

**COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO EN  
FUTBOLISTAS DE UN EQUIPO PROFESIONAL ADSCRITO A LA  
PRIMERA B DE COLOMBIA, DURANTE LA COMPETICIÓN A GRANDES  
ALTURAS GEOGRÁFICAS**



**CORPORACION UNIVERSITARIA  
AUTONOMA  
DEL CAUCA**

**ARLEX DUVAN HERMOSA VALLEJO  
JONATHAN DAVID GÓMEZ RODRÍGUEZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE DEPORTE Y ACTIVIDAD FÍSICA  
CIENCIAS APLICADAS AL DEPORTE Y LA ACTIVIDAD FÍSICA  
POPAYÁN  
2019**

**COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO EN  
FUTBOLISTAS DE UN EQUIPO PROFESIONAL ADSCRITO A LA  
PRIMERA B DE COLOMBIA, DURANTE LA COMPETICIÓN A GRANDES  
ALTURAS GEOGRÁFICAS**

**ARLEX DUVAN HERMOSA VALLEJO  
JONATHAN DAVID GÓMEZ RODRÍGUEZ**

**Propuesta de Anteproyecto para optar título de Profesional en Deporte y  
Actividad Física**

**Asesor  
Esp. DIEGO FERNANDO VALENCIA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE DEPORTE Y ACTIVIDAD FÍSICA  
CIENCIAS APLICADAS AL DEPORTE Y LA ACTIVIDAD FÍSICA  
POPAYÁN  
2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado primero que todo a Dios, como también a todas esas personas que de una o de otra manera nos apoyaron y nos colaboraron en la realización y culminación de este grandioso logro, también a nuestra familia quienes fueron los que estuvieron con nosotros en todos esos momentos difíciles durante el proceso de nuestra carrera profesional y nos apoyaron en todo momento, por lo tanto, hicieron posible todo esto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro más profundo y sinceros agradecimientos a todas esas personas que con su apoyo nos ayudaron con la realización y culminación del trabajo de grado.

Asimismo, queremos agradecer por la salud de nosotros y de nuestros familiares gracias a Dios, también queremos brindar un sincero agradecimiento a nuestros padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de nuestra vida como estudiantes y que han dado todo su esfuerzo para que nosotros ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vidas.

Igualmente queremos brindar un sincero agradecimiento a todos los profesores que estuvieron con nosotros en nuestro transcurso de la carrera profesional, ya que ellos nos brindaron el conocimiento adecuado para terminar este trabajo de grado.

Del mismo modo queremos agradecer a los directivos del equipo profesional Atlético Fútbol Club (FC) de Colombia, por darnos la oportunidad de realizar la intervención.

Finalmente queremos agradecer a la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA por brindarnos espacios adecuados para nuestra formación, al igual que unos profesores altamente calificados para impartir el conocimiento.

Jonathan David Gómez Rodríguez y Arlex Duván Hermosa Vallejo

### Nota de aceptación

En calidad de director en conjunto con los jurados del trabajo de investigación denominado "comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas de un equipo profesional adscrito a la primera b de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas" elaborado por Jonathan David Gómez Rodríguez y Arlex Duvan Hermosa Vallejo, egresado de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Facultad de Educación, programa de Deporte y Actividad Física, una vez revisado y evaluado el informe final y aprobada la sustentación, autorizan a los autores a realizar los trámites correspondientes para optar el título de Profesional en Deporte y Actividad Física.



Director



Jurado



Jurado

Popayán, 2019

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPITULO I: PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	17
1.3 OBJETIVOS .....	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES</b> .....	<b>20</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	20
2.1.1 Antecedentes Nacionales .....	20
2.1.2 Antecedentes Internacionales .....	21
2.2 BASES TEÓRICAS .....	22
2.2.1 Fútbol .....	22
2.2.2 Fútbol profesional .....	23
2.2.3 Ácido láctico .....	24
2.2.4 Lactato .....	26
2.2.5 Frecuencia Cardíaca (FC) .....	26
2.2.6 Sistema anaeróbico láctico .....	27
2.2.7 Fisiología del deporte en altura.....	28
2.3 BASES LEGALES .....	28
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>
3.1 MÉTODO.....	30
3.1.1 Técnicas de recolección de datos.....	31
3.2 VARIABLES .....	32

3.2.1	Variables Dependientes.....	32
3.2.2	Variables Independientes .....	32
3.3	POBLACIÓN .....	33
3.4	MUESTRA.....	33
3.5	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	34
3.6	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	34
3.7	PROCEDIMIENTOS.....	34
3.7.1	Procedimientos de medición.....	34
3.7.2	Procedimientos de intervención.....	35
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS.....</b>		<b>39</b>
4.1	CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN .....	39
4.2	RESULTADOS.....	41
4.3	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	45
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN .....</b>		<b>57</b>
5.1	VARIABLES FISIOLÓGICAS .....	57
5.2	EL SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO EN CONDICIONES DE HIPOXIA.....	57
5.3	FRECUENCIA CARDIACA.....	58
5.4	VARIABLES FÍSICAS DE RENDIMIENTO DEPORTIVO (DISTANCIA Y VELOCIDAD) .....	61
5.5	ÁCIDO LÁCTICO.....	63
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>67</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	67
6.2	RECOMENDACIONES.....	68
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>69</b>
<b>ANEXO .....</b>		<b>75</b>
<b>MANUSCRITO A MANERA DE ARTÍCULO.....</b>		<b>76</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables Dependientes .....	32
Tabla 2. Variables Independientes .....	32
Tabla 3. Estadísticas descriptivas .....	39
Tabla 4. Zona habitual de entrenamiento Cali – Valle .....	41
Tabla 5. Tabla general de resultados evaluación, test y competencia .....	48
Tabla 6. Tiempo que permanecieron los deportistas en cada zona .....	49
Tabla 7. Distancia Recorrida Total .....	50
Tabla 8. Cantidad de Sprint.....	51
Tabla 9. Velocidad Máxima km/h .....	52
Tabla 10. Frecuencia Cardiaca Máxima .....	53
Tabla 11. Lactato Máximo .....	54
Tabla 12. Tiempo en zona 4 (a) .....	55
Tabla 13. Tiempo en zona 4 (b) .....	56



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distancia recorrida total .....	50
Gráfico 2. Cantidad de Sprint .....	51
Gráfico 3. Velocidad Máxima km/h .....	52
Gráfico 4. Frecuencia Cardíaca Máxima .....	53
Gráfico 5. Lactato Máximo .....	54
Gráfico 6. Tiempo en zona 4 (a) .....	55
Gráfico 7. Tiempo en zona 4 (b) .....	56

## RESUMEN

Ser un jugador de futbol profesional en Colombia implica competir durante una temporada completa, la cual involucra alrededor de 16 partidos en la fase regular o clasificatoria para así pasar a una instancia final, si se clasifica, se jugarían 6 partidos más, esta competición se da constantemente en diferentes altitudes lo que trae consigo trastornos fisiológicos producto del variado ambiente al que es sometido el futbolista, situación que atenta contra el rendimiento de éste; por lo tanto, es importante conocer los cambios que se generan en el sistema energético anaeróbico láctico durante la competición en Palmira - Valle que se encuentra en 1.001 msnm, Tunja, Boyacá que está a 2.820 msnm. En equipos de futbol de nuestra región, ante el deterioro de otros sistemas permitiría comprender el papel que este desempeña y así establecer parámetros y procesos de entrenamiento, si es posible, que ayuden a contrarrestar los efectos en Palmira - Valle y Tunja – Boyacá, por ende, optimizar el rendimiento competitivo de los futbolistas que hacen parte del equipo profesional de futbol Atlético FC.

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas del Atlético Fútbol Club de la primera B de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas en la temporada regular 2017.

El tipo de estudio es descriptivo porque nos permite estudiar en un momento determinado a un grupo de sujetos de edades diferentes. La investigación que se realizará es de tipo cuasi experimental, longitudinal en la que se obtendrá datos sobre la respuesta fisiológica del cuerpo humano ante la competencia en las diferentes alturas.

Escamilla (2013) afirma que “dentro de la perspectiva cuasi-experimental, es particularmente útil para estudiar problemas en los cuales no se puede tener

control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible, aun cuando se estén usando grupos ya formados” (p.12), método directo de evaluación mediante el uso de medidor de lactato y valoración de la frecuencia cardiaca, lo cual arroja información sobre el comportamiento del sistema anaeróbico láctico de los jugadores del equipo de futbol profesional de la primera B de Colombia, Atlético FC.

Con esta investigación se logró caracterizar a los futbolistas del equipo profesional de Atlético Fútbol Club en las variables fisiológicas, evidenciándose que la edad promedio era de 20,9 años, realizaban prácticas 6 veces por semana y poseían una experiencia de juego mayor a diez años. El 100% de los futbolistas presento normopeso y la mayor producción de lactato se dio durante la competencia por encima de los valores obtenidos en el test que se realizó en la zona habitual de entrenamiento (Valle).

**Palabras claves:** futbol, sistema anaeróbico láctico, metros sobre el nivel del mar (MSNM), ácido láctico, lactato.

## ABSTRACT

Being a professional soccer player in Colombia involves competing for a full season, which involves about 16 games in the regular or qualifying phase to pass to a final instance, if it is classified, 6 more matches will be played, this competition is given constantly in different altitudes what brings physiological disorders product of the varied environment to which the footballer is subjected, a situation that threatens the performance of it; therefore, it is important to know the changes that are generated in the lactic anaerobic energy system during the competition in the height above sea level in football teams of our region, before the deterioration of other systems would allow to understand the role that this plays and thus establish parameters and training processes, if possible, that help counteract the effects of height above sea level and therefore optimize the competitive performance of the players who are part of the professional soccer team Atlético FC.

The present investigation had like general objective To analyze the behavior of the lactic anaerobic system in soccer players of the Athletic Soccer Club of the first b of Colombia, during the competition to great geographic heights in the regular season 2017.

The type of study is descriptive because it allows us to study at a certain time a group of subjects of different ages. The research that will be carried out is of a quasi-experimental, longitudinal type in which data will be obtained on the physiological response of the human body to competition at different heights.

Escamilla (2013) states that "within the quasi-experimental perspective, it is particularly useful for studying problems in which one can not have absolute control of situations, but it is intended to have the greatest possible control, even when groups are already being used. trained "(p.12), direct method of evaluation through the use of lactate meter and assessment of heart rate, which yields information on

the behavior of the lactic anaerobic system of the players of the professional soccer team of the first B of Colombia, Atlético FC.

With this research it was possible to characterize the players of the professional team of athletic futbol club in the physiological variables, evidencing that the average age was of 20.9 years, they practiced 6 times a week and had a gaming experience of more than ten years. 100% of the players presented normal weight and the highest production of lactate occurred during the competition above the values obtained in the test that was performed in the usual training zone (Valley).

**Keywords:** soccer, lactic anaerobic system, geographical height, lactic acid, lactate.

## INTRODUCCIÓN

En el presente informe se encuentra los hallazgos de la investigación denominada “Comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas de un equipo profesional adscrito a la primera B de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas”.

A continuación, el trabajo de investigación expone en el Capítulo I, toda la problemática de la población objeto de estudio que son los futbolistas de un equipo profesional conformado por 18 deportistas que están compitiendo en el torneo de la primera B de la Dimayor de Colombia, quienes están expuestos a jugar en diferentes alturas geográficas. También se encuentra la Justificación donde se expone la importancia, la pertinencia, lo novedoso, lo viable y factible de esta investigación, después se encuentra el Objetivo General y los Específicos.

El Capítulo II muestra dentro de su Marco Teórico, los Antecedentes donde se toman bases de estudio nacionales e internacionales con varios autores investigativos del tema; se da continuidad con las Bases Teóricas cuyo propósito es definir términos, conocer planteamientos de autores y analizar la práctica y entrenamiento del fútbol en la altura y sobre el nivel del mar y la relación con el rendimiento físico de los deportistas después de someterse a una preparación a grandes alturas visibilizando los resultados fisiológicos del comportamiento del sistema anaeróbico láctico en condiciones especiales. Posteriormente se encontrará con las Bases Legales que permiten tener el conocimiento de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud que tiene en cuenta los aspectos relacionados a las investigaciones con seres humanos y los aspectos éticos que se deben considerar.

El Capítulo III, Metodología de la investigación, plantea el Método, las Variables, Población, Muestra, Criterios de inclusión y exclusión y el procedimiento como

información base que provee datos para determinar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en los deportistas de nuestra región sometidos a grandes alturas geográficas.

El Capítulo IV, presenta los Resultados teniendo en cuenta los datos obtenidos, se determinaron dos puntos específicos a analizar, los cuales se tornan de gran importancia para establecer el rendimiento de los deportistas cuando son sometidos a procesos de competencia a grandes alturas geográficas: por un lado las variables fisiológicas que dan muestra del funcionamiento corporal, por el otro tenemos la variables físicas que hablan del rendimiento con respecto al juego, la relación de estas nos permiten establecer el comportamiento del sistema anaeróbico cuando se compite a grandes alturas geográficas.

En el Capítulo V, está la Discusión donde se puede enfocar el tema con base en las variables fisiológicas y físicas de los deportistas.

Finalmente, este estudio contiene en el Capítulo VI, las Conclusiones y Recomendaciones, donde se va a comprobar la hipótesis formulada, se resuelven dudas y se hacen aportes para las futuras investigaciones sobre este tema.

## **CAPITULO I: PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La práctica deportiva implica la utilización óptima de los sistemas corporales de producción de energía, el suministro de Adenosin trifostato (ATP) para el desarrollo competitivo dependiendo de la especialidad deportiva llevada a cabo por el atleta, y su perfeccionamiento a partir del proceso de preparación, propiciando con éste, que haya una predominancia energética, de tal manera que se garantice la ejecución del ejercicio de acuerdo a la necesidad manifiesta del deporte (Wilmore & Costill, 2007; Bompa & Fernández, 2009; Metral, 2000).

El concepto de altitud asociado al rendimiento deportivo es objeto de numerosas argumentaciones en lo que refiere al conocimiento de los factores que lo determinan y las consecuencias que tienen estos sobre la condición física y el rendimiento de los deportistas. En la actualidad, competir a grandes alturas sobrelleva un protagonismo preponderante que condiciona el desempeño funcional de los atletas de forma puntual y específica, en algunos casos favoreciendo los resultados deportivos y en otros limitando el adecuado desarrollo físico-atlético, entendiendo que todo esto está supeditado a partir del tipo de deporte que se practique y del entrenamiento que se lleve a cabo (Burck, 2008).

Ser un jugador de futbol profesional en Colombia implica competir durante una temporada completa, la cual involucra alrededor de 16 partidos en la fase regular o clasificatoria para luego pasar a una instancia final, si se clasifica, se jugarían 6 partidos más, esta competición se da constantemente en diferentes altitudes lo que trae consigo trastornos fisiológicos producto del variado ambiente al que es sometido el futbolista, situación que atenta contra el rendimiento de éste; por lo tanto, es importante conocer los cambios que se generan en el sistema energético anaeróbico láctico durante la competición en Palmira - Valle y Tunja, Boyacá en



equipos de futbol de nuestra región, ante el deterioro de otros sistemas permitiría comprender el papel que este desempeña y así establecer parámetros y procesos de entrenamiento, si es posible, que ayuden a contrarrestar los efectos que se generan, por ende, optimizar el rendimiento competitivo de los futbolistas que hacen parte del equipo profesional de futbol Atlético FC.

Por lo anterior, emerge la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas de un equipo profesional adscrito a la primera B de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas?

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El fútbol como deporte competitivo requiere del desarrollo de un adecuado proceso de preparación de los componentes inmersos en esta disciplina deportiva, tales como la técnica, la táctica y la preparación física, se requiere mejorar estos procesos para potenciar el rendimiento deportivo de los futbolistas en determinadas posiciones para así favorecer la realización de las tareas defensivas y ofensivas las cuales determinan el rumbo del juego (Gil, *et al.*, 2007).

El componente físico del futbolista es un parámetro determinante dentro del desarrollo de la actividad deportiva competitiva, ya que depende de la adecuada ejecución de las acciones más intensas propias del deporte como lo son sprintar, saltar, patear, driblar, entre otros (Mohr, *et al.*, 2003), acciones que demandan un gran esfuerzo y además, por su repetida ejecución, generan un alto grado de desgaste físico y éste a su vez, influye directamente sobre el rendimiento técnico, táctica y la capacidad de decisión del jugador (Spencer, *et al.*, 2005).

Esta investigación es importante como antecedente local para las personas que deseen investigar sobre el tema en el departamento del Cauca, permitiendo a los

entrenadores y demás personas interesadas, el apropiado conocimiento que les permita planificar para el mejoramiento de la capacidad anaeróbica láctica en diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Por consiguiente, esta investigación es pertinente ya que en estos últimos años se han llevado a cabo diversos estudios donde se ha evaluado el componente fisiológico de los futbolistas con el objetivo de mejorar los procesos de entrenamiento y por ende, los resultados durante la competición, pero dejan a un lado la capacidad anaeróbica siendo está en la que se desarrollan las acciones de juego; con éste trabajo se quiere dar a conocer el funcionamiento del sistema anaeróbico láctico en diferentes alturas geográficas en los equipos de nuestra región, para que sirva de guía en los métodos de preparación física, la misma ayudará a diseñar una base de datos e información sobre el comportamiento anaeróbico láctico en las diferentes alturas mediante un análisis, se tendrá una visión de los beneficios y efectos que brinda el entrenamiento (Benítez & Aiesterán, 2000).

Del mismo modo esta investigación es relevante, siendo el fútbol un deporte que predomina el sistema aeróbico (con presencia de oxígeno), porque se realizan acciones cortas durante un tiempo de 90min. Pero al ser sometido a distintos ambientes como Palmira – Valle y Tunja – Boyacá, totalmente diferentes alturas geográficas, teniendo en cuenta la alta incidencia del sistema anaeróbico láctico en la competencia, por lo tanto, el factor es determinante para el rendimiento deportivo debido a su repetida utilización produce altas cantidades de lactato el cual genera alteraciones fisiológicas que propician una disminución física en el futbolista.

Además, se considera novedoso para el departamento del Cauca, dado que se pretende sentar un antecedente del funcionamiento del sistema anaeróbico láctico en deportistas de nuestra región sometidos a diferentes alturas geográficas, para

destinar con miras a nuevos planes de entrenamiento orientados a este elemento, para el desarrollo de esta capacidad en fútbol profesional, con lo cual, tanto los entrenadores, deportistas y personas, obtendrán grandes beneficios al conocer el funcionamiento fisiológicos de sus deportistas, con el fin de alcanzar mejores resultados del entrenamiento y al desarrollar más eficazmente sus capacidades condicionales, mejorando sus posibilidades para alcanzar en algunos casos un óptimo desarrollo de su vida deportiva.

Es decir, este trabajo servirá de soporte para posibles métodos de entrenamiento, para mejorar el rendimiento de los deportistas en Palmira - Valle y Tunja – Boyacá, ya que por el momento no existen estudios sobre el tema en el departamento del Cauca.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas del Atlético Fútbol Club de la primera b de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas en la temporada regular 2017.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar demográficamente a la población objeto de estudio.
- Determinar el comportamiento del lactato durante la competencia de los deportistas en la fase regular a grandes alturas geográficas.
- Analizar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico de los jugadores durante la competencia, dependiendo de la posición de juego.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES**

### **2.1 ANTECEDENTES**

#### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

León, Ramírez & Sánchez (2015) realizaron una investigación que lleva por nombre “Validación del test de hoff en futbolistas universitarios a 2600 metros sobre el nivel del mar” con el objetivo de determinar la validez del test de hoff para valorar la potencia aeróbica de futbolistas universitarios localizados a 2600 metros sobre el nivel del mar, esta investigación es importante para la construcción de este trabajo de grado, porque en ella se explica el comportamiento del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ ), la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), la frecuencia cardiaca (fc) y la ventilación máxima ( $V_{max}$ ) en grandes alturas como la de Bogotá (2600 metros sobre el nivel del mar).

Otro antecedente que se tuvo como referente es a Mazuera (2014) quien realizó una investigación denominada “Condición física del jugador de fútbol universitario en condiciones especiales del municipio de Tuluá” cuyo objetivo fue determinar las características de la condición física de 49 jugadores de fútbol que hacen parte de dos equipos universitarios con edades entre 18 y 25 años respectivamente. La metodología que se utilizó enmarcada en el enfoque cuantitativo evaluada por medio de un test, arrojó una comparativa en su condición física en cuanto a la resistencia anaeróbica y aeróbica de los participantes teniendo como fin último, la identificación de la condición física del deportista.

También sirvió de base a la investigación, el artículo titulado “Comportamiento de los niveles del  $VO_2$  máximo en futbolistas prejuveniles en diferentes altitudes” donde Mercado, Sánchez & Gutiérrez (2015) centran su interés en caracterizar el comportamiento del consumo de oxígeno en futbolistas jóvenes con relación a tres

diferentes alturas geográficas y su incidencia en el rendimiento deportivo, aplicando la prueba Yoyo test.

Este estudio cuasi-experimental realizado a 18 deportistas entre los 13 y 15 años respectivamente, logró identificar los cambios en los porcentajes del VO<sub>2</sub> en los deportistas visualizando su afectación en el desarrollo y desenvolvimiento deportivo en cada lugar escogido. De esta manera se presenta como herramienta a los entrenadores deportivos para planificar sesiones de entrenamiento a diferentes alturas.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Tlatoa Ramírez & Cols (2017), en la investigación: "Seguimiento de 4 años de la potencia aeróbica de jugadores de fútbol Asociación Profesional de Primera División Mexicana a 2600 metros sobre el nivel del mar" estableció como objetivo describir las características de potencia anaeróbica en 14 jugadores profesionales de primera división a una altura mayor a 2600 msnm durante un periodo de 4 años en pretemporada, asimismo, se analizaron las diferencias de estos valores por posición de jugador; el principal aporte de esta investigación a este proyecto de grado son los conceptos que se relacionan con los cambios fisiológicos producto de la exposición de jugadores profesionales a la altura.

Mallqui (2013), realizó una investigación denominada "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", cuyo objetivo general fue investigar sobre el entrenamiento del fútbol en la altura y su impacto en el rendimiento físico. La población con la cual se realizó el presente estudio fueron 60 deportistas y los métodos utilizados fueron; el método teórico que consiste en un análisis minucioso y crítico de la bibliografía consultada hasta elaborar síntesis que forman parte del cuerpo de la tesis; métodos empíricos, en los cuales se hacen

encuestas y observación directa, todo esto para tener información y opiniones frente al tema (práctica y entrenamiento del fútbol en la altura y su relación con el rendimiento físico ) y con el diseño y aplicación de la guía tutorial sobre el uso y manejo del método moderno aplicado al fútbol en la altura el cual está bajo la responsabilidad del autor de la propuesta.

Ya que el entrenamiento deportivo es un proceso pedagógico encaminado al desarrollo y perfeccionamiento de las distintas capacidades motrices, técnicas, tácticas, morales y volitivas de los distintos deportistas, para lograr la obtención y mantenimiento de la forma deportiva, con vistas a alcanzar altos resultados deportivos, la planificación es uno de los problemas fundamentales a los que se enfrentan tanto el deportista y el entrenador en lo deportivo, tanto es así, que en la medida que el planteamiento que se establezca para la preparación sea correcto o no, se determinaran los posibles resultados deportivos.

Lo anteriormente expuesto aporta a esta investigación porque está basada en práctica y entrenamiento del fútbol en la altura y sobre el nivel del mar, su relación con el rendimiento físico por lo que se encuentran resultados favorables en cuanto al rendimiento de los deportistas después de someterse a una preparación a grandes alturas.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Fútbol**

El fútbol es un deporte de conjunto que para empezar dentro del campo de juego inician para el desarrollo del partido 11 versus 11 y el balón puede ser tocado con cualquier superficie de contacto excepto con los miembros superiores cuando el balón se encuentra en juego, el único que la puede tocar con los miembros superiores durante la continuidad del compromiso dentro de una zona

demarcada es el portero, el objetivo de este juego es no dejarse anotar goles y por supuesto marcar el mayor número de goles en la portería del contrincante en un tiempo de duración de un partido de 90min y en ocasiones un partido puede durar hasta los 120min.

Es un deporte lúdico, basándose en un juego con participación voluntaria, propósito de recreación y finalidad en sí mismo. También, el deporte es competitivo por el hecho que supone un enfrentamiento motor contra uno mismo o entre varios individuos o equipos, ocasionando la intención constante de conseguir rendimientos cada vez más elevados. Además, el deporte necesita reglas que definan unas obligaciones, restricciones y unos criterios para establecer la victoria o la derrota. Por último, la evolución y expansión del deporte ha hecho imprescindible que una de sus características fundamentales sea la institucionalización, creándose organismos como federaciones que dirigen cada deporte, estableciendo los reglamentos, organizando y controlando las competiciones y el desarrollo de cada deporte (Gonzales, 2013, p.25).

### **2.2.2 Fútbol profesional**

Es un deporte donde predomina el sistema aeróbico, porque se realizan acciones durante un tiempo de 90min y en ocasiones puede llegar a durar los 120min en Europa, durante este tiempo un futbolista de alto rendimiento puede recorrer entre los 10km a 12km. Se debe tener en cuenta que estos deportistas se encuentran en constante evaluación de su rendimiento, por lo tanto, los jugadores que no mejoran su rendimiento, conllevan a tener menos minutos dentro del terreno de juego, debido a lo anterior, estos deportistas deben estar en un óptimo rendimiento para poder mejorar sus destrezas dentro del terreno de juego, que permitan tener la facilidad de solucionar problemas individuales, colectivos ya que esto aporta positivamente para el rendimiento de su equipo.

Los elementos estructurales que delimitan la lógica y el rendimiento físico del fútbol son el espacio, el tiempo, la relación entre los participantes y la relación con los objetos. El espacio es natural, al aire libre y puede verse sujeto a modificaciones durante la actividad. El tiempo está acotado, dos partes de 45 minutos cada una, con un intervalo de 15 minutos entre las mismas. El vencedor del encuentro se determina en un momento concreto, lo cual tiene su trascendencia en el desarrollo del juego y en la forma en la que evoluciona la forma de juego en función del marcador y del tiempo.

El fútbol presenta dos roles socio motores diferenciados: el portero y el jugador de campo. El reglamento los diferencia al darle a cada uno de ellos distintos derechos y obligaciones con relación a los demás participantes, el tiempo, el espacio y el móvil, aunque la reglamentación permite que, con previa autorización del árbitro y durante una interrupción reglamentaria, cualquier jugador de campo pueda actuar como portero, aunque el portero podrá actuar como jugador de campo en cualquier momento del encuentro sin previa autorización (García, 2014, p.11).

### **2.2.3 Ácido láctico**

Butti (citado por García, 2014) dice que: “El ácido láctico es un compuesto orgánico producido de forma natural por nuestro organismo siendo, al mismo tiempo, un subproducto y un combustible para el ejercicio físico. Se encuentra en los músculos, la sangre y en diversos órganos” (p.75).

La degradación “anaeróbica” de glucosa, este proceso genera ácido láctico, por lo que consecuentemente disminuye el pH de los músculos que están trabajando. La fatiga muscular, por tanto, está relacionada entre otros aspectos, con un rápido aumento en la producción de ácidos metabólicos. La tolerancia a esfuerzos de elevada intensidad puede estar condicionada por la capacidad del organismo para taponar la disminución del pH muscular (intracelular) y sanguíneo (extracelular), es



decir, por el sistema buffer o mecanismo de amortiguación intrínseco. Dicho de otra forma, los esfuerzos máximos generan un desequilibrio ácido-base en el medio interno y, ante esto, el organismo pone en marcha los mecanismos para combatir (amortiguar) la acidosis de forma intrínseca: los sistemas buffer o tampón. Estos condicionantes fisiológicos conllevan, en definitiva, a una disminución del rendimiento en aquellos deportes que necesitan acciones de máxima intensidad, como el fútbol (Segura, 2016, p. 28).

También Wilmore & Costill (citado en Rivas & Sánchez, 2012) dicen que:

Al realizar ejercicio físico de intensidad moderada (70-75% FC máx.) la mayor parte de la energía necesaria para la contracción del músculo esquelético proviene de la oxidación de los glúcidos, es decir, del metabolismo energético de los Hidratos de Carbono; pero cuando la intensidad de trabajo aumenta, la necesidad energética de los músculos activos no puede ser soportada exclusivamente por los procesos aeróbicos oxidativos de obtención de energía. Se dice que el organismo se encuentra ante una resistencia anaeróbica cuando no existe una aportación de oxidación y cuando los procesos metabólicos sin participación del oxígeno, adquieren una importancia esencial. La utilización de la vía anaeróbica trae consigo la aparición del ácido pirúvico que se convierte en piruvato. Una vez formado el piruvato, este se puede tomar dos rutas dependiendo de las necesidades de energía o de la presencia de O<sub>2</sub> en el músculo. Por tanto, se pueden distinguir dos tipos de glucólisis:

1. Glucólisis Lenta; o glucólisis aeróbica: si el nivel de glucógeno en el músculo es suficiente y la demanda de energía es baja, la glucólisis opera de manera que el piruvato entra a la mitocondria y se combustiona aeróbicamente.

2. Glucólisis Rápida o Anaeróbica: si el nivel de oxígeno en el músculo es insuficiente o si la demanda de energía es alta, el piruvato se transforma en lactato (ácido láctico). La clave de la transformación anaeróbica en energía es la glucólisis anaeróbica, la cual, a grandes rasgos, no es otra cosa que una serie de reacciones

químicas que transforman el piruvato en ácido láctico (AL), generando 2 o 3 ATP, dependiendo de si la glucosa proviene del torrente sanguíneo o de si lo hace de glucógeno almacenado.

#### **2.2.4 Lactato**

Navarro & Braumann, *et al.* (citado por García, 2014) piensan que:

La concentración de lactato sanguíneo ha sido ampliamente utilizada para valorar el rendimiento específico de los deportistas (Navarro, 1998); ya que el ácido láctico es un parámetro que tiene un importante papel como indicador de la intensidad en casi todos los deportes (Braumann, *et al.*, 1990, p. 75).

El lactato puede ser liberado de ciertos músculos hacia la sangre, acumulándose o no en función de la intensidad del ejercicio. Parte del piruvato obtenido en estas condiciones se desvía hacia el lactato constituyendo el llamado exceso de lactato. El aumento de los niveles sanguíneos de lactato depende del balance entre la producción y el catabolismo. Una gran cantidad de lactato puede producir daños a nivel celular.

El hígado, los riñones, el músculo cardíaco y la musculatura esquelética en reposo captan el lactato y lo transforman en CO<sub>2</sub> y agua o lo reconstruyen en glucógeno, el producto inicial. Se calcula que aproximadamente un 50 a 60% del lactato es metabolizado por el hígado (Rivas & Sánchez, 2012, p.38).

#### **2.2.5 Frecuencia Cardíaca (FC)**

La frecuencia cardíaca máxima (FCM) proporciona una importante gama de informaciones aplicadas tanto al entrenamiento deportivo como al ambiente clínico

de evaluación física, en caso de utilizarse una ecuación para determinar la FCM se podría realizar tras unos análisis críticos, ya que al día de hoy existen cantidades de ecuaciones que han sido propuestas para diferentes grupos de poblaciones.

García & Valderrama (citado en Wilmore & Costill, 2007) plantean que:

El proceso de contracción se denomina sístole y al de relajación, diástole. El ciclo cardíaco tiene que ver con la frecuencia cardíaca (FC), que es la repetición del ciclo cardíaco en un intervalo de un minuto (pulsaciones por minuto = p/m). La frecuencia cardíaca en reposo (FCR) en un recién nacido está entre 160-180 p/m; en un niño (8-12 años), está entre 100-120 p/m; en un adulto sano, 60-80 p/m y en un adulto mayor puede ser menor de 60 p/m. Como se puede apreciar, la frecuencia cardíaca tiene una tendencia a disminuir durante la vida (p.32).

### **2.2.6 Sistema anaeróbico láctico**

López Chicharro & Vaquero (2006) en su libro “Fisiología del ejercicio”, sostiene que el sistema anaeróbico láctico es una vía que se utiliza para la producción de ATP a partir de la utilización de glucosa como sustrato energético. Esta vía energética puede ser utilizada sin la presencia de oxígeno utilizando los hidratos de carbono, este proceso se denomina glucolisis el cual consiste en una degradación de la molécula de glucosa en el citosol celular, obteniendo como resultado de ésta 4 moléculas de ATP de ganancia pero con la obligación del gasto de 2 moléculas de ATP en el proceso la ganancia neta es de 2 ATP más una sustancia conocida como lactato. Las fibras tipo II son las especializadas en la utilización de esta ruta energética la cual brinda un rendimiento de alta intensidad pero que no se puede mantener por mucho tiempo, alrededor de 1 minuto debido a la baja del PH que sufre el músculo producto de la acumulación del ácido láctico, la cual se asocia a acidosis metabólica, con consecuencias fisiológicas vinculadas a la fatiga muscular. La valoración de este parámetro se considera un como el

mejor indicador para determinar el rendimiento deportivo y la planificación de cargas de trabajo en el entrenamiento, tanto deportivo como clínico.

### **2.2.7 Fisiología del deporte en altura**

Según Vargas Pinilla (2014), a mayor altitud geográfica existe menor presión barométrica y atmosférica de oxígeno, esta disminución en la presión genera una disminución de la presión parcial de oxígeno lo que conlleva en los individuos a una hipoxia hipobárica, situación que afecta de diferentes maneras a los órganos corporales y las funciones del organismo, cuando se presenta la disminución de la presión parcial de oxígeno en el ambiente debido a la presión hipobárica, se presenta una disminución de la presión alveolar de oxígeno que altera el intercambio gaseoso ya que se ve alterado el gradiente de presión necesario para la que se la adecuada difusión de los gases, de la misma forma se ve un aumento considerable en la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardiaca, situación que se genera como medida de protección corporal para combatir la hipoxia. Además se presenta una disminución en la masa muscular; el grado de afectación fisiológica que se experimenta en la altura depende del tiempo de exposición, la intensidad del ejercicio y las condiciones individuales, claro está que la exposición continua y prolongada a la altura produce una respuesta fisiológica que contribuye en muchos de los ajustes y adaptaciones que posteriormente van a influir en la mejora del rendimiento deportivo específicamente por la mejoría que se genera en la capacidad aeróbica. Estas adaptaciones incluyen aumento en la densidad capilar y mayor concentración de hemoglobina y mioglobina. Que ante un esfuerzo en zonas de mayor presión barométrica pueden ser beneficiosas para el deportista entrenado en altura.

## **2.3 BASES LEGALES**

En la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud se tiene en cuenta los

aspectos relacionados a las investigaciones con seres humanos y los aspectos éticos que se deben considerar.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación se clasifica con riesgo mínimo: en tanto estos son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, electrocardiogramas, pruebas de agudeza auditiva, termografías, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, recolección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimientos profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml en dos meses excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a grupos o individuos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico y registrados en este Ministerio o su autoridad delegada, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos que se definen en el artículo 55 de esta resolución.

- Se mantendrá la reserva los nombres de las personas involucradas en la investigación.
- Los registros obtenidos no serán revelados al cuerpo técnico ni directivas del club a fin de evitar general situaciones que atenten contra el trabajo de los jugadores ya que por causa de los resultados pueden llegar a ser despedidos de su club por no estar en la condición física deseada.
- Cada jugador conoce la investigación y debe firmar el consentimiento informado.

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 MÉTODO

Esta investigación se plantea sobre el paradigma positivista debido a que es una ciencia cuantificable así mismo, Dobles, Zúñiga & García (1998) afirman que “la teoría de la ciencia que sostiene el positivismo se caracteriza por afirmar que el único conocimiento verdadero es aquel que es producido por la ciencia” (p.1).

Es de enfoque cuantitativo debido a que la investigación va enfocada hacia lo objetivo donde se van a obtener unos datos con valores numéricos. Escamilla (2013) afirma que “Mantiene un profundo apego a la tradicionalidad de la ciencia y utilización de la neutralidad valorativa como criterio de objetividad” (p.6).

El tipo de estudio es descriptivo porque nos permite estudiar en un momento determinado a un grupo de sujetos de edades diferentes. La investigación que se realizará es de tipo cuasi experimental, longitudinal en la que se obtendrá datos sobre la respuesta fisiológica del cuerpo humano ante la competencia en las diferentes alturas. Escamilla (2013) afirma que “dentro de la perspectiva cuasi-experimental, es particularmente útil para estudiar problemas en los cuales no se puede tener control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible, aun cuando se estén usando grupos ya formados” (p.12), método directo de evaluación mediante el uso de medidor de lactato y valoración de la frecuencia cardiaca, lo cual arroja información sobre el comportamiento del sistema anaeróbico láctico de los jugadores del equipo de futbol profesional de la primera B de Colombia, Atlético FC. Estos datos serán analizados y constituirán una información de carácter científico, que brindará datos valiosos para los preparadores físicos, con el fin de aportar en el desarrollo de programas de entrenamiento encaminados a contrarrestar las alteraciones fisiológicas producto de la competencia a diferentes alturas.

### 3.1.1 Técnicas de recolección de datos

En primer lugar, se hace una evaluación fisiológica mediante Test de esfuerzo específico para fútbol (RSA) con medición de lactato y frecuencia cardiaca, donde se registran las siguientes variables:

- Frecuencia Cardiaca máxima (para establecer zonas cardiacas)
- Velocidad máxima alcanzada por el deportista
- Producción máxima de lactato tras esfuerzo máximo
- Recuperación tras esfuerzo
- Oximetría

Después se utiliza un receptor GPS este debe recibir la señal de al menos tres satélites para localizar la posición (Larsson, 2003).

Un dispositivo de estas características puede calcular y registrar información referente a la velocidad y a la distancia recorrida principalmente (Reid, Duffi Eld, Dawson, Baker & Crespo, 2008). Los dispositivos receptores portátiles GPS se introducen en una pequeña mochila almohadillada (arnés) incorporada a la espalda del jugador, justo debajo del cuello. Además, estos dispositivos permiten registrar datos referentes al tiempo, posición, altitud y dirección, además de registrar la frecuencia cardiaca cuando el jugador está en posesión de una banda torácica (Castellano & Casamichana, 2014, p.49).

Por último, se manipuló el medidor de lactato donde requiere de los siguientes materiales: tirillas, lancetas, alcohol, guantes, tapabocas, gasa o algodón.

Primero que todo, se debe tener a mano y encendido el medidor de lactato portátil sus respectivas tirillas y lancetas, después se fija la zona de la toma de la muestra en este caso sería el lóbulo derecho de la oreja el cual se limpia con mucha

precaución y se inspecciona para que no queden residuos en esta zona de la oreja, con la lanceta hacemos un pequeño pinchazo en el lóbulo derecho de la oreja, en caso que no salga sangre hacemos una pequeña presión alrededor, capturamos la muestra de la gota de sangre en la tirilla la cual tiene que estar limpia (libre de sudor o alcohol para una mejor muestra, por último, se pasa a colocar la tirilla en el medidor de lactato portátil la cual nos arroja el resultado en mili mol x litro (mmol/l) de sangre.

### 3.2 VARIABLES

Teniendo en cuenta los objetivos de la investigación se definen las siguientes variables de medición.

#### 3.2.1 Variables Dependientes

Tabla 1. Variables Dependientes

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Ácido láctico	Cuantitativa Continua	Ordinal
Frecuencia Cardiaca	Cualitativa discreta	Ordinal

Fuente: Propia

#### 3.2.2 Variables Independientes

Tabla 2. Variables Independientes

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad	Cuantitativa Continua	Razón
Genero	Cualitativa	Nominal
Peso	Cuantitativa Continua	Razón



Talla	Cuantitativa Continua	Razón
IMC	Cuantitativa Continua	Nominal
Experiencia competitiva	Cualitativa	Ordinal
Altura Geográfica	Cuantitativa discreta	Intervalo
Estrato Socio Económico	Cualitativa discreta	Ordinal
Procedencia	Cualitativa	Nominal

Fuente: propia

Como variables descriptivas de la población se establecen: edad, procedencia, talla, peso, años de práctica como profesional, posición de juego, frecuencia de entrenamiento a la semana, frecuencia de sesiones de entrenamiento a la semana, frecuencia de la competencia, altura, condición física, ácido láctico, frecuencia cardíaca, oximetría.

### **3.3 POBLACIÓN**

La población objeto de estudio son los futbolistas de un equipo profesional conformado por 18 deportistas que están compitiendo en el torneo de la primera B de Dimayor Colombia, los cuales están expuestos a jugar en diferentes alturas climáticas.

### **3.4 MUESTRA**

La población muestra tomada para el estudio es de ocho (8) futbolistas del equipo, para ello se obtiene la participación voluntaria de los deportistas que hacen parte de la plantilla profesional que participa en el torneo nacional de segunda división adscrita a la Dimayor. El muestreo es no probabilístico, ya que se estableció por conveniencia.

### 3.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Que pertenezca al equipo profesional
- Pertenecer al equipo Titular
- No haber trasnochado el día antes de la prueba.
- No haber consumido licor
- Participar en el partido al menos 75 minutos

### 3.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- No ser del equipo representativo
- Tener una patología o enfermedad que impida la prueba
- Presentar algún grado de lesión

### 3.7 PROCEDIMIENTOS

#### 3.7.1 Procedimientos de medición.

- **Prueba de Sprint Repetidos (RSA).**

Se utiliza la prueba de RSA, con el fin de aplicar un estímulo que sea específico para el fútbol, y se desarrollará repitiendo 3 recorridos completos de 60mtr cada uno (30mtr + 30mtr sprints con un giro de 180º) separados entre sí por 20s de recuperación pasiva. Esta prueba fue diseñada para medir la habilidad de repetir "*sprints*", el cambio de dirección en el futbol determinar la condición física a partir de la valoración del sistema anaeróbico láctico como evaluación inicial de los futbolistas (Wong, Chan & Smith, 2012).

Los atletas comienzan en una línea, corren 30m, tocan un cono con la mano y recuperan durante 20 segundos, después de este tiempo de recuperación pasiva, cada jugador de fútbol comienza de nuevo el sprint, ahí se completa un recorrido,

Antes de iniciar de la prueba de RSA, los participantes se someten a un calentamiento de 15 minutos el cual incluye movilidad articular, ejercicios técnicos y carreras en varias direcciones, a una intensidad moderada, inmediatamente después cada jugador realiza la prueba de "*sprints*" repetidos. Cinco segundos antes del inicio de cada "*sprint*" se les avisa a los deportistas para que se acomoden en la línea de salida y esperen la señal acústica para arrancar.

Para esta investigación se busca encontrar la frecuencia cardiaca máxima establecida como el estadístico representativo de los valores de frecuencia cardiaca durante la prueba y a partir de ésta establecer los umbrales como parámetro de valoración inicial, los registros se obtienen a partir del uso de pulsómetro de banda en el pecho.

Se toman también registros de lactato con un analizador al inicio, intermedio y al final de la prueba a través de una pequeña incisión en el lóbulo de la oreja derecha justo antes de calentamiento, e inmediatamente después de un par de series de la prueba RSA, también se toma 10 y 15 min después de la prueba. El lóbulo de la oreja se limpia con un algodón empapado en alcohol, se seca y luego se pinza con una lanceta para la muestra de sangre que quedaba almacenada en tubos capilares para determinar la sangre.

### **3.7.2 Procedimientos de intervención**

El desarrollo de esta investigación se lleva a cabo en 3 fases:

#### **Fase 1:**

- a. Se hace una caracterización de la población.
- b. Se realiza un registro de la frecuencia cardiaca de reposo, pidiéndole a cada jugador que se mantenga por 10 minutos posición decúbito supino.
- c. Se hace un calentamiento y posteriormente se aplica a cada uno de los deportistas involucrados en el proceso un test de carga máxima específico para

el fútbol denominado Sprint Repetidos (RSA) con el fin de obtener de éste, parámetros fisiológicos de base, tales como la frecuencia cardiaca máxima, la acumulación de lactato en sangre y el aclaramiento de lactato en su proceso de recuperación.

- **Realización del Test RSA**

Antes de iniciar de la prueba de RSA, los participantes se someten a un calentamiento de 15 minutos el cual incluye movilidad articular, ejercicios técnicos y carreras en varias direcciones, a una intensidad moderada, luego los atletas comienzan en una línea 0, corren 20m, tocan un cono con la mano y recuperan durante 20 segundos, después de este tiempo de recuperación pasiva, cada jugador de fútbol comienza de nuevo el sprint, ahí se completa un recorrido, cinco segundos antes del inicio de cada "*sprint*" se les avisa a los deportistas para que se acomoden en la línea de salida y esperen la señal acústica para arrancar, se deben realizar 3 recorridos completos, inmediatamente terminada la prueba se hace el registro del lactato con el medidor de lactato obteniendo la sangre mediante punción en el lóbulo de la oreja, este procedimiento se repite al minuto 10 para establecer cómo se dio el aclaramiento.

Durante todo el tiempo que dure la prueba los deportistas llevan puesto un chaleco canguro, en el cual va el dispositivo GPS Garmin con el que se registra el comportamiento de la frecuencia cardiaca específicamente la frecuencia cardiaca máxima, la cual más adelante nos servirá para establecer los umbrales y zonas de carga física que propone Karvonen, así como la fórmula para establecerlas.

## **Fase 2**

Durante un partido realizado en Palmira - Valle y otro en Tunja – Boyacá, los jugadores usan el dispositivo GPS con el chaleco, en este se está registrando en tiempo real el comportamiento de la frecuencia cardiaca, cuanto tiempo permanece en cada zona física y cuánto tiempo estuvo por encima del umbral anaeróbico.

### **-Dispositivo garmin 1000**

La utilización provee un sistema GPS, así como la incorporación de un monitor de frecuencia cardiaca, permite valorar y cuantificar la carga del entrenamiento en tiempo real, a partir de desplazamientos y acciones que ejecuta el deportista. El instrumento GPS cuenta con las siguientes funciones:

#### **-Velocidad.**

Determina la velocidad máxima y media del desplazamiento realizado por el deportista.

#### **-Distancia.**

Mide el recorrido total llevado a cabo por el deportista, principalmente se expresa en kilómetros. Asimismo, la función de posicionamiento global GPS, contribuye al análisis y la observación de los recorridos realizados, ya sea de manera general, así como de manera específica, en relación con el tiempo total de la actividad deportiva.

#### **-Frecuencia Cardiaca (FC).**

La frecuencia cardiaca es una medida que se utiliza para determinar la intensidad del ejercicio, esta se expresa en pulsaciones por minuto (ppm).

#### **-Registro de datos.**

Según Monje (2011) la información que se obtiene, se utiliza para el análisis de los datos, en busca de determinar y valorar las relaciones existentes entre las variables estudiadas.

#### **-Con el medidor de lactato Lactate Scout 4.**

Inmediatamente terminado el primer y segundo tiempo, a cada jugador se le toma un registro de lactato, nuevamente del lóbulo de la oreja, además otra toma 10 minutos después para registrar el aclaramiento.

### **Fase 3**

Se hace el análisis a partir de la descripción, cruce de variables y la comparación de resultados obtenidos entre el equipo mismo.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN

Primero que todo, se realiza la intervención en la Ciudad de Cali - Valle que está a 1.018 metros sobre el nivel del mar (msnm), si se toma la zona habitual de entrenamiento del equipo Atlético FC, que sería el centro recreativo Cañas Gordas, que se encuentra a 955 msnm, se utiliza una prueba que se asemeja al nivel de competencia ya que los entrenos para estos deportistas son a muy alta intensidad porque dependiendo del rendimiento, podrán ser convocados y así mismo ganarse la titularidad en su club, por lo tanto va a tener la opción de ser fichado por un equipo de la primera división, donde va a aumentar el reconocimiento y sus ingresos económicos.

Los datos obtenidos permitieron tener un conocimiento de cómo se encuentra cada deportista, para analizar qué cambios surgen cuando están en competencia a bajas alturas como en Palmira - Valle que se encuentra en 1.001 msnm y a grandes alturas geográficas como Tunja - Boyacá que está a 2.820 msnm.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas

<b>Estadísticas descriptivas</b>					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad (años)	8	19	26	23,00	2,070
Peso (kg)	8	70,00	82,00	77,1250	3,64251
Talla (cm)	8	169,00	183,00	177,1250	5,84166
N válido (según lista)	8				

Fuente: propia

- Son 11 los jugadores que integran un equipo de fútbol dentro del terreno de juego cuando ya se inicia el partido, en este caso, no se toman datos al portero ya que el sistema que predomina en ellos es el anaeróbico aláctico, por lo tanto, se trabajó con el 100% de la población que equivale a 8 jugadores de diferentes posiciones de juego, esto es debido a que solo juegan 10, porque todos no son habitualmente titulares en su club.
- El 50% de los deportistas están entre los 19 y 23 años de edad y el resto de 23 a 26 años de edad, por lo tanto, el deportista con menor edad es de 19 años y el de mayor edad tiene 26 años, por lo que existe una homogeneidad en cuanto a la edad ya que la desviación atípica es de 2,070.
- Respecto al peso, el 50% de los deportistas se encuentran entre los 70kg hasta los 77,1250 kg y los demás se encuentran entre los 77,1250kg hasta 82kg. Hay homogeneidad ya que la desviación atípica en cuanto al peso no es mucha es de 3,64251.
- Y con relación a la talla, se advierte que el 50% de los deportistas se encuentran entre 169cm hasta 177,1250cm y los otros deportistas se encuentran entre 177,1250cm hasta 183cm en la talla, por lo que el deportista con menor estatura tiene 169cm y el más alto tiene 183cm, la desviación atípica es muy alta, 5,84166 ya que se encuentra una diferencia relevante entre la talla de los deportistas.



## 4.2 RESULTADOS

Tabla 4. Zona habitual de entrenamiento Cali – Valle

Jugador 1			Jugador 2			Jugador 3			Jugador 4		
<b>Posición</b>	Lateral		<b>Posición</b>	Volante de Contención		<b>Posición</b>	Central		<b>Posición</b>	Volante Mixto	
<b>Edad</b>	23		<b>Edad</b>	24		<b>Edad</b>	24		<b>Edad</b>	19	
<b>Fc Reposo</b>	47		<b>Fc Reposo</b>	45		<b>Fc Reposo</b>	48		<b>Fc Reposo</b>	50	
<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>	<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>	<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>	<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>
Recorrido 1	197	26,18	Recorrido 1	198	26,22	Recorrido 1	194	25,12	Recorrido 1	198	27,12
Recorrido 2	199	26,33	Recorrido 2	198	26,8	Recorrido 2	193	25,3	Recorrido 2	200	27,14
Recorrido 3	194	26,15	Recorrido 3	198	26,1	Recorrido 3	197	25,4	Recorrido 3	199	27,2

Zonas de entrenamiento			Zonas de entrenamiento			Zonas de entrenamiento			Zonas de entrenamiento		
Zonas de entrenamiento	Min	Max	Zonas de entrenamiento	Min	Max	Zonas de entrenamiento	Min	Max	Zonas de entrenamiento	Min	Max
Zona 1(50%-60%)	77	137	Zona 1(50%-60%)	76	135	Zona 1(50%-60%)	78	136	Zona 1(50%-60%)	80	139
Zona 2(61%-70%)	138	152	Zona 2(61%-70%)	137	151	Zona 2(61%-70%)	137	151	Zona 2(61%-70%)	140	154
Zona 3(71%-80%)	153	167	Zona 3(71%-80%)	152	166	Zona 3(71%-80%)	152	166	Zona 3(71%-80%)	155	169
Zona 4(81%-90%)	169	182	Zona 4(81%-90%)	167	181	Zona 4(81%-90%)	167	181	Zona 4(81%-90%)	170	184
Zona 5(91%-100%)	184	199	Zona 5(91%-100%)	183	198	Zona 5(91%-100%)	182	197	Zona 5(91%-100%)	185	200

<b>Registro Máximo (J1)</b>	<b>199</b>	<b>26,33</b>	<b>Registro Máximo (J2)</b>	<b>198</b>	<b>26,8</b>	<b>Registro Máximo (J3)</b>	<b>197</b>	<b>24,4</b>	<b>Registro Máximo (J4)</b>	<b>200</b>	<b>27,2</b>
<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>	<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>	<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>	<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>	<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>	<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>
Lactato Max	11,2	Lactato Max	13,1	Lactato Max	12,6	Lactato Max	13,6				

Jugador 5			Jugador 6			Jugador 7			Jugador 8		
<b>Posición</b>	Delantero nueve		<b>Posición</b>	Volante Mixto		<b>Posición</b>	Central		<b>Posición</b>	Delantero extremo	
<b>Edad</b>	22		<b>Edad</b>	22		<b>Edad</b>	24		<b>Edad</b>	19	
<b>Fc Reposo</b>	56		<b>Fc Reposo</b>	50		<b>Fc Reposo</b>	49		<b>Fc Reposo</b>	47	
<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>	<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>	<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>	<b>Prueba de RSA</b>	<b>FCM</b>	<b>Vel. Max</b>
Recorrido 1	198	29,1	Recorrido 1	200	27,3	Recorrido 1	200	25,8	Recorrido 1	201	28,1
Recorrido 2	196	29,15	Recorrido 2	198	27,1	Recorrido 2	199	26,1	Recorrido 2	200	28,4
Recorrido 3	201	29,1	Recorrido 3	200	27,2	Recorrido 3	201	26	Recorrido 3	201	28,6

Zonas de entrenamiento			Zonas de entrenamiento			Zonas de entrenamiento			Zonas de entrenamiento		
Zonas de entrenamiento	Min	Max	Zonas de entrenamiento	Min	Max	Zonas de entrenamiento	Min	Max	Zonas de entrenamiento	Min	Max
Zona 1(50%-60%)	85	142	Zona 1(50%-60%)	80	139	Zona 1(50%-60%)	79	139	Zona 1(50%-60%)	78	138
Zona 2(61%-70%)	143	156	Zona 2(61%-70%)	140	154	Zona 2(61%-70%)	140	154	Zona 2(61%-70%)	139	153
Zona 3(71%-80%)	158	171	Zona 3(71%-80%)	155	169	Zona 3(71%-80%)	155	169	Zona 3(71%-80%)	155	169
Zona 4(81%-90%)	172	185	Zona 4(81%-90%)	170	184	Zona 4(81%-90%)	171	184	Zona 4(81%-90%)	170	184
Zona 5(91%-100%)	187	201	Zona 5(91%-100%)	185	200	Zona 5(91%-100%)	186	201	Zona 5(91%-100%)	186	201

<b>Registro Máximo (J5)</b>	<b>201</b>	<b>29,15</b>	<b>Registro Máximo (J6)</b>	<b>200</b>	<b>27,30</b>	<b>Registro Máximo (J7)</b>	<b>201</b>	<b>26,10</b>	<b>Registro Máximo (J8)</b>	<b>201</b>	<b>28,60</b>
<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>		<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>		<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>		<b>Lactato</b>	<b>Registro</b>	
<b>Lactato Max</b>	<b>10,9</b>		<b>Lactato Max</b>	<b>14,3</b>		<b>Lactato Max</b>	<b>15,1</b>		<b>Lactato Max</b>	<b>12,8</b>	

Fuente: propia con base en el Test RSA

Nota: Datos obtenidos mediante la realización del Test RSA en la zona habitual de entrenamiento de los deportistas, esto con motivo único de tener unos datos iniciales que permiten analizar cómo se encuentra cada deportista.

### 4.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La estimación de la condición física a partir de la realización de pruebas de esfuerzo, se ha convertido en una herramienta fundamental para aquellas personas que hacen parte de la comunidad deportiva, ya sea como mecanismo para la mejora de la salud o con la intención de favorecer el rendimiento deportivo (García Manso, Navarro & Ruiz, 1998), generalmente aquel que se encuentra responsable de un grupo desarrolla este tipo de pruebas para tener un parámetro inicial de las capacidades, aptitudes y habilidades de los deportistas que le permita establecer el camino más adecuado a seguir para obtener la mejora del atleta (Crespo & Miley, 1999). Pero dichos test deben cumplir con unos parámetros mínimos que le brinden un carácter de calidad de tal manera que éste se torne confiable para quienes necesitan los datos que ahí se arrojen (Sánchez-Pay, Torres-Luque & Palao, 2011).

En esta investigación se pretende conocer el comportamiento de uno de los sistemas energéticos que se tornan relevantes dentro del juego del fútbol y para eso se hace necesario la aplicación de un test que permita conocer cómo este sistema se comporta en condiciones normales de esfuerzo así como también establecer, a partir de datos arrojados durante la prueba, la distribución de la carga física para futuras comparaciones; el test que se implementó para alcanzar dicha información fue el "*Repeated Sprint Ability*" (RSA), éste es un test considerado como una prueba representativa de los movimientos que se dan en deportes como el fútbol, los cuales se tornan de alta intensidad e intermitentes, situación que intenta simularse en la prueba ya que aquí se conjugan estos dos parámetros: la realización del esfuerzo a gran intensidad y el tiempo de recuperación (Rampinini & Cols., 2007). Se considera entonces, que aplicar una prueba de esfuerzo para conocer las condiciones iniciales de los deportistas y específicamente la prueba anteriormente descrita, es acertado en cuanto que garantiza un conocimiento determinante para el adecuado desarrollo de la investigación.

Si se observan los resultados obtenidos en el test se puede destacar que en la ejecución de éste, la totalidad de los participantes obtuvieron un registro de ácido láctico por encima del umbral anaeróbico, dato que se hace relevante debido a que el umbral es considerado como el límite del equilibrio que existe en el cuerpo para sostener o no, un esfuerzo físico por un tiempo prolongado (Messonnier & Cols., 2013), al superar el umbral anaeróbico el cual se establece en 4 mmoles/l se deriva la glucólisis anaeróbica la cual tiene como resultante la acumulación de ácido láctico (Wilmore & Costill, 2007), sustancia de alto interés ya que se considera como el marcador biológico de fatiga más significativo en la fisiología deportiva, debido a que su presencia en altas cantidades genera trastornos fisiológicos que afectan el rendimiento deportivo (Pérez Prieto, 2014). Someter a los deportistas a este tipo de esfuerzos físicos de alta intensidad como el que demanda la prueba de esfuerzo RSA, brindó la obtención de una medida de producción máxima de lactato la cual va dando un estimado del comportamiento del sistema anaeróbico lo cual es el tema central de esta investigación.

Otro parámetro que se logró estimar en los deportistas que se sometieron a la prueba de esfuerzo fue la frecuencia cardiaca la cual se considera como el valor posterior a un esfuerzo sostenido o incremental producto de la contracción cardiaca destinada a garantizar el flujo sanguíneo y que tiene un rango máximo (Silva V.A. & Cols., 2007), como se observa en la prueba se alcanzaron registros altos, situación relevante para ésta investigación entendiendo que la estimación de la frecuencia cardiaca máxima (FCM) es un parámetro que permite planificar las cargas en un proceso de entrenamiento deportivo (Morton 2010), ya que con este dato se puede establecer las zonas de entrenamiento las cuales indican los umbrales aeróbico y anaeróbico, la zona de reposo, la zona de recuperación, la zona aeróbica y la zona anaeróbica, en este orden se puede considerar que el registro se realizaría así (Pallarés, Morán-Navarro & Pérez, 2011):

- **Zona Z1:** entre 50% y 60%, es una zona de actividad física muy baja, de reposos hasta calentamiento.
- **Zona Z2:** entre 61% y 70%, zona de intensidad ligera, representa una zona de recuperación donde no existe gran desgaste físico.
- **Zona Z3:** entre 71% y 80%, la zona aeróbica estimula el trabajo cardiovascular.
- **Zona Z4:** entre 81% y 90%, zona de umbral anaeróbico.
- **Zona Z5:** entre 91% y 100%, la FCmax, la zona de máximo esfuerzo e intensidad que podemos soportar.

Con el uso del pulsómetro se toman los datos de frecuencia cardiaca de reposo del deportista (FCrep); con el test de esfuerzo realizado se obtuvo la frecuencia cardiaca máxima del atleta (FCmáx), y con los porcentajes de trabajo en cada zona de entrenamiento, se aplicó la fórmula de Karvonen la cual se conoce como la frecuencia cardiaca máxima de reserva y que indica la carga de esfuerzo que está ejecutando el individuo (Wilmore & Costill, 2007), sacando la diferencia entre los valores de frecuencia máxima y de reposo se obtiene la frecuencia cardiaca de reserva (FCres), con este dato se aplica la fórmula de Karvonen para estimar las zonas de entrenamiento:  $(FCres \times \%Trabajo) + FCrep$ , de acuerdo a la tabla de zonas de entrenamiento propuesta por Karvonen el umbral corresponde al 80% y 90% de la frecuencia cardiaca máxima, es así como cada vez que se supere el umbral se hace referencia al uso del sistema energético anaeróbico láctico como fuente principal para la producción de energía, considerando lo anterior, estimar este valor en la prueba de esfuerzo fue determinante ya que permite conocer desde otro parámetro fisiológico como está y cómo se comporta el sistema anaeróbico láctico en condiciones especiales.

Tabla 5. Tabla general de resultados en Palmira (Palm) y Boyacá (Boyacá) durante competencia.

VARIABLE	JUGADOR 1 (J1)				JUGADOR 2 (J2)				JUGADOR 3 (J3)				JUGADOR 4 (J4)			
	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2
Distancia Recorrida Total	NA	10,5	9,4	10,5	NA	9	8,5	5,6	NA	9,4	9,5	+1,1	NA	11,8	11	6,8
Cantidad de Sprint	NA	13	10	23	NA	15	12	20,0	NA	15	16	+6,7	NA	14	11	21
Velocidad Máxima Km/h	26,4	26,9	26,5	1,5	26,8	26,7	26,2	1,9	26,4	26,7	27	+1,1	29,9	28,16	28,4	+0,9
Frecuencia Cardíaca Máx	199	197	188	4,6	198	196	190	3,1	197	195	195	0	202	200	192	4
Lactato Máximo	11,2	12,7	3,4	73,2	13,1	12,9	7,2	44,2	12,6	11,8	9,2	22,0	13,6	13,16	4,7	64,3
VARIABLE	JUGADOR 5 (J5)				JUGADOR 6 (J6)				JUGADOR 7 (J7)				JUGADOR 8 (J8)			
	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1 - 2
Distancia Recorrida Total	NA	11,7	10,8	7,7	NA	10,6	9,8	7,5	NA	9,9	9,1	8,1	NA	9,6	8,9	7,3
Cantidad de Sprint	NA	20	16	20,0	NA	18	14	22	NA	14	10	29	NA	12	9	25
Velocidad Máxima Km/h	29,2	29,8	30	+0,7	27,3	27,2	26,8	1,5	26,1	26,2	26	0,8	28,6	28,3	28,5	+0,7
Frecuencia Cardíaca Máx	201	199	191	4,0	200	196	189	3,6	201	197	189	4,1	201	196	187	4,6
Lactato Máximo	10,9	13,8	5,3	61,6	14,3	14	5,2	62,9	15,1	13,4	6,4	52,2	12,8	13	8,1	37,7

Fuente: propia



Tabla 6. Tiempo que permanecieron los deportistas en cada zona

Tiempo en Zona	JUGADOR 1 (J1)				JUGADOR 2 (J2)				JUGADOR 3 (J3)				JUGADOR 4 (J4)			
	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2
Zona1(50%-60%)	NA	19:11	11:18	41,3	NA	19:12	12:15	36,5	NA	18:14	8:16	55	NA	17:14	9:02	47,4
Zona2(61%-70%)	NA	16:22	12:11	25,3	NA	22:45	18:42	18	NA	17:48	12:52	28,4	NA	18:21	13:12	28
Zona3(71%-80%)	NA	25:15	22:15	11,9	NA	18:29	15:51	19,6	NA	25:16	23:13	8,1	NA	30:19	26:34	12,8
Zona4(81%-90%)	NA	24:42	35,17	-44	NA	23:41	33,28	42,2	NA	20:31	32,16	58,3	NA	14:02	26:28	85,4
Zona5(91%-100%)	NA	5:28	9:36	-77,3	NA	7:20	11,01	66,8	NA	10:39	15:42	48,4	NA	11:33	16:29	43,8
Tiempo en Zona	JUGADOR 5 (J5)				JUGADOR 6 (J6)				JUGADOR 7 (J7)				JUGADOR 8 (J8)			
	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2	RSA	Palm 1	Boya 2	Dif % 1-2
Zona1(50%-60%)	NA	11,7	10,8	7,7	NA	10,6	9,8	7,5	NA	9,9	9,1	8,1	NA	9,6	8,9	7,3
Zona2(61%-70%)	NA	20	16	20,0	NA	18	14	22	NA	14	10	29	NA	12	9	25
Zona3(71%-80%)	29,2	29,8	30	+0,7	27,3	27,2	26,8	1,5	26,1	26,2	26	0,8	28,6	28,3	28,5	+0,7
Zona4(81%-90%)	20:1	19:9	19:1	4,0	20:0	19:6	18:9	3,6	20:1	19:7	18:9	4,1	20:1	19:6	18:7	4,6
Zona5(91%-100%)	10,9	13,8	5,3	61,6	14,3	14	5,2	62,9	15,1	13,4	6,4	52,2	12,8	13	8,1	37,7

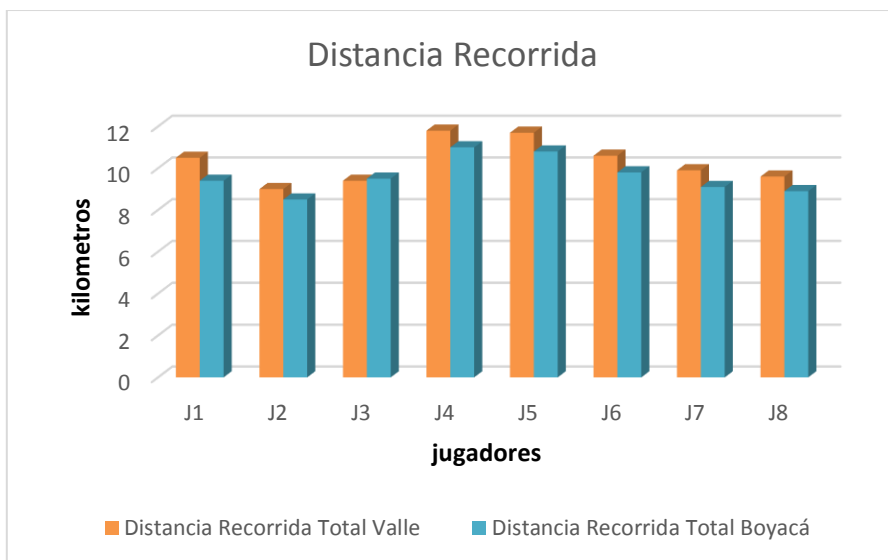
Fuente: propia

Tabla 7. Distancia Recorrida Total

Distancia Recorrida Total (km)		
Deportista	Valle	Boyacá
J1	10,5	9,4
J2	9	8,5
J3	9,4	9,5
J4	11,8	11
J5	11,7	10,8
J6	10,6	9,8
J7	9,9	9,1
J8	9,6	8,9

Fuente: propia

Gráfico 1. Distancia recorrida total



Fuente: propia

La distancia recorrida de los deportistas fue mayor en el valle excepto la del jugador 3 que fue mayor su recorrido en Boyacá, pero la diferencia no es muy

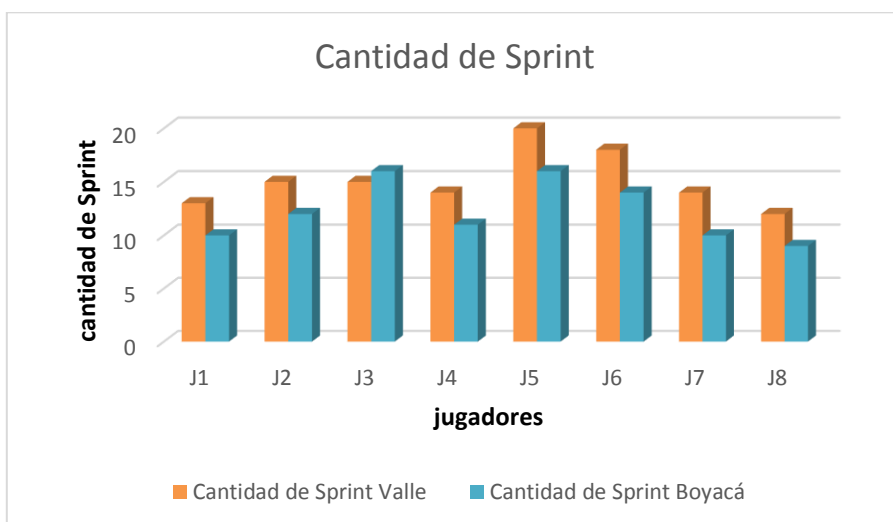
relativa; por lo tanto, se puede identificar que los deportistas que más se esforzaron al máximo en los dos departamentos fueron los jugadores 4 y 5.

Tabla 8. Cantidad de Sprint

Cantidad de Sprint		
Deportista	Valle	Boyacá
J1	13	10
J2	15	12
J3	15	16
J4	14	11
J5	20	16
J6	18	14
J7	14	10
J8	12	9

Fuente: propia

Gráfico 2. Cantidad de Sprint



Fuente: propia

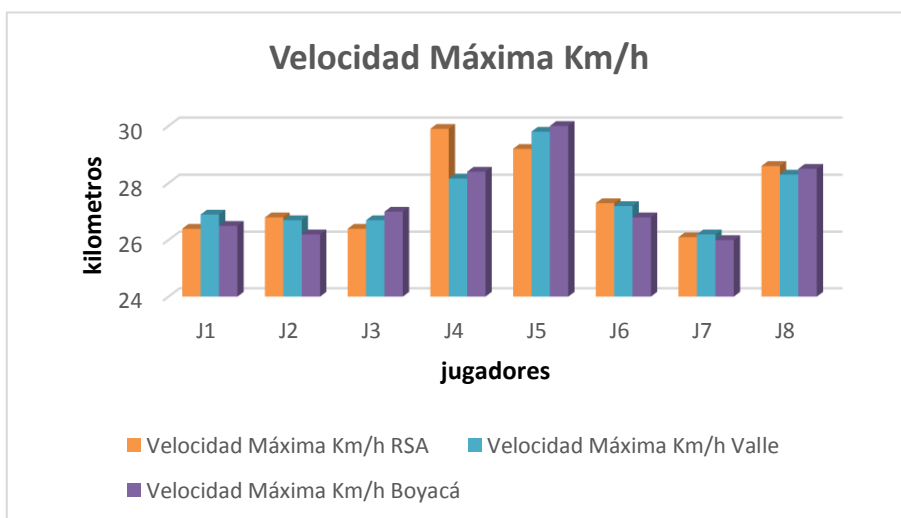
Los deportistas ejecutaron más sprint en el Valle que los que realizaron en Boyacá excepto el jugador 3, en algunos se identifica que superaron ampliamente esa margen.

Tabla 9. Velocidad Máxima km/h

Velocidad Máxima (Km/h)			
	RSA	Valle	Boyacá
J1	26,4	26,9	26,5
J2	26,8	26,7	26,2
J3	26,4	26,7	27
J4	29,9	28,16	28,4
J5	29,2	29,8	30
J6	27,3	27,2	26,8
J7	26,1	26,2	26
J8	28,6	28,3	28,5

Fuente: propia

Gráfico 3. Velocidad Máxima km/h



Fuente: propia

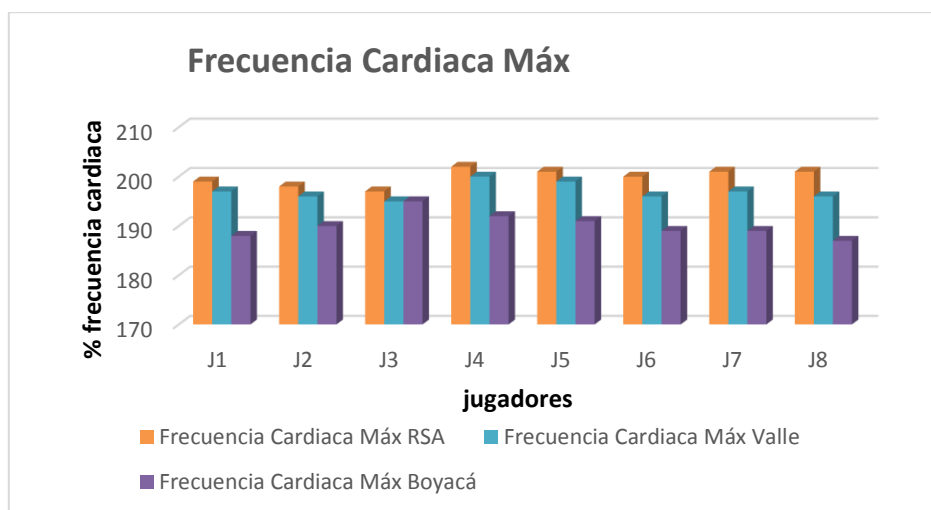
Independientemente de la altura se puede identificar que se respeta mucho porque hay un promedio de velocidad en la prueba RSA como en los partidos en Valle y en Boyacá, los promedios son muy similares, por ende, no hay una diferencia muy marcada ya que se utilizó al máximo la velocidad del jugador.

Tabla 10. Frecuencia Cardíaca Máxima

<b>Frecuencia Cardíaca Máx. (lpm)</b>			
	<b>RSA</b>	<b>Valle</b>	<b>Boyacá</b>
J1	199	197	188
J2	198	196	190
J3	197	195	195
J4	202	200	192
J5	201	199	191
J6	200	196	189
J7	201	197	189
J8	201	196	187

Fuente: propia

Gráfico 4. Frecuencia Cardíaca Máxima



Fuente: propia

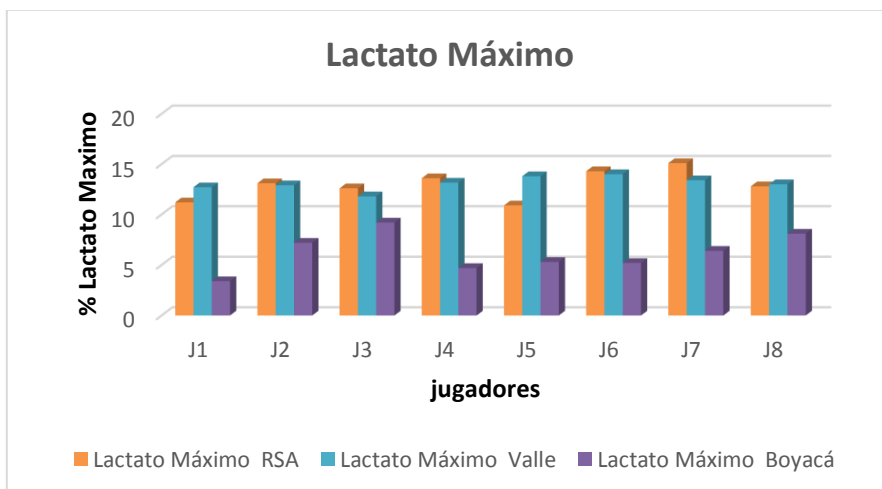
Se puede identificar que fue más baja la frecuencia cardiaca Max de los deportistas en Boyacá, pero la diferencia no es muy relevante en cuanto a los resultados de la prueba RSA y los resultados en Valle.

Tabla 11. Lactato Máximo

<b>Lactato Máximo (mmol/L)</b>			
	<b>RSA</b>	<b>Valle</b>	<b>Boyacá</b>
J1	11,2	12,7	3,4
J2	13,1	12,9	7,2
J3	12,6	11,8	9,2
J4	13,6	13,16	4,7
J5	10,9	13,8	5,3
J6	14,3	14	5,2
J7	15,1	13,4	6,4
J8	12,8	13	8,1

Fuente: propia

Gráfico 5. Lactato Máximo



Fuente: propia

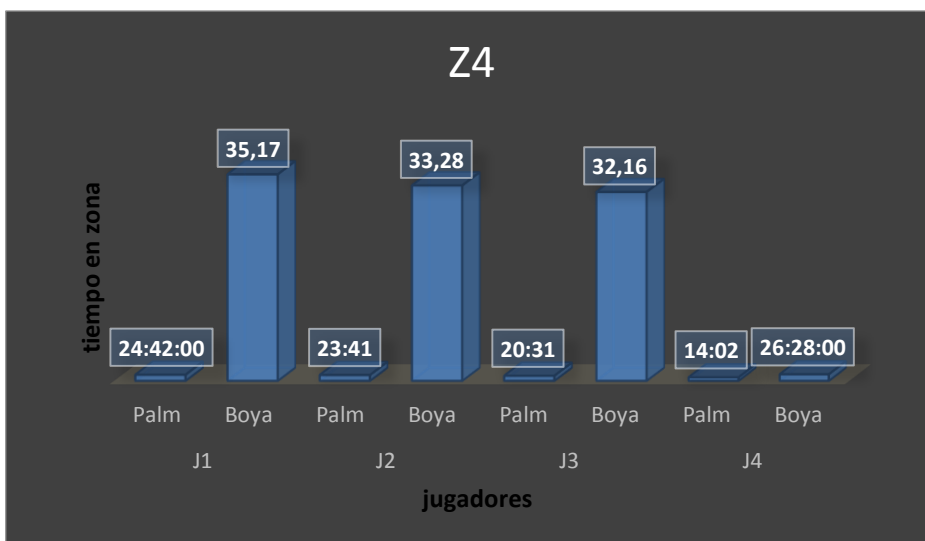
Los resultados de ácido láctico son más bajos en Boyacá, debido a la afectación del organismo por el poco tiempo de recuperación por causa de la falta de oxígeno dentro del organismo.

Tabla 12. Tiempo en zona 4 (a)

Tiempo en zona (min)								
Tiempo en	J1		J2		J3		J4	
Zona	Palm	Boya	Palm	Boya	Palm	Boya	Palm	Boya
Z4	24:42:00	35,17	23:41	33,28	20:31	32,16	14:02	26:28:00

Fuente: propia

Gráfico 6. Tiempo en zona 4 (a)



Fuente: propia

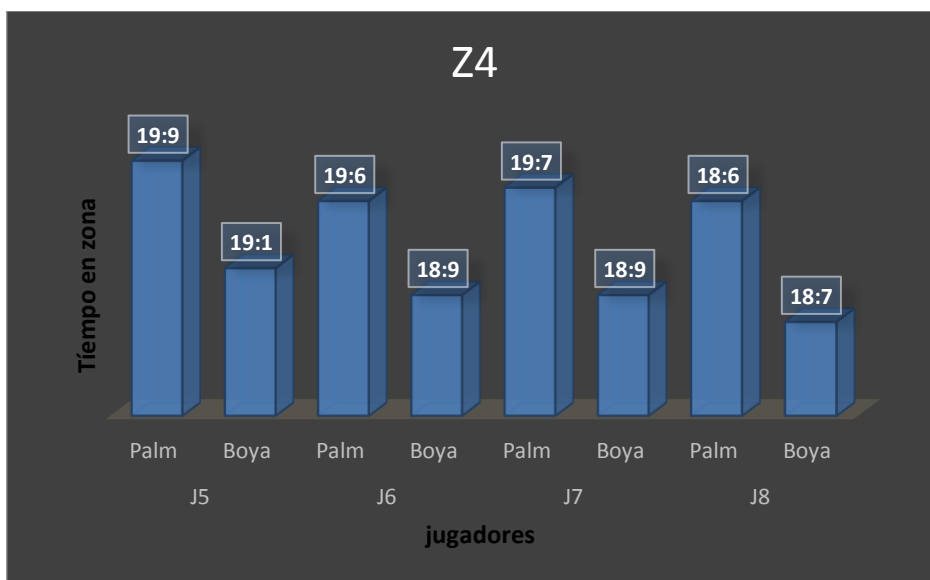
El 50% de los deportistas el corazón va a tope por el alejamiento de las partículas de oxígeno que se presenta en Boyacá, debido a eso los resultados son más elevados, porque aumenta la contracción del flujo sanguíneo y por lo tanto, aumenta la frecuencia cardiaca.

Tabla 13. Tiempo en zona 4 (b)

Tiempo en zona (min)								
Tiempo en Zona	J5		J6		J7		J8	
	Palm	Boya	Palm	Boya	Palm	Boya	Palm	Boya
Z4	19:9	19:1	19:6	18:9	19:7	18:9	19:6	18:7

Fuente: propia

Gráfico 7. Tiempo en zona 4 (b)



Fuente: propia

En el otro 50% de los deportistas no obtuvo tanta afectación, por la mayor cantidad de hemoglobina que se presenta.



## **CAPITULO V: DISCUSIÓN**

En el presente estudio, teniendo en cuenta los datos y resultados obtenidos, se determinaron 2 puntos específicos a analizar, los cuales se tornan de gran importancia para establecer el rendimiento de los deportistas cuando son sometidos a proceso de competencia a grandes alturas geográficas, por un lado las variables fisiológicas que dan muestra del funcionamiento corporal, por el otro se tiene que las variables físicas que no hablan del rendimiento con respecto al juego, la relación de estas permiten establecer el comportamiento del sistema anaeróbico cuando se compite a grandes alturas.

### **5.1 VARIABLES FISIOLÓGICAS**

Como primer punto se encuentra que los valores referentes al desarrollo del juego tanto en la altura habitual donde se vive y se entrena, así como en Tunja, Boyacá, hay que tener en cuenta que en ambas ocasiones el equipo jugó de visitante con equipos que se encuentran en la tabla de posiciones por encima de él y en ambas ocasiones el equipo necesitaba la consecución de puntos que le permitiera entrar a los 8 para poder disputar la fase final y así aspirar a conseguir el título de campeón para ascender a la máxima categoría del fútbol Colombiano, objetivo primordial por el que lucha Atlético FC.

### **5.2 EL SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO EN CONDICIONES DE HIPOXIA**

El análisis del sistema anaeróbico se puede llevar a cabo a partir de 2 items:

1. Por un lado, la frecuencia cardiaca, donde a partir de los datos obtenidos en la prueba RSA estable las zonas de entrenamiento y el umbral anaeróbico para así mediante el GPS utilizado durante el partido establecer los tiempos que se mantuvo el jugador en cada zona, teniendo en cuenta que las anteriores variables físicas

evidencian el esfuerzo realizado entre Tunja, Boyacá y Palmira - Valle zona de altura habitual de trabajo.

2. Por otro lado, se tiene que la producción de lactato considerado el indicador de rendimiento más importante del cuerpo humano y que se presenta como el marcador específico del funcionamiento del sistema anaeróbico láctico, el registro de lactato nos evidencia la utilización de este sistema energético durante el juego y a su vez nos da pautas con respecto al rendimiento físico.

### **5.3 FRECUENCIA CARDIACA**

La frecuencia cardiaca se establece como un indicador cuantitativo, el cual permite establecer la intensidad del esfuerzo realizado por parte de los futbolistas durante la competencia.

Marins, Marins & Fernández (2010), manifiestan que en la prueba RSA y en las competencias a la altura habitual como a gran altura, se hizo el registro de la frecuencia cardiaca máxima; en los datos obtenidos podemos observar que en la altura de Boyacá el 88% de los evaluados no alcanzó la frecuencia cardiaca máxima obtenida a partir de la prueba RSA, estos valores estuvieron por debajo hasta en un 5% de lo alcanzado en el test y a la altura habitual de trabajo a pesar de presentar un esfuerzo similar al que se dio en la competencia en Palmira, en el 12% restante se obtuvo un registro similar alcanzado en la valoración por Test; por otro lado los registros obtenidos de frecuencia cardiaca máxima de la competencia en Palmira con respecto a la prueba RSA arrojaron valores no superiores al 0.5% por debajo, diferencia que no se considera significativa.

Por otro lado, al comparar los registro de tiempo de actividad en cada zona cardiaca indica que durante la competencia a la altura habitual (Palmira), los valores en el 100% de los deportistas se modificaron de manera significativa, el tiempo de

trabajo del miocardio en zona anaeróbica fue mucho mayor en la altura, se evidencian registro de tiempo en zona 4 y 5 superiores al 40%; la zona 4 que representa para cada deportista la zona de umbral anaeróbico tuvo un incremento entre el 40 y 50% de tiempo en zona en el 25% los deportistas, entre el 51 y 60% en un 38% de deportistas, entre el 61 y 70% en un 13% de deportistas, entre el 80 y 90% en el 13% de los deportistas y mayor al 90% en el 12% de los deportistas, valores de aumento de trabajo en una zona anaeróbica que es significativamente alto, de la misma manera se observa que hay un aumento considerable en el tiempo de actividad en la zona 5 en la totalidad de los deportistas, entre el 40 y 50% de aumento en tiempo en el 25% de los deportistas, entre el 51 y 60% en el 25% de los deportistas, entre el 61 y 70% en el 25% y entre el 71 y 80% el 25% de los deportistas, al igual que en la zona 4, se presentaron valores de aumento en tiempo de trabajo cardiaco en zona 5 bastante altos; teniendo en cuenta los valores que representa el aumento total en las zona anaeróbica (4 y 5) vemos que en promedio en tiempo durante la competencia en la altura habitual es 28:3 minutos, lo que corresponde a un 31,7% del tiempo de juego, cuando se compitió a la altura por encima de 2500 msnm el valor en estas zona anaeróbicas (4 y 5) en los jugadores fue en promedio en tiempo de 43:09 minutos, un 48% del tiempo de juego, se nota un aumento de 12 puntos porcentuales en la actividad cardiaca en zona consideradas anaeróbicas, casi la mitad del tiempo de juego reglamentario, situación que demuestra el gran esfuerzo cardiaco que se presenta en los jugadores para tratar de contrarrestar las complicaciones fisiológicas que concede la exposición aguda producto de la competencia a grandes alturas geográficas.

Como lo reflejan los resultados hay un cambio en el comportamiento cardiaco el cual se evidencia primero por la incapacidad para alcanzar en determinado momento una frecuencia cardiaca máxima, como se da en la competencia en Palmira - Valle altura habitual y por otro el aumento considerable en el trabajo en zonas anaeróbicas, analizando la particularidades inmersas en el ambiente en alturas por encima de los 2500 msnm se tiene que existe una presión atmosférica

baja la cual se sitúa alrededor de los 560 mm de hg, lo que propicia que haya una menor cantidad de moléculas de oxígeno por metro cúbico en el ambiente, esto conlleva a que la cantidad potencial de moléculas que ingresa en la inspiración se vea afectada, siendo evidentemente una cantidad menor, otro parámetro que se da a partir de la baja presión atmosférica es la disminución en la presión parcial de oxígeno inspirado lo que a su vez provoca una disminución en la presión parcial alveolar de O<sub>2</sub>, circunstancia que altera considerablemente el intercambio gaseoso, estas 2 situaciones manifiestas impiden que se garantice la cantidad necesaria de O<sub>2</sub> en la sangre generando con esto una hipoxemia y una consecuente hipoxia debido a que también se limita la cantidad de O<sub>2</sub> que debe llegar a la célula para su adecuado funcionamiento disminuyendo así el rendimiento de ésta (Vargas, 2014).

La hipoxia propicia que en la células se limite la recuperación celular por la disminución en la capacidad de producir energía por vías aeróbicas, ante esta situación el corazón se ve obligado a aumentar su frecuencia de contracción como medida compensatoria intentando contrarrestar la falta de oxígeno a partir de la mejora en el flujo sanguíneo de tal forma que aumente la perfusión tisular y de esta forma intentar llevar más oxígeno a la células, esta situación es similar a la que se presenta en el sobre entrenamiento (Cuadrado & Grimaldi 2011). Esta medida preventiva explica de alguna manera el por qué el corazón aumenta su actividad cardiaca llegando hasta zonas anaeróbicas y manteniéndose ahí por más tiempo y además por qué no se alcanzan valores de frecuencia cardiaca máxima como si se da en la competencia en Palmira - Valle.

En términos generales se observa que los jugadores cuando fueron sometidos a un esfuerzo físico en condiciones de hipoxia producto de una altura geográfica superior a los 2500 msnm manifestaron unas alteraciones en su frecuencia cardiaca que tienen incidencia directa sobre la condición física y esto a su vez en el accionar competitivo, de la misma manera tenemos, a partir de los datos logrados en el test deportivo, que la prueba RSA es de exigencia máxima y que cuando una prueba de

evaluación fisiológica se realiza de manera adecuada, se pueden obtener registros de frecuencia cardiaca máxima y con este, factores de análisis como las zonas de entrenamiento, umbrales metabólicos, entre otras, los cuales se tornan concluyentes para la prescripción del ejercicio, así como también para la evaluación y determinación del comportamiento fisiológico (Marins, Marins & Fernández, 2010).

Hay que destacar que la FCM estimada, además de ser utilizada como parámetro de control de la intensidad del esfuerzo, es un factor que sirve como indicador de otros parámetros en el ejercicio. Esto sugiere que en hipoxia intermitente se consiguen una serie de adaptaciones a nivel de los sistemas orgánicos para acelerar los procesos de recuperación tras esfuerzos máximos que en sí mismos tienen un soporte energético de origen anaeróbico (Roels & Cols, 2007).

#### **5.4 VARIABLES FÍSICAS DE RENDIMIENTO DEPORTIVO (DISTANCIA Y VELOCIDAD)**

Dentro de los parámetros destacados tenemos la distancia recorrida, entendiendo que ésta variable se considera un ítem relevante por cuanto, en primera instancia, el rendimiento deportivo durante la competición en el fútbol puede indicarse a partir de la distancia total que se haya recorrido durante el juego (Reilly, 2003), es decir que, el registro y la comparación de las distancias recorridas totales por parte de cada futbolista nos sirve como un indicador de rendimiento deportivo en la competencia específica, y en segunda instancia la distancia recorrida total en el fútbol permite explicar el esfuerzo realizado, se considera que la distancia recorrida explica en un 17% la cantidad de puntos alcanzados por un equipo durante el desarrollo de una competición (Morales & Araya, 2016); es así como al confrontar la distancia recorrida entre la competencia que se llevó a cabo Palmira – Valle zona habitual de entrenamiento - 950 msnm (Palmira) y la realizada a 2800 msnm (Boyacá) las diferencias son concluyentes, solo el 12% de los jugadores recorrió un 1% por encima de la distancia con respecto a lo obtenido en la altura habitual, el

88% restante recorrió una distancia total menor en la altura, específicamente el 13% de los deportistas recorrió un 10% menos del total recorrido a 950 msnm y el otro 75% su diferencia en disminución de recorrido se situó alrededor del 5%, esto en valores de distancia tenemos que la disminución recorrida presenta un rango de entre 500 y 1100 mts, distancia muy significativa que evidencia una disminución en el rendimiento deportivo de los futbolistas, en este orden de ideas está marcada diferencia se propicia debido a alteraciones fisiológicas producto de la exposición aguda a un ambiente hipóxico, el cual provoca variaciones en la presión arterial, la frecuencia cardiaca, la presión inspirada de oxígeno, la saturación de oxígeno, el hematocrito, el intercambio gaseoso, entre otros, cambios funcionales que en el caso de los deportistas inciden de manera determinante en su realización deportiva (Myhre & Cols., 1970). Se puede afirmar además que estos valores obtenidos son significativos por cuanto se encuentran por fuera del fluctuación normal de recorrido que se presentan entre un partido y otro, el cual varía entre un 2% por encima o un 2% por debajo de la distancia recorrida total para cada partido (Zubillaga, 2006), al igual que en la distancia recorrida, la cantidad de sprint realizados a máxima velocidad en Tunja, Boyacá también se disminuyó en un rango entre 20 y 30% menos con respecto a lo reflejado en Palmira - Valle, dato no menor y que obedece a la imposibilidad de recuperarse rápidamente tras el esfuerzo para iniciar uno nuevo, apartado anteriormente argumentado, situación que conlleva a una reducción importante en esta variable; encontrar y analizar estas diferencias de distancia recorrida y cantidad de sprint realizados entre cada partido disputado permite afirmar que en ambos contextos competitivos los jugadores realizaron un esfuerzo pero la variable altura sobre el nivel del mar y al nivel del mar influyo de manera directa en el rendimiento deportivo.

Otro de los ítems determinantes es la velocidad máxima, en este sentido se sostiene que la velocidad máxima comúnmente se relaciona con la capacidad de realizar acciones motoras a mayor intensidad de trabajo, componente que puede ser concluyente en la competencia y por ende en el resultado (García Manzo, 1998).

Este parámetro nos permite analizar los programas de entrenamiento y direccionarlo de acuerdo a la capacidad condicional de cada futbolista, circunstancia que resulta importante y decisiva en el fútbol de alta competencia (Cuadrado, 1996 citado por García-López & Cols., 2001), como se refleja en los resultados obtenidos, se tiene que las variaciones de la velocidad registrados en la competencia en la altura habitual de trabajo contrastado con los resultados obtenidos a grandes alturas, en este caso los 2800 msnm de Boyacá, no denotan variaciones significativas, el resultado en el 50% de los evaluados fue una disminución de la velocidad máxima pero dicha disminución se encuentra por debajo del 3%, que para la velocidad que se maneja en los jugadores del equipo Atlético FC estarían en el rango entre los 0.5 y 0.7 km/h, el 50% restante alcanzó una velocidad de hasta un 2% más arriba en la altura que la conseguida a los 950 msnm, o sea 0.55 km/h, como se observa, existe un paridad en los datos entre los que sobrepasaron la velocidad y para aquellos que no se dio esta situación, su rango por arriba o por abajo es mínimo, al comparar esto resultados con los obtenidos en las pruebas RSA no hay diferencia significativas tampoco, entendiéndose así entonces que los registros obtenidos en los 3 momentos se ajustan a valores similares de ejecución y no presentan una marcada diferencia entre lo alcanzado en un lugar y otro, por ende se puede considerar que este apartado no se ve afectado de manera considerable por la exposición aguda a bajas y altas alturas geográfica, situación que va a beneficiar la competencia entendiéndose que el desarrollo de la velocidad máxima para el fútbol es un factor importante para alcanzar el éxito en el partido (Bradley & Cols., 2010).

## **5.5 ÁCIDO LÁCTICO**

La producción de ácido láctico es directamente proporcional al esfuerzo generado por un deportista, en este caso, en la medida que el deportista aumente la intensidad de un ejercicio, la producción de lactato se va a ir aumentando y esto a su vez va deteriorando el rendimiento deportivo (Vargas, 2014), generalmente sucede así, es decir, un incremento de lactato en sangre superior a 4 ml/l indicaría la realización

de un gran esfuerzo físico de alta intensidad, atendiendo que a este límite se le conoce como umbral anaeróbico (García, Navarro & Ruiz, 1996), como se observa en los resultados obtenidos en la producción de lactato durante la competencia a la altura geográfica habitual y a la altura geográfica por encima de los 2500 msnm, en el 100% de los casos se superó el denominado umbral anaeróbico lo que manifiesta una gran participación del sistema anaeróbico láctico en ambos contextos, situación que se genera cuando se llevan a cabo esfuerzos de alta intensidad, en este sentido revisando los datos encontrados en la investigación se puede argumentar que el fútbol es un deporte que requiere de grandes esfuerzos físicos y esto manifiesta una alta incidencia del sistema anaeróbico láctico que conlleva a la producción de altas cantidades de ácido láctico y por ende a una disminución del rendimiento deportivo producto de las alteraciones que se generan por la excesiva cantidad de lactato en las células; ya en cuanto a la comparación que se genera entre la competencia a diferentes alturas, se advierte que hay variaciones significativas en la producción de lactato entre la competencia a la altura habitual y la altura superior a los 2500 m.s.n.m, considerando que la ejecución de la actividad deportiva es muy similar en cuanto a esfuerzos, según los datos arrojados por el GPS, a la altura de Boyacá los registros de lactato fueron más bajos, el 37.5% de los participantes presento una disminución en sus registros de ácido láctico por debajo del 50% con respecto a los producidos en el valle, otro 50% presento una disminución entre el 52 y 65% en su disminución y el 12,5 restante reflejó valores por encima del 70%, situación que evidencia que la exposición deportiva aguda en condiciones ambientales de gran altura varía el funcionamiento fisiológico, específicamente la actividad anaeróbica, se podría considerar en este punto que ante la disminución en la cantidad de moléculas de O<sub>2</sub> en los ambientes de gran altura geográfica y la afectación que esta conlleva en el sistema aeróbico se presumiría un aporte compensatorio significativo en el sistema anaeróbico que termine en exagerados niveles de ácido láctico, pero al revisar los resultados obtenidos se tiene que esta producción no es tan elevada como la que se da en los ambientes habituales de entrenamiento, esto refleja claramente alteraciones en el sistema anaeróbico láctico ante la exposición aguda



de esfuerzos de alta intensidad en grandes alturas, este fenómeno podría estar asociado a un teoría llamada la paradoja del lactato, hipótesis que esboza que en condiciones de hipoxia aguda como las que se presentan en alturas superiores a 2000 msnm, la célula muscular manifiesta una caída en su pH que limita la glucólisis por inhibición de la enzima fosfofructoquinasa, esta caída es producto de la depleción del bicarbonato sanguíneo que interfiere como sustancia buffer o de taponamiento del lactato y de los iones  $H^+$  propiciando con esto una acidificación intracelular (Hall, 2001), las enzimas Fosforilasa y Fosfofructoquinasa presentan propiedades reguladoras y catalíticas que sirven para controlar la glicolisis, cuando el PH se encuentra en valores cercanos a 6.3 del sistema anaeróbico láctico, en este punto la membrana celular se mantiene impermeable al bicarbonato, lo que conlleva a que no se dé la regulación del PH por parte de esta sustancia (Wenger & Green, 2005).

La manifestación de una baja producción de ácido láctico durante la realización de esfuerzos de alta intensidad en ambientes de hipoxia refleja una disminución en la capacidad de funcionamiento de la ruta metabólica glucolítica, lo que conlleva que se activen mecanismos compensatorios para la producción de ATP (McArdle, Katch & Katch, s.f.), la depreciación del rendimiento atlético en estas condiciones puede estar asociado, por un lado a que ante una baja del pH sarcoplasmático los iones  $H^+$  en exceso que circundan libremente, ocupan los sitios de unión del  $Ca^{2+}$  aumentando las necesidades de  $Ca^{2+}$  para la contracción muscular, pudiendo afectar la Intensidad máxima del ejercicio que se realiza de manera repetitiva y levemente prolongado, y por el otro lado asociado a la recuperación por falta de  $O_2$  en altitud, donde el metabolismo anaeróbico se ve afectado debido a que los tiempos de recuperación entre repeticiones deben ser más prolongados, esta situación se deriva de la disminución de la presión parcial de  $O_2$  ambiental; ante una menor disponibilidad de moléculas de  $O_2$ , propicia una hipoxemia y esta a su vez una hipoxia, del mismo modo se va limitando la cascada de transporte de oxígeno, aún en reposo, todo esto altera la llegada de una adecuada cuota de  $O_2$  a

la mitocondria situación que coarta el mantenimiento del continuo energético aeróbico y la posibilidad de la recuperación pos esfuerzo utilizando este sistema (Cymerman, 2001), es claro que la realización de esfuerzos físicos de alta intensidad como lo que se dan en el futbol en condiciones de gran altura altera el funcionamiento del sistema anaeróbico láctico generando con esto una baja en la producción de ácido láctico comparado con lo que se obtiene en altura media.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Con esta investigación se logró caracterizar a los futbolistas del equipo profesional de Atlético Fútbol Club en las variables fisiológicas, evidenciándose que la edad promedio era de 20,9 años, realizaban prácticas 6 veces por semana y poseían una experiencia de juego mayor a diez años. El 100% de los futbolistas presentó normopeso y la mayor producción de lactato se dio durante la competencia por encima de los valores obtenidos en el test que se realizó en la zona habitual de entrenamiento (valle).
- Respecto a las características fisiológicas podemos concluir que la población encontrada presentó una frecuencia cardíaca y una saturación de oxígeno dentro de parámetros normales para la iniciación de la prueba y en su posterioridad.
- Frente a los resultados presentados en cuanto a la ruta metabólica anaeróbica láctica se evidenció que esta hace parte esencial en la competición en el fútbol, por cuanto los registros de ácido láctico evidencian una gran presencia de este sistema durante el juego.
- La exposición aguda a un ambiente de hipoxia como el que entregan altitudes por encima de los 2500 (msnm) provoca importantes variaciones en el funcionamiento del sistema anaeróbico láctico que impiden una ejecución adecuada de las actividades propias del juego, situación que va a limitar el rendimiento deportivo en la altura.
- La alteración más relevante que se presenta con respecto al rendimiento físico ante la intervención del sistema anaeróbico láctico es la incapacidad del cuerpo

para recuperarse en un sistema aeróbico de los continuos esfuerzos de alta intensidad que demanda la competencia en el fútbol.

- La posición de juego que manifiesta una mayor intervención del sistema anaeróbico láctico es la del lateral, esto es debido a las tareas que debe cumplir tanto en los procesos de ataque como defensa.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

En futuras investigaciones sería recomendable utilizar este trabajo como guía para conocer el funcionamiento fisiológico de los deportistas de nuestra región y así poder diseñar un método de preparación que ayude a mejorar el rendimiento en Palmira - Valle y Tunja - Boyacá.

Después de realizado el presente trabajo de investigación se recomienda por parte del grupo investigador realizar este estudio con otros equipos para corroborar los resultados en el presente trabajo, de la misma manera utilizar otros estudios referentes al tema que permitan relacionar las variables de forma aleatoria y así darles mayor peso teórico a los resultados obtenidos.

Se recomienda a quienes participan de este tipo de competencia en altas y bajas alturas geográficas realizar un proceso de preparación física enfocada en el fortalecimiento del sistema aeróbico de tal forma que este permita la ejecución de actividades durante la competencia sin dejar a un lado el sistema anaeróbico, aunque presente alteraciones en su funcionamiento en este tipo de ambientes.

## BIBLIOGRAFÍA

Allen Cymerman, P. H. D. (1998). Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat Space Environ Med.* 69: 793 - 801.

Álvarez-Herms, J., Julià-Sánchez, S., Urdampilleta, A., Corbi, F. & Viscor, G. (2013). Potenciales aplicaciones del entrenamiento de hipoxia en el fútbol. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 48(179), 103-108.

Bompa, T. O. & Fernández, V. G. (2009). *Entrenamiento de equipos deportivos*. Paidotribo.

Benítez, R. & Aiesterán, F. (2000). *El Método de Entrenamiento Integral*. Video. Madrid, España: Editorial Gymnos.

Bradley, P. S., Di Mascio M., Peart, D., Olsen, P. & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343-51.

Burck, M. (2008). *Entrenamiento en altitud*. Centro de Medicina Deportiva y Fisioterapia Oberón–Madrid.

Chicharro, J. L. & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana.

Crespo, M. & Miley, D. (1999). *Manual para entrenadores avanzados*. London: International Tennis Federation.

Cuadrado Reyes, J. & Grimaldi, M. (2011). Medios para cuantificar la carga interna de entrenamiento en deportes de equipo. La Frecuencia Cardíaca, el Consumo de

Oxígeno, la Concentración de Lactato en Sangre y la Percepción Subjetiva del Esfuerzo: Una Revisión-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. *PubliCE*.

Dobles, C., Zúñiga, M. & García, J. (1998). *Investigación en educación: procesos, interacciones y construcciones*. San José: EUNED

Dorado, J. L. S. (2016). *Respuesta ácido-base a esfuerzos máximos en futbolistas profesionales* (Doctoral dissertation).

Escamilla, M. D. (2013). *Aplicación Básica de métodos científicos*. *Hidalgo-México: Universidad Autónoma de Hidalgo*.

García Manso, J. M., Navarro, M. & Ruiz, J. A. (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte*. Madrid: Gymnos.

García Manso, J. Navarro, M. & Ruiz, J. (1998). *Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo*. Madrid, España: Editorial Gymnos.

García-López, J., Vicente, J. G. V., Rábago, J. C. M. & Pascual, C. M. (2001). Influencia del entrenamiento de pretemporada en la fuerza explosiva y velocidad de un equipo profesional y otro amateur de un mismo club de fútbol. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(63), 46-52.

García-García, J. A. (2014). *Estudio de la carga interna y externa en situaciones reducidas en fútbol*.

Gil, S., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A. & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: Relevance for the Selection Process. *Journal of Strength and Conditional Research*. 21(2), 438–445.

Hall, I. (2001). High Altitude Medicine and Physiology. *Thorax*, 56(7), 586-586.

León Ariza, H. H., Ramírez Villada, J. F. & Sánchez Jiménez, A. (2016). *Validación del test de Hoff en futbolistas universitarios a 2600 metros sobre el nivel del mar.*

Marins, J. C. B., Marins, N. M. O. & Fernández, M. D. (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251-258.

Mazuera C.A. (2014). *Condición física del jugador de fútbol universitario en condiciones especiales del municipio de Tuluá.* (Maestría). Universidad Autónoma de Manizales. Manizales.

McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1996). Exercise at medium and high altitude. En: *Exercise Physiology, Four Edition*, Williams & Wilkins 24:483-428, 1996.

Mercado H., Sánchez D. & Gutiérrez J. (s.f.). Comportamiento de los niveles del VO<sub>2</sub> máximo en futbolistas prejuveniles en diferentes altitudes. *Revista Digital. Actividad física y deporte.*

Metral, G. (2000). Sistemas energéticos. *PubliCE Standard.*

Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*. 21, 519-528.

Messonier, L.A, Emhoff, C.A. W., Fattor, J.A, Horning, M.A, Carlson, T.J. & Brooks, G.A. (2013). Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, Md. 1985, 114(11), 1593–602.

Morton DP. Heart rate responses and fluid balance of competitive cross-country hang gliding pilots. *Int J Sports Physiol Perform* 2010; 5:55-63

Morales, V.Á. & Araya, Y.C. (2016). La distancia total recorrida durante los partidos predice el rendimiento en la copa mundial de la FIFA Brasil 2014. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, (39), 123-131.

Myhre L.G., Dill D.B., Hall F.G. & Brown D.K. (1970). Blood volume changes during three-week residence at high altitude. *Clin Chem*; 16(1):7-14.

Paulis, J. C. & Gómez, D. C. (2014). Alternativas en la monitorización de las demandas físicas en fútbol: pasado, presente y futuro. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (404), 41-58.

Pallarés, J.G., Morán-Navarro, R., & Pérez, C. (2011). Zonas y métodos de entrenamiento de la Resistencia cardiorrespiratoria. *Digitum*. Murcia, España: Universidad de Murcia.

Pérez Prieto, R. (2014). *Aclaramiento del lactato durante la recuperación activa y pasiva: papel del transportador de lactato MCT1*.

Ramírez, H.M. T., Servín, H.L. O., López, M. L.M., Acuña, F. J.M. & Avalos, A.F. G. (2017). Seguimiento de cuatro años de la potencia anaeróbica de jugadores de Fútbol Asociación Profesional de Primera División Mexicana a 2,600 metros sobre el nivel del mar. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte*, 5(7), 177-188.

Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S.M., Bravo, D.F., Sassi, R. & Impellizzeri, F. M. (2007). *Validity of simple field tests as indicators of match-related physical*



*performance in top-level professional soccer players. International Journal of Sports Medicine, 28(3), 228-235.*

Reilly, T. (2003). Aspectos fisiológicos del fútbol. *Publice standard.*

Rivas Borbón, M. & Sánchez Alvarado, E. (2013). Fútbol. Entrenamiento Actual de la Condición Física del Futbolista. *MHSalud, 10(2).*

Rodenas, J. G. & Malavés, R. A. (2013). *Análisis del rendimiento táctico en el juego colectivo ofensivo en fútbol en la Copa de Mundo 2010* (Doctoral dissertation, Universitat de València [Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport], Departament d'Educació Física i Esportiva).

Roels, B; David, J; Bentley, B; Coste, O; Mercier, J. & Gregoire, P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology, 10.1007/s00421-007-0506-8*

Wilber, RL; Stray-Gundersen, J; Levine, B.D. (2007). Effect of hypoxic “dose” on physiological responses and sea-level performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 39*, pp. 1590-9.

Rivas-Borbon, M. & Sanchez-Alvarado, E. (2013). Entrenamiento actual de la condición física del futbolista. De los métodos clásicos a los más actuales. *MHSalud Revista en ciencias del movimiento humano y salud, 10(2).*

Sánchez-Pay, A., Torres-Luque, G. & Palao, J.M. (2011). *Revisión y análisis de los test físicos empleados en tenis. Motricidad. European Journal of Human Movement, 26*, 105-122.

Silva V.A., Bottaro M., Justino M.A., Ribeiro M.M., Lima R.M. & Oliveira R.J. (2007). Maximum heart rate in Brazilian elderly women: comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol*; 88:314-20

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1244.

Vargas Pinilla, O.C. (2014). Ejercicio y entrenamiento en altura: efectos fisiológicos y protocolos. *Revista Ciencias de la Salud, [S.I.]*, 12(1), p. 115-130.

Wenger, H.A. & Green, H.J. (2005). *Evaluación fisiológica del deportista*. Editorial Paidotribo.

Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (Color). Editorial Paidotribo.

Wong, D. P., Chan, G. S. & Smith, A. W. (2012). Repeated-sprint and change-of-direction abilities in physically active individuals and soccer players: training and testing implications. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2324-2330.

Zubillaga, A. (2006). *La actividad del jugador de fútbol en alta competición: análisis de variabilidad*. [Tesis Doctoral] Universidad de Málaga.

## ANEXO

### *Anexo A. Consentimiento informado*

TEMA DE INVESTIGACIÓN: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO EN FUTBOLISTAS DE UN EQUIPO PROFESIONAL ADSCRITO A LA PRIMERA B DE COLOMBIA, DURANTE LA COMPETICIÓN A GRANDES ALTURAS GEOGRÁFICAS.

INVESTIGADORES: JONATHAN DAVID GÓMEZ RODRÍGUEZ Y ARLEX DUVAN HERMOSA VALLEJO

SITIO DONDE SE REALIZARÁ EL ESTUDIO: ESTADIO FRANCISCO ESCOBAR, PALMIRA - VALLE Y ESTADIO LA INDEPENDENCIA, TUNJA - BOYACA.

NOMBRE DEL PARTICIPANTE: \_\_\_\_\_

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación deportiva la cual tiene como objetivo analizar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas de Atlético Fútbol Club de la primera b de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas en la temporada regular 2017. Entre los beneficios que esta investigación tendrá para las deportistas se pueden resaltar: la realización de esfuerzos en presencia de lactato en diferentes alturas geográficas y así poder analizar la capacidad de tolerar contracciones explosivas ante lactato más elevado. Los riesgos o contraindicaciones implícitos en el desarrollo de esta investigación son mínimos, por ejemplo: mareo, dolor de cabeza entre otras.

Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar al investigador sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas respecto al tema. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada. Además de lo anterior se le recuerda al entrenador, a cargo que todos los datos e información suministrada se maneje con total confidencialidad.

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

\_\_\_\_\_  
**Firma del participante o del padre o tutor**

\_\_\_\_\_  
**Fecha**

\_\_\_\_\_  
**Firma Investigador**

## MANUSCRITO A MANERA DE ARTÍCULO

---

Comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas de un equipo profesional adscrito a la primera B de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas.

Arlex Duván Hermosa Vallejo<sup>1</sup>, Jonathan David Gómez Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca, Programa De Deporte y Actividad Física, Popayán, Cauca, Colombia.

<sup>2</sup> Estudiante Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca, Programa De Deporte y Actividad Física, Popayán, Cauca, Colombia.

---

### Resumen:

Ser un jugador de futbol profesional en Colombia implica competir durante una temporada completa, la cual involucra alrededor de 16 partidos en la fase regular o clasificatoria para así pasar a una instancia final, si se clasifica, se jugarían 6 partidos más, esta competición se da constantemente en diferentes altitudes lo que trae consigo trastornos fisiológicos producto del variado ambiente al que es sometido el futbolista, situación que atenta contra el rendimiento de éste; por lo tanto, es importante conocer los cambios que se generan en el sistema energético anaeróbico láctico durante la competición en Palmira - Valle que se encuentra en 1.001 msnm, Tunja, Boyacá que está a 2.820 msnm. En equipos de futbol de nuestra región, ante el deterioro de otros sistemas permitiría comprender el papel que este desempeña y así establecer parámetros y procesos de entrenamiento, si es posible, que ayuden a contrarrestar los efectos en Palmira - Valle y Tunja – Boyacá, por ende, optimizar el rendimiento competitivo de los futbolistas que

hacen parte del equipo profesional de futbol Atlético FC.

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas del Atlético Fútbol Club de la primera B de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas en la temporada regular 2017.

**Palabras claves:** futbol, sistema anaeróbico láctico, metros sobre el nivel del mar (MSNM), ácido láctico, lactato.

### Abstrac:

Being a professional soccer player in Colombia involves competing for a full season, which involves about 16 games in the regular or qualifying phase to pass to a final instance, if it is classified, 6 more matches will be played, this competition is given constantly in different altitudes what brings physiological disorders product of the varied environment to which the footballer is subjected, a situation that threatens the performance of it; therefore, it is important to know the changes that are generated in the lactic anaerobic energy system during the competition in the height above

sea level in football teams of our region, before the deterioration of other systems would allow to understand the role that this plays and thus establish parameters and training processes, if possible, that help counteract the effects of height above sea level and therefore optimize the competitive performance of the players who are part of the professional soccer team Atlético FC. The present investigation had like general objective To analyze the behavior of the lactic anaerobic system in soccer players of the Athletic Soccer Club of the first b of Colombia, during the competition to great geographic heights in the regular season 2017.

**Keywords:** soccer, lactic anaerobic system, geographical height, lactic acid, lactate.

## 1. Introducción

En el presente informe se encuentra los hallazgos de la investigación denominada “Comportamiento del sistema anaeróbico láctico en futbolistas de un equipo profesional adscrito a la primera B de Colombia, durante la competición a grandes alturas geográficas”.

A continuación, el trabajo de investigación expone en el Capítulo I, toda la problemática de la población objeto de estudio que son los futbolistas de un equipo profesional conformado por 18 deportistas que están compitiendo en el torneo de la primera B de la Dimayor de Colombia, quienes están expuestos a jugar en diferentes alturas geográficas. También se encuentra la Justificación donde se expone la

importancia, la pertinencia, lo novedoso, lo viable y factible de esta investigación, después se encuentra el Objetivo General y los Específicos.

El Capítulo II muestra dentro de su Marco Teórico, los Antecedentes donde se toman bases de estudio nacionales e internacionales con varios autores investigativos del tema.

El Capítulo III, Metodología de la investigación, plantea el Método, las Variables, Población, Muestra, Criterios de inclusión y exclusión y el procedimiento como información base que provee datos para determinar el comportamiento del sistema anaeróbico láctico en los deportistas de nuestra región sometidos a grandes alturas geográficas.

El Capítulo IV, presenta los Resultados teniendo en cuenta los datos obtenidos.

En el Capítulo V, está la Discusión donde se puede enfocar el tema con base en las variables fisiológicas y físicas de los deportistas.

Finalmente, este estudio contiene en el Capítulo VI, las Conclusiones y Recomendaciones, donde se va a comprobar la hipótesis formulada, se resuelven dudas y se hacen aportes para las futuras investigaciones sobre este tema.

## 2. Metodología

El tipo de estudio es descriptivo porque nos permite estudiar en un momento determinado a un grupo de sujetos de edades diferentes. La investigación que se realizará es de tipo cuasi experimental, longitudinal en la que se obtendrá datos sobre la respuesta fisiológica del cuerpo

humano ante la competencia en las diferentes alturas.

Escamilla afirma que “dentro de la perspectiva cuasi-experimental, es particularmente útil para estudiar problemas en los cuales no se puede tener control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible, aun cuando se estén usando grupos ya formados” [1], método directo de evaluación mediante el uso de medidor de lactato y valoración de la frecuencia cardiaca, lo cual arroja información sobre el comportamiento del sistema anaeróbico láctico de los jugadores del equipo de futbol profesional de la primera B de Colombia, Atlético FC. Estos datos serán analizados y constituirán una información de carácter científico, que brindará datos valiosos para los preparadores físicos, con el fin de aportar en el desarrollo de programas de entrenamiento encaminados a contrarrestar las alteraciones fisiológicas producto de la competencia a diferentes alturas.

#### **Técnicas de recolección de datos:**

En primer lugar, se hace una evaluación fisiológica mediante Test de esfuerzo específico para futbol (RSA) con medición de lactato y frecuencia cardiaca, donde se registran las siguientes variables:

- Frecuencia Cardiaca máxima (para establecer zonas cardiacas)
- Velocidad máxima alcanzada por el deportista
- Producción máxima de lactato tras esfuerzo máximo
- Recuperación tras esfuerzo
- Oximetría

Después se utiliza un receptor GPS este debe recibir la señal de al menos tres satélites para localizar la posición. Un dispositivo de estas características puede calcular y registrar información referente a la velocidad y a la distancia recorrida principalmente. Los dispositivos receptores portátiles GPS se introducen en una pequeña mochila almohadillada (arnés) incorporada a la espalda del jugador, justo debajo del cuello. Además, estos dispositivos permiten registrar datos referentes al tiempo, posición, altitud y dirección, además de registrar la frecuencia cardiaca cuando el jugador está en posesión de una banda torácica. Por último, se manipuló el medidor de lactato donde requiere de los siguientes materiales: tirillas, lancetas, alcohol, guantes, tapabocas, gasa o algodón.

Primero que todo, se debe tener a mano y encendido el medidor de lactato portátil sus respectivas tirillas y lancetas, después se fija la zona de la toma de la muestra en este caso sería el lóbulo derecho de la oreja el cual se limpia con mucha precaución y se inspecciona para que no queden residuos en esta zona de la oreja, con la lanceta hacemos un pequeño pinchazo en el lóbulo derecho de la oreja, en caso que no salga sangre hacemos una pequeña presión alrededor, capturamos la muestra de la gota de sangre en la tirilla la cual tiene que estar limpia (libre de sudor o alcohol para una mejor muestra, por último, se pasa a colocar la tirilla en el medidor de lactato portátil la cual nos arroja el resultado en mili mol x litro (mmol/l) de sangre.

## Variables

Teniendo en cuenta los objetivos de la investigación se definen las siguientes variables de medición.

## Variables Dependientes

Tabla 14. Variables Dependientes

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Ácido láctico	Cuantitativa Continua	Ordinal
Frecuencia Cardíaca	Cualitativa discreta	Ordinal

Fuente: Propia

## Variables Independientes

Tabla 15. Variables Independientes

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad	Cuantitativa Continua	Razón
Genero	Cualitativa	Nominal
Peso	Cuantitativa Continua	Razón
Talla	Cuantitativa Continua	Razón
IMC	Cuantitativa Continua	Nominal
Experiencia competitiva	Cualitativa	Ordinal
Altura Geográfica	Cuantitativa discreta	Intervalo
Estrato Socio Económico	Cualitativa discreta	Ordinal
Procedencia	Cualitativa	Nominal

Fuente: propia

Como variables descriptivas de la población se establecen: edad, procedencia, talla, peso, años de práctica como profesional, posición de juego, frecuencia de entrenamiento a la semana, frecuencia de sesiones de entrenamiento a la semana, frecuencia de la competencia, altura,

condición física, ácido láctico, frecuencia cardíaca, oximetría.

## Procedimientos

### Procedimientos de medición.

- **Prueba de Sprint Repetidos (RSA).**

Se utiliza la prueba de RSA, con el fin de aplicar un estímulo que sea específico para el fútbol, y se desarrollará repitiendo 3 recorridos completos de 60mtr cada uno (30mtr + 30mtr sprints con un giro de 180°) separados entre sí por 20s de recuperación pasiva. Esta prueba fue diseñada para medir la habilidad de repetir "*sprints*", el cambio de dirección en el fútbol determinar la condición física a partir de la valoración del sistema anaeróbico láctico como evaluación inicial de los futbolistas [2].

Los atletas comienzan en una línea, corren 30m, tocan un cono con la mano y recuperan durante 20 segundos, después de este tiempo de recuperación pasiva, cada jugador de fútbol comienza de nuevo el sprint, ahí se completa un recorrido, Antes de iniciar de la prueba de RSA, los participantes se someten a un calentamiento de 15 minutos el cual incluye movilidad articular, ejercicios técnicos y carreras en varias direcciones, a una intensidad moderada, inmediatamente después cada jugador realiza la prueba de "*sprints*" repetidos. Cinco segundos antes del inicio de cada "*sprint*" se les avisa a los deportistas para que se acomoden en la línea de salida y esperen la señal acústica para arrancar.

Para esta investigación se busca encontrar la frecuencia cardíaca

máxima establecida como el estadístico representativo de los valores de frecuencia cardiaca durante la prueba y a partir de ésta establecer los umbrales como parámetro de valoración inicial, los registros se obtienen a partir del uso de pulsómetro de banda en el pecho. Se toman también registros de lactato con un analizador al inicio, intermedio y al final de la prueba a través de una pequeña incisión en el lóbulo de la oreja derecha justo antes de calentamiento, e inmediatamente después de un par de series de la prueba RSA, también se toma 10 y 15 min después de la prueba. El lóbulo de la oreja se limpia con un algodón empapado en alcohol, se seca y luego se punza con una lanceta para la muestra de sangre que quedaba almacenada en tubos capilares para determinar la sangre.

### **Procedimientos de intervención**

El desarrollo de esta investigación se lleva a cabo en 3 fases:

#### **Fase 1:**

- a. Se hace una caracterización de la población.
- b. Se realiza un registro de la frecuencia cardiaca de reposo, pidiéndole a cada jugador que se mantenga por 10 minutos posición decúbito supino.
- c. Se hace un calentamiento y posteriormente se aplica a cada uno de los deportistas involucrados en el proceso un test de carga máxima específico para el futbol denominado Sprint Repetidos (RSA) con el fin de obtener de éste, parámetros fisiológicos de base, tales como la frecuencia cardiaca máxima, la

acumulación de lactato en sangre y el aclaramiento de lactato en su proceso de recuperación.

#### **• Realización del Test RSA**

Antes de iniciar de la prueba de RSA, los participantes se someten a un calentamiento de 15 minutos el cual incluye movilidad articular, ejercicios técnicos y carreras en varias direcciones, a una intensidad moderada, luego los atletas comienzan en una línea 0, corren 20m, tocan un cono con la mano y recuperan durante 20 segundos, después de este tiempo de recuperación pasiva, cada jugador de fútbol comienza de nuevo el sprint, ahí se completa un recorrido, cinco segundos antes del inicio de cada "sprint" se les avisa a los deportistas para que se acomoden en la línea de salida y esperen la señal acústica para arrancar, se deben realizar 3 recorridos completos, inmediatamente terminada la prueba se hace el registro del lactato con el medidor de lactato obteniendo la sangre mediante punción en el lóbulo de la oreja, este procedimiento se repite al minuto 10 para establecer cómo se dio el aclaramiento.

Durante todo el tiempo que dure la prueba los deportistas llevan puesto un chaleco canguro, en el cual va el dispositivo GPS Garmin con el que se registra el comportamiento de la frecuencia cardiaca específicamente la frecuencia cardiaca máxima, la cual más adelante nos servirá para establecer los umbrales y zonas de carga física que propone Karvonen, así como la fórmula para establecerlas.



## Fase 2

Durante un partido realizado en Palmira - Valle y otro en Tunja – Boyacá, los jugadores usan el dispositivo GPS con el chaleco, en este se está registrando en tiempo real el comportamiento de la frecuencia cardiaca, cuanto tiempo permanece en cada zona física y cuánto tiempo estuvo por encima del umbral anaeróbico.

### -Dispositivo garmin 1000

La utilización provee un sistema GPS, así como la incorporación de un monitor de frecuencia cardiaca, permite valorar y cuantificar la carga del entrenamiento en tiempo real, a partir de desplazamientos y acciones que ejecuta el deportista. El instrumento GPS cuenta con las siguientes funciones:

#### -Velocidad.

Determina la velocidad máxima y media del desplazamiento realizado por el deportista.

#### -Distancia.

Mide el recorrido total llevado a cabo por el deportista, principalmente se expresa en kilómetros. Asimismo, la función de posicionamiento global GPS, contribuye al análisis y la observación de los recorridos realizados, ya sea de manera general, así como de manera específica, en relación con el tiempo total de la actividad deportiva.

#### -Frecuencia Cardiaca (FC).

La frecuencia cardiaca es una medida que se utiliza para determinar la intensidad del ejercicio, esta se expresa en pulsaciones por minuto (ppm).

## -Registro de datos.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas

Estadísticas descriptivas					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad (años)	8	19	26	23,00	2,070
Peso (kg)	8	70,00	82,00	77,1250	3,64251
Talla (cm)	8	169,00	183,00	177,1250	5,84166
N válido (según lista)	8				

Fuente: propia

Según Monje la información que se obtiene, se utiliza para el análisis de los datos, en busca de determinar y valorar las relaciones existentes entre las variables estudiadas.

### -Con el medidor de lactato Lactate Scout 4.

Inmediatamente terminado el primer y segundo tiempo, a cada jugador se le toma un registro de lactato, nuevamente del lóbulo de la oreja, además otra toma 10 minutos después para registrar el aclaramiento.

## Fase 3

Se hace el análisis a partir de la descripción, cruce de variables y la comparación de resultados obtenidos entre el equipo mismo.

### Resultados y discusión

Los datos obtenidos permitieron tener un conocimiento de cómo se encuentra cada deportista, para analizar qué cambios surgen cuando están en competencia a bajas alturas como en Palmira - Valle que se encuentra en 1.001 msnm y a grandes

alturas geográficas como Tunja - Boyacá que está a 2.820 msnm.

**Tabla 4. Estadísticas descriptivas**

Estadísticas descriptivas					
	N	Míni mo	Máxi mo	Media	Desv. típ.
Edad (años)	8	19	26	23,00	2,070
Peso (kg)	8	70,00	82,00	77,1250	3,64251
Talla (cm)	8	169,00	183,00	177,1250	5,84166
N válido (según lista)	8				

Fuente: propia

- Son 11 los jugadores que integran un equipo de futbol dentro del terreno de juego cuando ya se inicia el partido, en este caso, no se toman datos al portero ya que el sistema que predomina en ellos es el anaeróbico aláctico, por lo tanto, se trabajó con el 100% de la población que equivale a 8 jugadores de diferentes posiciones de juego, esto es debido a que solo juegan 10, porque todos no son habitualmente titulares en su club.
- El 50% de los deportistas están entre los 19 y 23 años de edad y el resto de 23 a 26 años de edad, por lo tanto, el deportista con menor edad es de 19 años y el de mayor edad tiene 26 años, por lo que existe una homogeneidad en cuanto a la edad ya que la desviación atípica es de 2,070.
- Respecto al peso, el 50% de los deportistas se encuentran entre los 70kg hasta los 77,1250 kg y los demás se encuentran entre los 77,1250kg hasta 82kg. Hay

homogeneidad ya que la desviación atípica en cuanto al peso no es mucha es de 3,64251.

- Y con relación a la talla, se advierte que el 50% de los deportistas se encuentran entre 169cm hasta 177,1250cm y los otros deportistas se encuentran entre 177,1250cm hasta 183cm en la talla, por lo que el deportista con menor estatura tiene 169cm y el más alto tiene 183cm, la desviación atípica es muy alta, 5,84166 ya que se encuentra una diferencia relevante entre la talla de los deportistas.

### Discusión

En el presente estudio, teniendo en cuenta los datos y resultados obtenidos, se determinaron 2 puntos específicos a analizar, los cuales se tornan de gran importancia para establecer el rendimiento de los deportistas cuando son sometidos a proceso de competencia a grandes alturas geográficas, por un lado las variables fisiológicas que dan muestra del funcionamiento corporal, por el otro se tiene que las variables físicas que no hablan del rendimiento con respecto al juego, la relación de estas permiten establecer el comportamiento del sistema anaeróbico cuando se compite a grandes alturas.

### Variables Fisiológicas

Como primer punto se encuentra que los valores referentes al desarrollo del juego tanto en la altura habitual donde se vive y se entrena, así como en Tunja, Boyacá, hay que tener en cuenta que en ambas ocasiones el equipo jugó de visitante con equipos

que se encuentran en la tabla de posiciones por encima de él y en ambas ocasiones el equipo necesitaba la consecución de puntos que le permitiera entrar a los 8 para poder disputar la fase final y así aspirar a conseguir el título de campeón para ascender a la máxima categoría del fútbol Colombiano, objetivo primordial por el que lucha Atlético FC.

### **El sistema anaeróbico láctico en condiciones de hipoxia**

El análisis del sistema anaeróbico se puede llevar a cabo a partir de 2 ítems:

1. Por un lado, la frecuencia cardíaca, donde a partir de los datos obtenidos en la prueba RSA estable las zonas de entrenamiento y el umbral anaeróbico para así mediante el GPS utilizado durante el partido establecer los tiempos que se mantuvo el jugador en cada zona, teniendo en cuenta que las anteriores variables físicas evidencian el esfuerzo realizado entre Tunja, Boyacá y Palmira - Valle zona de altura habitual de trabajo.
2. Por otro lado, se tiene que la producción de lactato considerado el indicador de rendimiento más importante del cuerpo humano y que se presenta como el marcador específico del funcionamiento del sistema anaeróbico láctico, el registro de lactato nos evidencia la utilización de este sistema energético durante el juego y a su vez nos da pautas con respecto al rendimiento físico.

### **Frecuencia cardíaca**

La frecuencia cardíaca se establece

como un indicador cuantitativo, el cual permite establecer la intensidad del esfuerzo realizado por parte de los futbolistas durante la competencia.

Marins, Marins & Fernández [3], manifiestan que en la prueba RSA y en las competencias a la altura habitual como a gran altura, se hizo el registro de la frecuencia cardíaca máxima; en los datos obtenidos podemos observar que en la altura de Boyacá el 88% de los evaluados no alcanzó la frecuencia cardíaca máxima obtenida a partir de la prueba RSA, estos valores estuvieron por debajo hasta en un 5% de lo alcanzado en el test y a la altura habitual de trabajo a pesar de presentar un esfuerzo similar al que se dio en la competencia en Palmira, en el 12% restante se obtuvo un registro similar alcanzado en la valoración por Test; por otro lado los registros obtenidos de frecuencia cardíaca máxima de la competencia en Palmira con respecto a la prueba RSA arrojaron valores no superiores al 0.5% por debajo, diferencia que no se considera significativa.

Por otro lado, al comparar los registro de tiempo de actividad en cada zona cardíaca indica que durante la competencia a la altura habitual (Palmira), los valores en el 100% de los deportistas se modificaron de manera significativa, el tiempo de trabajo del miocardio en zona anaeróbica fue mucho mayor en la altura, se evidencian registro de tiempo en zona 4 y 5 superiores al 40%; la zona 4 que representa para cada deportista la zona de umbral anaeróbico tuvo un incremento entre el 40 y 50% de tiempo en zona en el 25% los deportistas, entre el 51 y 60%

en un 38% de deportistas, entre el 61 y 70% en un 13% de deportistas, entre el 80 y 90% en el 13% de los deportistas y mayor al 90% en el 12% de los deportistas, valores de aumento de trabajo en una zona anaeróbica que es significativamente alto, de la misma manera se observa que hay un aumento considerable en el tiempo de actividad en la zona 5 en la totalidad de los deportistas, entre el 40 y 50% de aumento en tiempo en el 25% de los deportistas, entre el 51 y 60% en el 25% de los deportistas, entre el 61 y 70% en el 25% y entre el 71 y 80% el 25% de los deportistas, al igual que en la zona 4, se presentaron valores de aumento en tiempo de trabajo cardiaco en zona 5 bastante altos; teniendo en cuenta los valores que representa el aumento total en las zona anaeróbica (4 y 5) vemos que en promedio en tiempo durante la competencia en la altura habitual es 28:3 minutos, lo que corresponde a un 31,7% del tiempo de juego, cuando se compitió a la altura por encima de 2500 msnm el valor en estas zona anaeróbicas (4 y 5) en los jugadores fue en promedio en tiempo de 43:09 minutos, un 48% del tiempo de juego, se nota un aumento de 12 puntos porcentuales en la actividad cardiaca en zona consideradas anaeróbicas, casi la mitad del tiempo de juego reglamentario, situación que demuestra el gran esfuerzo cardiaco que se presenta en los jugadores para tratar de contrarrestar las complicaciones fisiológicas que concede la exposición aguda producto de la competencia a grandes alturas geográficas.

Como lo reflejan los resultados hay un cambio en el comportamiento cardiaco

el cual se evidencia primero por la incapacidad para alcanzar en determinado momento una frecuencia cardiaca máxima, como se da en la competencia en Palmira - Valle altura habitual y por otro el aumento considerable en el trabajo en zonas anaeróbicas, analizando la particularidades inmersas en el ambiente en alturas por encima de los 2500 msnm se tiene que existe una presión atmosférica baja la cual se sitúa alrededor de los 560 mm de hg, lo que propicia que haya una menor cantidad de moléculas de oxígeno por metro cubico en el ambiente, esto conlleva a que la cantidad potencial de moléculas que ingresa en la inspiración se vea afectada, siendo evidentemente una cantidad menor, otro parámetro que se da a partir de la baja presión atmosférica es la disminución en la presión parcial de oxígeno inspirado lo que a su vez provoca una disminución en la presión parcial alveolar de O<sub>2</sub>, circunstancia que altera considerablemente el intercambio gaseoso, estas 2 situaciones manifiestas impiden que se garantice la cantidad necesaria de O<sub>2</sub> en la sangre generando con esto una hipoxemia y una consecuente hipoxia debido a que también se limita la cantidad de O<sub>2</sub> que debe llegar a la célula para su adecuado funcionamiento disminuyendo así el rendimiento de ésta [4].

La hipoxia propicia que en la células se limite la recuperación celular por la disminución en la capacidad de producir energía por vías aeróbicas, ante esta situación el corazón se ve obligado a aumentar su frecuencia de contracción como medida compensatoria intentando

contrarrestar la falta de oxígeno a partir de la mejora en el flujo sanguíneo de tal forma que aumente la perfusión tisular y de esta forma intentar llevar más oxígeno a la células, esta situación es similar a la que se presenta en el sobre entrenamiento. Esta medida preventiva explica de alguna manera el por qué el corazón aumenta su actividad cardiaca llegando hasta zonas anaeróbicas y manteniéndose ahí por más tiempo y además por qué no se alcanzan valores de frecuencia cardiaca máxima como si se da en la competencia en Palmira - Valle.

En términos generales se observa que los jugadores cuando fueron sometidos a un esfuerzo físico en condiciones de hipoxia producto de una altura geográfica superior a los 2500 msnm manifestaron unas alteraciones en su frecuencia cardiaca que tienen incidencia directa sobre la condición física y esto a su vez en el accionar competitivo, de la misma manera tenemos, a partir de los datos logrados en el test deportivo, que la prueba RSA es de exigencia máxima y que cuando una prueba de evaluación fisiológica se realiza de manera adecuada, se pueden obtener registros de frecuencia cardiaca máxima y con este, factores de análisis como las zonas de entrenamiento, umbrales metabólicos, entre otras, los cuales se tornan concluyentes para la prescripción del ejercicio, así como también para la evaluación y determinación del comportamiento fisiológico [7].

Hay que destacar que la FCM estimada, además de ser utilizada como parámetro de control de la intensidad del esfuerzo, es un factor

que sirve como indicador de otros parámetros en el ejercicio. Esto sugiere que en hipoxia intermitente se consiguen una serie de adaptaciones a nivel de los sistemas orgánicos para acelerar los procesos de recuperación tras esfuerzos máximos que en sí mismos tienen un soporte energético de origen anaeróbico [5].

### **Variables físicas de rendimiento deportivo (distancia y velocidad)**

Dentro de los parámetros destacados tenemos la distancia recorrida, entendiendo que ésta variable se considera un ítem relevante por cuanto, en primera instancia, el rendimiento deportivo durante la competición en el fútbol puede indicarse a partir de la distancia total que se haya recorrido durante el juego [6], es decir que, el registro y la comparación de las distancias recorridas totales por parte de cada futbolista nos sirve como un indicador de rendimiento deportivo en la competencia específica, y en segunda instancia la distancia recorrida total en el fútbol permite explicar el esfuerzo realizado, se considera que la distancia recorrida explica en un 17% la cantidad de puntos alcanzados por un equipo durante el desarrollo de una competición [7]; es así como al confrontar la distancia recorrida entre la competencia que se llevó a cabo Palmira – Valle zona habitual de entrenamiento - 950 msnm (Palmira) y la realizada a 2800 msnm (Boyacá) las diferencias son concluyentes, solo el 12% de los jugadores recorrió un 1% por encima de la distancia con respecto a lo obtenido en la altura habitual, el 88% restante recorrió una

distancia total menor en la altura, específicamente el 13% de los deportistas recorrió un 10% menos del total recorrido a 950 msnm y el otro 75% su diferencia en disminución de recorrido se situó alrededor del 5%, esto en valores de distancia tenemos que la disminución recorrida presenta un rango de entre 500 y 1100 mts, distancia muy significativa que evidencia una disminución en el rendimiento deportivo de los futbolistas, en este orden de ideas está marcada diferencia se propicia debido a alteraciones fisiológicas producto de la exposición aguda a un ambiente hipóxico, el cual provoca variaciones en la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la presión inspirada de oxígeno, la saturación de oxígeno, el hematocrito, el intercambio gaseoso, entre otros, cambios funcionales que en el caso de los deportistas inciden de manera determinante en su realización deportiva [8]. Se puede afirmar además que estos valores obtenidos son significativos por cuanto se encuentran por fuera del fluctuación normal de recorrido que se presentan entre un partido y otro, el cual varía entre un 2% por encima o un 2% por debajo de la distancia recorrida total para cada partido [9], al igual que en la distancia recorrida, la cantidad de sprint realizados a máxima velocidad en Tunja, Boyacá también se disminuyó en un rango entre 20 y 30% menos con respecto a lo reflejado en Palmira - Valle, dato no menor y que obedece a la imposibilidad de recuperarse rápidamente tras el esfuerzo para iniciar uno nuevo, apartado anteriormente argumentado, situación que conlleva a una reducción

importante en esta variable; encontrar y analizar estas diferencias de distancia recorrida y cantidad de sprint realizados entre cada partido disputado permite afirmar que en ambos contextos competitivos los jugadores realizaron un esfuerzo pero la variable altura sobre el nivel del mar y al nivel del mar influyo de manera directa en el rendimiento deportivo. Otro de los ítems determinantes es la velocidad máxima, en este sentido se sostiene que la velocidad máxima comúnmente se relaciona con la capacidad de realizar acciones motoras a mayor intensidad de trabajo, componente que puede ser concluyente en la competencia y por ende en el resultado [10]. Este parámetro nos permite analizar los programas de entrenamiento y direccionarlo de acuerdo a la capacidad condicional de cada futbolista, circunstancia que resulta importante y decisiva en el futbol de alta competencia, como se refleja en los resultados obtenidos, se tiene que las variaciones de la velocidad registrados en la competencia en la altura habitual de trabajo contrastado con los resultados obtenidos a grandes alturas, en este caso los 2800 msnm de Boyacá, no denotan variaciones significativas, el resultado en el 50% de los evaluados fue una disminución de la velocidad máxima pero dicha disminución se encuentra por debajo del 3%, que para la velocidad que se maneja en los jugadores del equipo Atlético FC estarían en el rango entre los 0.5 y 0.7 km/h, el 50% restante alcanzó una velocidad de hasta un 2% más arriba en la altura que la conseguida a los 950 msnm, o sea 0.55 km/h, como se

observa, existe una paridad en los datos entre los que sobrepasaron la velocidad y para aquellos que no se dio esta situación, su rango por arriba o por abajo es mínimo, al comparar estos resultados con los obtenidos en las pruebas RSA no hay diferencias significativas tampoco, entendiendo así entonces que los registros obtenidos en los 3 momentos se ajustan a valores similares de ejecución y no presentan una marcada diferencia entre lo alcanzado en un lugar y otro, por ende se puede considerar que este apartado no se ve afectado de manera considerable por la exposición aguda a bajas y altas alturas geográficas, situación que va a beneficiar la competencia entendiendo que el desarrollo de la velocidad máxima para el fútbol es un factor importante para alcanzar el éxito en el partido [11].

### **Ácido láctico**

La producción de ácido láctico es directamente proporcional al esfuerzo generado por un deportista, en este caso, en la medida que el deportista aumenta la intensidad de un ejercicio, la producción de lactato se va a ir aumentando y esto a su vez va deteriorando el rendimiento deportivo [4], generalmente sucede así, es decir, un incremento de lactato en sangre superior a 4 ml/l indicaría la realización de un gran esfuerzo físico de alta intensidad, atendiendo que a este límite se le conoce como umbral anaeróbico [12], como se observa en los resultados obtenidos en la producción de lactato durante la competencia a la altura geográfica habitual y a la altura geográfica por encima de los 2500 msnm, en el 100%

de los casos se superó el denominado umbral anaeróbico lo que manifiesta una gran participación del sistema anaeróbico láctico en ambos contextos, situación que se genera cuando se llevan a cabo esfuerzos de alta intensidad, en este sentido revisando los datos encontrados en la investigación se puede argumentar que el fútbol es un deporte que requiere de grandes esfuerzos físicos y esto manifiesta una alta incidencia del sistema anaeróbico láctico que conlleva a la producción de altas cantidades de ácido láctico y por ende a una disminución del rendimiento deportivo producto de las alteraciones que se generan por la excesiva cantidad de lactato en las células; ya en cuanto a la comparación que se genera entre la competencia a diferentes alturas, se advierte que hay variaciones significativas en la producción de lactato entre la competencia a la altura habitual y la altura superior a los 2500 m.s.n.m, considerando que la ejecución de la actividad deportiva es muy similar en cuanto a esfuerzos, según los datos arrojados por el GPS, a la altura de Boyacá los registros de lactato fueron más bajos, el 37.5% de los participantes presentó una disminución en sus registros de ácido láctico por debajo del 50% con respecto a los producidos en el valle, otro 50% presentó una disminución entre el 52 y 65% en su disminución y el 12,5 restante reflejó valores por encima del 70%, situación que evidencia que la exposición deportiva aguda en condiciones ambientales de gran altura varía el funcionamiento fisiológico, específicamente la actividad anaeróbica, se podría

considerar en este punto que ante la disminución en la cantidad de moléculas de O<sub>2</sub> en los ambientes de gran altura geográfica y la afectación que esta conlleva en el sistema aeróbico se presumiría un aporte compensatorio significativo en el sistema anaeróbico que termine en exagerados niveles de ácido láctico, pero al revisar los resultados obtenidos se tiene que esta producción no es tan elevada como la que se da en los ambientes habituales de entrenamiento, esto refleja claramente alteraciones en el sistema anaeróbico láctico ante la exposición aguda de esfuerzos de alta intensidad en grandes alturas, este fenómeno podría estar asociado a un teoría llamada la paradoja del lactato, hipótesis que esboza que en condiciones de hipoxia aguda como las que se presentan en alturas superiores a 2000 msnm, la célula muscular manifiesta una caída en su pH que limita la glucólisis por inhibición de la enzima fosfofructoquinasa, esta caída es producto de la depleción del bicarbonato sanguíneo que interfiere como sustancia buffer o de taponamiento del lactato y de los iones H<sup>+</sup> propiciando con esto una acidificación intracelular [13], las enzimas Fosforilasa y Fosfofructoquinasa presentan propiedades reguladoras y catalíticas que sirven para controlar la glicolisis, cuando el PH se encuentra en valores cercanos a 6.3 del sistema anaeróbico láctico, en este punto la membrana celular se mantiene impermeable al bicarbonato, lo que conlleva a que no se dé la regulación del PH por parte de esta sustancia [14].

La manifestación de una baja producción de ácido láctico durante la realización de esfuerzos de alta intensidad en ambientes de hipoxia refleja una disminución en la capacidad de funcionamiento de la ruta metabólica glucolítica, lo que conlleva que se activen mecanismos compensatorios para la producción de ATP [15], la depreciación del rendimiento atlético en estas condiciones puede estar asociado, por un lado a que ante una baja del pH sarcoplasmático los iones H<sup>+</sup> en exceso que circundan libremente, ocupan los sitios de unión del Ca<sup>2+</sup> aumentando las necesidades de Ca<sup>2+</sup> para la contracción muscular, pudiendo afectar la Intensidad máxima del ejercicio que se realiza de manera repetitiva y levemente prolongado, y por el otro lado asociado a la recuperación por falta de O<sub>2</sub> en altitud, donde el metabolismo anaeróbico se ve afectado debido a que los tiempos de recuperación entre repeticiones deben ser más prolongados, esta situación se deriva de la disminución de la presión parcial de O<sub>2</sub> ambiental; ante una menor disponibilidad de moléculas de O<sub>2</sub>, propicia una hipoxemia y esta a su vez una hipoxia, del mismo modo se va limitando la cascada de transporte de oxígeno, aún en reposo, todo esto altera la llegada de una adecuada cuota de O<sub>2</sub> a la mitocondria situación que coarta el mantenimiento del continuo energético aeróbico y la posibilidad de la recuperación pos esfuerzo utilizando este sistema, es claro que la realización de esfuerzos físicos de alta intensidad como lo que se dan en el fútbol en condiciones de gran altura altera el funcionamiento del sistema



anaeróbico láctico generando con esto una baja en la producción de ácido láctico comparado con lo que se obtiene en altura media.

### **Conclusiones**

- a. Con esta investigación se logró caracterizar a los futbolistas del equipo profesional de Atlético Fútbol Club en las variables fisiológicas, evidenciándose que la edad promedio era de 20,9 años, realizaban prácticas 6 veces por semana y poseían una experiencia de juego mayor a diez años. El 100% de los futbolistas presento normopeso y la mayor producción de lactato se dio durante la competencia por encima de los valores obtenidos en el test que se realizó en la zona habitual de entrenamiento (valle).
- b. Respecto a las características fisiológicas podemos concluir que la población encontrada presento una frecuencia cardiaca y una saturación de oxígeno dentro de parámetros normales para la iniciación de la prueba y en su posterioridad.
- c. Frente a los resultados presentados en cuanto a la ruta metabólica anaeróbica láctica se evidencio que esta hace parte esencial en la competición en el fútbol, por cuanto los registros de ácido láctico evidencian una gran presencia de este sistema durante el juego.
- d. La exposición aguda a un ambiente de hipoxia como el que entregan altitudes por encima de los 2500 (msnm) provoca importantes variaciones en el funcionamiento del sistema

anaeróbico láctico que impiden una ejecución adecuada de las actividades propias del juego, situación que va a limitar el rendimiento deportivo en la altura.

- e. La alteración más relevante que se presenta con respecto al rendimiento físico ante la intervención del sistema anaeróbico láctico es la incapacidad del cuerpo para recuperarse en un sistema aeróbico de los continuos esfuerzos de alta intensidad que demanda la competencia en el fútbol.
- f. La posición de juego que manifiesta una mayor intervención del sistema anaeróbico láctico es la del lateral, esto es debido a las tareas que debe cumplir tanto en los procesos de ataque como defensa.

### **Referencias**

- [1] Escamilla, M. D. (2013). *Aplicación Básica de métodos científicos*. Hidalgo-México: Universidad Autónoma de Hidalgo.
- [2] Wong, D. P., Chan, G. S. & Smith, A. W. (2012). Repeated-sprint and change-of-direction abilities in physically active individuals and soccer players: training and testing implications. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2324-2330.
- [3] Marins, J. C. B., Marins, N. M. O. & Fernández, M. D. (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de

- ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251-258.
- [4] Vargas Pinilla, O.C. (2014). Ejercicio y entrenamiento en altura: efectos fisiológicos y protocolos. *Revista Ciencias de la Salud*, [S.I.], 12(1), p. 115-130.
- [5] Roels, B; David, J; Bentley, B; Coste, O; Mercier, J. & Gregoire, P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 10.1007/s00421-007-0506-8
- [6] Reilly, T. (2003). Aspectos fisiológicos del fútbol. *Publice standard*.
- [7] Morales, V.Á. & Araya, Y.C. (2016). La distancia total recorrida durante los partidos predice el rendimiento en la copa mundial de la FIFA Brasil 2014. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, (39), 123-131.
- [8] Myhre L.G., Dill D.B., Hall F.G. & Brown D.K. (1970). Blood volume changes during three-week residence at high altitude. *Clin Chem*; 16(1):7-14.
- [9] Zubillaga, A. (2006). La actividad del jugador de fútbol en alta competición: análisis de variabilidad. [Tesis Doctoral] Universidad de Málaga.
- [10] García Manso, J. Navarro, M. & Ruiz, J. (1998). Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo. Madrid, España: Editorial Gymnos.
- [11] Bradley, P. S., Di Mascio M., Peart, D., Olsen, P. & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343-51.
- [12] García Manso, J. M., Navarro, M. & Ruiz, J. A. (1996). Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte. Madrid: Gymnos.
- [13] Hall, I. (2001). High Altitude Medicine and Physiology. *Thorax*, 56(7), 586-586.
- [14] Wenger, H.A. & Green, H.J. (2005). Evaluación fisiológica del deportista. Editorial Paidotribo.
- [15] McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1996). Exercise at medium and high altitude. En: *Exercise Physiology, Four Edition*, Williams & Wilkins 24:483-428, 1996.