.2.2077>.

Pojškic, H., Separovic, V., Muratovic, M., & Uzicanin, E. (2014). *Morphological differences of elite bosnian basketball players according to team position*. *International Journal of Morphology*, 32(2). <https://doi.org/10.4067/S0717-95022014000200051>.

Ramos Parrací, C. A., Reyes Oyola, F. A., & Palomino Devia, C. (2023). *Análisis de la condición física, composición corporal y somatotipo en deportistas colombianos*. *Revista Ciencias de La Actividad Física*, 24(1). <https://doi.org/10.29035/rcaf.24.1.6>.

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). *Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games*. *Journal of Sports Sciences*, 25(6). <https://doi.org/10.1080/02640410600811858>.

Randers, M. B., Nybo, L., Petersen, J., Nielsen, J. J., Christiansen, L., Bendiksen, M., Brito, J., Bangsbo, J., & Krstrup, P. (2010). *Activity profile and physiological response to football training for untrained males and females, elderly and youngsters: influence of the number of players*. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 Suppl 1. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01069.x>.

Ricart, Gastón Norberto (2020). *Entrenamiento de la aptitud muscular en niños y adolescentes para el desarrollo de una condición física saludable*. *SEDICI Repositorio Institucional de la UNLP*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/121025>.

Segalés Gil, D. M. (2020). *Relación entre VO₂máx. y velocidad aeróbica máxima en jugadores profesionales del fútbol paraguayo. Lecturas: Educación Física y Deportes*, 25(271). <https://doi.org/10.46642/efd.v25i271.2350>.

Segueida-Lorca, Á., Barrera, J., Valenzuela-Contreras, L., & Herrera-Valenzuela, T. (2022). *Comparación de la composición corporal de futbolistas jóvenes categorizados por Bio-Banding. Apunts*. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/3\).149.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/3).149.05).

Servicio Geológico Colombiano (SGC)

<https://saeprod.sgc.gov.co/detallesismo/SGC2024hcuopb/resumen>

Spiering Barry, Mujika Iñigo, Sharp Marilyn A., Foulis Stephen (2021). *Physical Performance: The Minimal Dose of Exercise Needed to Preserve Endurance and Strength Over Time. Journal of Strength and Conditioning Research*. 35(5):p 1449-1458, May 2021. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000003964.

Taylor, J. M., Macpherson, T. W., McLaren, S. J., Spears, I., & Weston, M. (2016). *Two weeks of repeated-sprint training in soccer: To turn or not to turn? International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0608>.

Todendi, P. F., Klinger, E. I., Ferreira, M. B., Reuter, C. P., Burgos, M. S., Possuelo, L. G., & Valim, A. R. M. (2015). *Association of IL-6 and CRP gene polymorphisms with obesity and metabolic disorders in children and adolescents. Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 87(2). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140364>.

Vázquez, M. A. C. (2015). *Monitorización de respuestas físicas y fisiológicas al entrenamiento y la competición en fútbol. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 1(2).

Vogt, M., Puntchart, A., Geiser, J., Zuleger, C., Billeter, R., & Hoppeler, H. (2001). *Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated*



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

hypoxic conditions. Journal of Applied Physiology, 91(1).
<https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.1.173>.



BOGOTÁ • Línea gratuita nacional: 01 8000 111180 PBX: (+571) 587 8797 / www.usta.edu.co / admisiones@usantotomas.edu.co / Carrera 9 No. 51-11
VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA (VUAD) • Tel.: (+571) 595 0000 / www.ustadistancia.edu.co / admisiones@ustadistancia.edu.co / Carrera 10 No. 72-50

