



UNIVERSIDAD DE CUENCA

---



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**  
**CARRERA DE CULTURA FÍSICA**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS DEL LACTATO SANGUÍNEO EN ENTRENAMIENTO INTERMITENTE-INTERVALADO DURANTE EL PERIODO COMPETITIVO EN JUGADORES DE SEGUNDA CATEGORÍA DEL FÚTBOL AZUAYO, CLUB ESTRELLA ROJA 2014”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Licenciada en Ciencias de la Educación, especialización Cultura Física.**

**Autora: Paulina Michelle Pino Arias**

**Director: Dr. Vicente Enrique Brito Vásquez**

**CUENCA – ECUADOR**

**2015**



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación analiza el comportamiento y evolución de la capacidad de resistencia aerobia – anaerobia en función del entrenamiento intermitente – intervalado, aplicado como metodología de trabajo durante la etapa competitiva, en un equipo de fútbol de segunda categoría. El estudio se realiza por medio del control de los niveles de acumulación de lactato y su relación con otros factores fisiológicos como, la frecuencia cardíaca alcanzada y, en el caso de las evaluaciones físicas el  $VO_2$  máximo. El proceso de control se lleva a cabo antes (evaluación física inicial), durante (semanas de entrenamiento) y después (evaluación física final) de la etapa. La investigación pretende conocer los efectos de la metodología propuesta de entrenamiento sobre la capacidad de resistencia especial de los jugadores, y en particular en el contexto de este tipo de equipos.

El desarrollo del presente proyecto se lo realiza en cinco capítulos, el primero hace referencia a los elementos orgánicos que interactúan en el ciclo energético y sus funciones, especialmente durante el ejercicio. El segundo capítulo corresponde a las características fisiológicas del fútbol y la propuesta de la metodología de entrenamiento intermitente – intervalado. En el tercer capítulo se aplica la propuesta planteada y se describe la metodología que se utilizó en cada uno de los procesos involucrados en la investigación. Por su lado el cuarto capítulo comprende el análisis estadístico de los resultados obtenidos y la discusión en base a las teorías expuestas previamente. Finalmente el quinto capítulo contiene las conclusiones del presente trabajo de graduación.

**PALABRAS CLAVE:** Entrenamiento Intermitente – intervalado, Ácido Láctico, Fútbol, Segunda Categoría.



## ABSTRACT

This graduation paper studies the behavior and evolution of the aerobic – anaerobic resistance capacity as result of the application of intermittent – interval training methodology during a competition stage, in a second category soccer team. The study is about the measurement of lactic acid accumulation levels, and his relation with other physiological factors as cardiac frequency reached and, in the case of physical evaluations,  $VO_2$  max. of each player. The control process goes on before (on initial physical evaluations), during (on training weeks) and after (on final physical evaluations) the competition. This research pretends to know the effects that the proposed training methodology causes in this particular kind of soccer teams.

The project uses five chapters for its development; the first one is about all the biological elements that participate in the energy cycle and each one of their functions especially during the exercise. The second chapter pretends the comprehension of soccer physiological features and contains the proposal of Intermintent – interval training methodology. The third chapter is the application of the proposal and describes the methodology of each stage involved in the research process. Fourth Chapter contains statistical analysis of obtained results and the discussion about exposed theories. Finally fifth chapter exposes the conclusions get from this graduation research.

**KEYWORDS:** Intermittent – interval training, Lactic Acid, Soccer, Second Category.



## INDICE

PORTADA.....	1
RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
INDICE .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	8
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR.....	9
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....	10
DEDICATORIA.....	11
AGRADECIMIENTO.....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
CAPÍTULO I .....	16
ÁCIDO LÁCTICO: ANTECEDENTES .....	16
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	16
1.2 GENERALIDADES.....	20
1.2.1 Fuentes Externas de Energía .....	20
1.2.1.1 Macronutrientes.....	21
1.2.2 La energía en el organismo .....	30
1.2.2.1 ATP, la fuente inmediata de energía .....	31
1.2.2.2 Sistemas energéticos del organismo.....	32
1.2.3 Metabolismo Aerobio y Anaerobio .....	41
1.2.3.1 Metabolismo Aerobio.....	41
1.2.3.2 Metabolismo Anaerobio.....	42
1.2.3.3 Interacción de los metabolismos .....	43
1.2.4 Ácido Láctico .....	43
1.2.4.1 Origen, vías y destino del Ácido Láctico.....	44
1.2.4.2 Lactato sanguíneo como fuente de energía .....	46
CAPÍTULO II .....	53
ENTRENAMIENTO DE FÚTBOL Y ÁCIDO LÁCTICO .....	53
2.1 ENTRENAMIENTO DEPORTIVO: GENERALIDADES.....	53



2.1.1 Clasificación del entrenamiento deportivo .....	53
2.1.1.1 Entrenamiento Aerobio .....	54
2.1.1.2 Entrenamiento Anaerobio .....	57
2.1.1.3 Entrenamiento Mixto (Aerobio- Anaerobio).....	59
2.1.1.2 Interacción de los sistemas en el ejercicio físico .....	60
2.1.2 Bases del Entrenamiento Deportivo.....	63
2.1.3 Métodos y medios de entrenamiento .....	65
2.2 PARTICULARIDADES DEL FÚTBOL .....	66
2.2.1 Características del fútbol .....	69
2.2.1.1 Características locomotoras del fútbol.....	69
2.2.1.2 Características Fisiológico–Metabólicas del Fútbol .....	71
2.2.1.3 Costo energético del fútbol .....	72
2.3 ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL FÚTBOL 74	
2.3.1 Entrenamiento Intervalado:.....	75
2.3.2 Entrenamiento Intermitente:.....	76
2.3.3 Entrenamiento Intermitente - Intervalado.....	77
CAPÍTULO III .....	79
METODOLOGÍA DE LA VALORACIÓN LÁCTICA EN EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE- INTERVALADO .....	79
3.1 METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE – INTERVALADO EN ETAPA COMPETITIVA.....	79
3.1.1 Volumen e intensidad del trabajo Intermitente - Intervalado .....	79
3.1.2 Manejo de la recuperación.....	80
3.1.3 Medición de la resistencia aeróbica como base del entrenamiento intermitente- intervalado .....	84
3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	84
3.2.1 POBLACIÓN.....	85
3.2.2 RECURSOS .....	86
3.2.3 PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN .....	87
3.2.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	90
CAPÍTULO IV .....	93



ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN DE LA VALORACIÓN LÁCTICA DE PRUEBAS FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO.....	93
4.1 DATOS DESCRIPTIVOS .....	93
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	97
4.2.1 Análisis correlacional entre factores de evaluaciones físicas .....	97
4.2.2 Análisis correlacional entre factores durante el entrenamiento.....	103
4.2.3 Relación entre niveles de ácido láctico y variables de: rendimiento físico, frecuencia cardiaca y posición dentro del campo de juego. ....	106
CAPÍTULO V .....	110
CONCLUSIONES.....	110
5.1 CONCLUSIONES RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES FÍSICAS .....	110
5.2 CONCLUSIONES RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ENTRENAMIENTO .....	112
BIBLIOGRAFÍA .....	114
CAPITULO VI.....	116
ANEXOS .....	116



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°- 1: Características de cada área del Continuum Energético .....	61
Tabla N°- 2: Características locomotoras durante un partido de fútbol .....	69
Tabla N°- 3: Características de los jugadores .....	86
Tabla N°- 4: Matriz de valoración láctica del futbolista .....	90
Tabla N°- 5: Edad de los jugadores.....	93
Tabla N°- 6: Grado académico alcanzado por los jugadores .....	94
Tabla N°- 7: Ocupaciones a las que dedican su tiempo los jugadores.....	95
Tabla N°- 8: Posición de los jugadores dentro del campo de juego .....	96
Tabla N°- 9: Resultado de análisis correlacional entre factores de la evaluación física inicial .....	97
Tabla N°- 10: Resultado de análisis correlacional entre factores de la evaluación física final .....	99
Tabla N°- 11: Valores medios de factores antes y después de la temporada de entrenamiento .....	101
Tabla N°- 12: Correlación entre factores durante las semanas de entrenamiento .....	103
Tabla N°- 13: Correlación entre lactato y rendimiento físico .....	106
Tabla N°- 14: División de niveles de lactato sobre y bajo la media, en resultados de evaluaciones físicas .....	107
Tabla N°- 15: Asociación entre lactato y frecuencia cardiaca en las semanas de entrenamiento .....	108
Tabla N°- 16: Asociación entre niveles de lactato y función de juego .....	109



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°- 1: Consumo de glucosa sanguínea según duración e intensidad del ejercicio .....	25
Gráfico N°- 2: Consumo de oxígeno y nutrientes durante el ejercicio prolongado .....	28
Gráfico N°- 3: Ciclo de Krebs .....	37
Gráfico N°- 4: Oxidación de los Hidratos de Carbono .....	38
Gráfico N°- 5: Concentración de lactato en sangre en reposo y durante ejercicio de corta duración y de intensidad creciente .....	50
Gráfico N°- 6: Representación gráfica del esfuerzo y recuperación .....	65
Gráfico N°- 7: Análisis fraccional de las distancias recorridas en el fútbol .....	70
Gráfico N°- 8: Representación gráfica del primer tercio de recuperación.....	81
Gráfico N°- 9: Software para calcular el VO2 máximo en el fútbol .....	88
Gráfico N°- 10: Niveles medios de lactato producidos durante las semanas de entrenamiento .....	104
Gráfico N°- 11: Niveles medios de frecuencia cardiaca producidos durante las semanas de entrenamiento .....	105





## CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca  
Cláusula de derechos de autor

PAULINA MICHELLE PINO ARIAS, autora del trabajo de graduación “ANÁLISIS DEL LACTATO SANGUÍNEO EN ENTRENAMIENTO INTERMITENTE-INTERVALADO DURANTE EL PERIODO COMPETITIVO EN JUGADORES DE SEGUNDA CATEGORÍA DEL FÚTBOL AZUAYO, CLUB ESTRELLA ROJA 2014”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Licenciada en Ciencias de la Educación especialización Cultura Física. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, Mayo de 2015

Paulina Michelle Pino Arias  
C.I: 0104669759



## CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca  
Cláusula de propiedad intelectual

PAULINA MICHELLE PINO ARIAS, autora del trabajo de graduación “ANÁLISIS DEL LACTATO SANGUÍNEO EN ENTRENAMIENTO INTERMITENTE-INTERVALADO DURANTE EL PERIODO COMPETITIVO EN JUGADORES DE SEGUNDA CATEGORÍA DEL FÚTBOL AZUAYO, CLUB ESTRELLA ROJA 2014”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Mayo de 2015

Paulina Michelle Pino Arias  
C.I: 0104669759



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hijita Luciana, por ser la motivación de mi vida. A mis padres Luz y Alonso y mi hermana Adriana por su apoyo y amor incondicional. A mis tíos Milton y Martha por su gran ayuda, y a mis abuelitos en la tierra y en el cielo por su ejemplo de vida y su bendición.



## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad de Cuenca y a su personal docente que con su sabiduría me guiaron y aconsejaron durante los años de mi Carrera; en especial a las personas que con mucho ahínco me ayudaron en la realización de este Trabajo de Graduación. En primer lugar al Sr. Doctor Vicente Brito Vásquez, honorable catedrático de la Universidad de Cuenca y Director de ésta Investigación, quien a su gran conocimiento relevante en la materia adicionó paciencia y buena disposición. Al Sr. Ingeniero Daniel Segarra Vanegas, Entrenador Profesional de Fútbol, por su apertura y colaboración en la realización del trabajo práctico de éste estudio. Al Sr. Master Teodoro Contreras por su valiosa colaboración. Y así, a todas las personas que de una u otra forma fueron partícipes en la consecución de este trabajo.



## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el desarrollo del deporte depende en gran medida de las ciencias aplicadas al mismo, teniendo cada día un mayor estudio la utilización de métodos científicos como herramientas de control del rendimiento deportivo tanto en entrenamiento como en competencia. Sin ser excepción, el fútbol se sirve de la ciencia y sus procesos para mejorarlo. Uno de los métodos aplicados para el control, diagnóstico y pronóstico del rendimiento en esta disciplina es la medición de niveles de lactato sanguíneo.

En base a las investigaciones realizadas por el Dr. Juan Carlos Mazza respecto al metabolismo de ácido láctico en el fútbol, este estudio propone la medición de los niveles de ácido láctico como métodos de control del rendimiento en el entrenamiento de la resistencia especial en jugadores de segunda categoría del “Club Estrella Roja” de la ciudad de Cuenca durante la etapa competitiva zonal.

La metodología de entrenamiento sobre la cual se va a realizar el estudio del comportamiento del lactato, es el método intermitente – intervalado. Según el Dr. Juan Carlos Mazza las últimas tendencias de preparación física de fútbol, señalan al ejercicio interválico como necesario para el desarrollo y mantenimiento de la capacidad aeróbica del organismo, y al ejercicio intermitente como el más indicado para trabajar la capacidad anaeróbica y estimular el mecanismo de producción- remoción del lactato (cualidad determinante en el fútbol). Por lo tanto se considera que el método intermitente



– intervalado, es decir la combinación de los dos métodos, al manejarse con cargas adecuadas, es el ideal para el mantenimiento o mejora de la resistencia específica durante la etapa competitiva.

Para la aplicación de la propuesta se realizarán controles en las diferentes fases de la etapa competitiva: en evaluaciones físicas antes de comenzar la etapa como al finalizarla, y durante las semanas de entrenamiento, específicamente en los días que se trabaje la resistencia especial. El control se realizará por medio de la toma de muestras de sangre para su medición directa en analizadores de lactato, además se llevará control de la frecuencia cardiaca para su posterior análisis con respecto a los niveles de lactato.

La importancia de este estudio radica en el análisis científico sobre los efectos que causa la aplicación del entrenamiento intermitente – intervalado en equipos de fútbol y de manera especial en segunda categoría. Puesto que no se evidencian investigaciones que se hayan realizado en este tipo de equipos, es necesario conocer con bases objetivas, si la metodología engrana con las condiciones sociodemográficas particulares de estos grupos.

Además el presente estudio dará respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Los niveles de frecuencia cardiaca alcanzados en el trabajo corresponden al esfuerzo muscular realizado? ¿Existe correlación entre los niveles de acumulación de lactato y el VO<sub>2</sub> máximo? ¿Influye la posición dentro del campo de juego como factor determinante en los niveles de ácido láctico producidos por los jugadores?



El estudio proporcionará una base de resultados que permitirá trabajar la capacidad de resistencia especial del futbolista en base a parámetros reales como punto de partida, además fomentará la investigación científica en el campo deportivo de segunda categoría del fútbol azuayo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Aplicar la medición de ácido láctico sanguíneo como método directo de control del rendimiento en el trabajo intermitente-intervalado de la preparación física especial del equipo “Estrella Roja 2014” durante la etapa competitiva zonal.

### **Objetivos Específicos:**

- Analizar la eficacia de la metodología de entrenamiento intermitente – intervalado en equipos de segunda categoría de fútbol azuayo.
- Analizar el comportamiento del ácido láctico durante el transcurso de las semanas de entrenamiento de la etapa zonal del campeonato.
- Comparar los niveles de ácido láctico alcanzados en relación a las variables de: frecuencia cardiaca, posición dentro del campo de juego y evaluaciones físicas.



## CAPÍTULO I

### ÁCIDO LÁCTICO: ANTECEDENTES

#### 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Dentro de la Fisiología del Ejercicio, la relación entre el aumento del lactato sanguíneo y la aparición de la fatiga muscular ha sido un tema muy controversial, por lo que ha generado un sin número de estudios a través de los tiempos; siendo justamente los resultados de las investigaciones, los que han llevado al ácido láctico a pasar de un concepto erróneo hacia otro concepto mucho más complejo y acertado dentro del campo del entrenamiento deportivo. Estos conceptos y teorías serán analizados desde el descubrimiento del ácido láctico hasta su percepción en la actualidad.

El primer paso en la historia del ácido láctico fue su descubrimiento en 1780 por el químico sueco Carl Wilhem Scheele al intentar aislarlo de leche ácida. (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2008). El siguiente paso lo dio Berzelius quien en 1808 demostró su presencia en tejido tanto animal como humano y asoció la producción de lactato con la contracción muscular; a éste inicio se suma el importante aporte de Claude Bernard quien relacionó el nivel de concentración de lactato con la cantidad de músculo ejercitado y éste descubrimiento llevo hacia otros estudios los cuales constataron que la anoxia y la hipoxia estimulan la producción de ácido láctico en la célula. (Hernando Domingo, 2007)

El descubrir la existencia del ácido láctico y posteriormente confirmar su presencia en el tejido muscular humano tuvo trascendencia el momento de vincularlo y estudiarlo en su función al realizar ejercicio. Es lógico que aquel descubrimiento tomara este rumbo al ser el ejercicio una actividad que se ha desarrollado de la mano del hombre y que ha incidido desde siempre en su evolución y progreso.





En 1871 Herman, identificó la capacidad que tenían los músculos de contraerse sin un aporte adicional de oxígeno, y que podían mantener esa contracción durante un periodo prolongado; Fletcher y Hopkins en 1907, confirmaron ésta teoría al encontrar cantidades acumuladas de lactato en fibras musculares de anfibios que habían sido aisladas después de ser sometidas a estímulos hasta llegar al agotamiento en condiciones de anoxia. (Hernando Domingo, 2007) A su vez, estos mismos autores, demostraron que el ácido láctico se producía durante la contracción muscular, observando que la producción de lactato era escasa en presencia de oxígeno y que se elevaba en condiciones anaerobias, (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2008)

En 1908 Boycott y Haldane estudiaban la existencia de un déficit de oxígeno durante la realización de ejercicios extenuantes acompañada de la formación de ácido láctico suponiendo a ese déficit como causa de la producción de lactato. Un año después Douglas y Haldane, de igual manera, enfocándose en los fenómenos que ocurren en el ejercicio intenso, llegan a afirmar que el incremento de la frecuencia respiratoria en este tipo de actividad era consecuencia del aumento de lactato producido en el mismo. (Hernando Domingo, 2007)

De esta manera iban cimentándose las bases para las hipótesis que involucran al ácido láctico con la escasez de oxígeno y con la fatiga; orientando el concepto del lactato como un elemento negativo causante de la acidosis y el agotamiento físico. Para el avance de esta perspectiva y en sí sobre el conocimiento del comportamiento del ácido láctico durante el ejercicio, fueron muy importantes los aportes brindados por algunos autores.

Meyerhoff, quien se dedicó al estudio del comportamiento del ácido láctico realizando investigaciones desde 1911 a 1925, dedujo la existencia de una fase aerobia y una anaerobia durante la contracción muscular, además determinó que el origen del ácido láctico provenía del metabolismo de la glucosa y el glucógeno, y llegó a la conclusión que el ácido láctico es el responsable de “disparar” la contracción muscular.



Aportes muy significativos también fueron los de Hill y cols. en 1924 quienes demostraron que el incremento en la concentración de ácido láctico en la sangre se debía a un desequilibrio entre el oxígeno disponible para la obtención de energía en los músculos activos y el oxígeno requerido para el esfuerzo realizado; sentando así la idea de que el lactato producido era consecuencia de un aporte insuficiente de oxígeno. (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2008)

De acuerdo con lo establecido por Ana Martín Morrell los estudios que se realizaron hasta esa época establecieron una conexión entre anaerobiosis, producción de ácido láctico, y acidosis determinando como causa-efecto a la producción de lactato y la acidosis respectiva. Fueron los trabajos de Meyerhof y Hills los que proporcionaron esta idea al mundo científico y fueron aceptadas al punto de los autores haber obtenido un premio Nobel por sus investigaciones en 1922. (2007)

Más tarde en 1927, Douglas y Haldane observaron que era posible realizar cargas progresivas de trabajo sin tener acumulación de lactato sanguíneo como resultado, pero que al llegar a una determinada intensidad de ejercicio la concentración de lactato en la sangre empezaba a acumularse progresivamente, aproximándose así al concepto de umbral anaeróbico. (Hernando Domingo, 2007)

Entre 1927 y 1928 se dan grandes pasos en la Fisiología del Ejercicio, con el descubrimiento del ATP y la fosfocreatina se profundizan los conocimientos sobre el funcionamiento energético del organismo y de la mano de ello, se dan avances en investigaciones sobre el comportamiento del ácido láctico.

Así, en 1930 Owles demuestra la posibilidad de realizar ejercicios de intensidad moderada sin un aumento de concentración de lactato en la sangre, pero al rebasar una carga de trabajo determinada y particular para cada persona, las concentraciones aumentaban veloz y progresivamente, a este punto se lo llamo “punto de nivel metabólico crítico” o “punto de Owles”. (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2008)



Wasserman y Mc Ilory en 1964, deducen formas de detectar la intensidad del ejercicio a partir de la cual el metabolismo anaerobio es el principal encargado del aporte de energía al músculo; una de las vías para detectar ese punto es el incremento de la concentración de lactato en la sangre. (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2008)

En este punto es posible diferenciar la evolución de la percepción que se tenía sobre la función del ácido láctico en el organismo, ya en estas épocas se relaciona de manera directa a la producción alta, baja, o a la no producción de lactato sanguíneo, con la intensidad del ejercicio realizado.

Estos son algunos de los antecedentes más destacados del siglo pasado, estos investigadores y sus conceptualizaciones sobre el ácido láctico tuvieron credibilidad absoluta en su momento; sin embargo en aquellas épocas se carecía de conocimiento suficiente sobre la respiración celular y sus elementos como lo es el papel de la mitocondria en la misma. Además éstas aceptadas teorías se basaron en correlaciones entre las partes, y es conocido de sobre manera en el mundo científico que una correlación no implica necesariamente causa-efecto.

Como lo menciona Juan Carlos Maza, en la última década muchos estudios han obtenido conocimiento sobre la dinámica del lactato tanto en condiciones basales, en períodos post- esfuerzo e incluso durante el mismo con diferentes cargas en cuanto a volumen, intensidad, recuperación y frecuencia de estímulos de trabajo, por lo tanto los avances han sido muchos y la visión sobre el ácido láctico ha evolucionado con ello. Según Ana Martín Morrell, en la actualidad se conocen varios aspectos que difieren de las teorías pasadas y tienen relevancia en los siguientes puntos al respecto:

- La producción de lactato es fundamental en el músculo para continuar la regeneración del ATP glucolítico.
- La producción de lactato consume dos protones y como consecuencia retarda la acidosis.



Después de hacer una revisión sobre los cambios que ha sufrido el concepto del ácido láctico desde su descubrimiento hasta la actualidad, bajo argumentación científica, se considera que el ácido láctico ha pasado a través del tiempo del papel del “malo de la película” a reconocerse como un elemento fundamental en el ciclo de la energía del organismo y como un factor determinante en el entrenamiento deportivo.

## **1.2 GENERALIDADES**

### **1.2.1 Fuentes Externas de Energía**

Lo dijo Antoine Lavoisier químico, biólogo y economista francés, en la ley de la conservación de la materia: “La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”. Y en efecto, son ciclos de transformaciones entre materia y energía lo que ocurre en la naturaleza y preserva la vida; de la misma manera los procesos que ocurren en el organismo son una clara muestra de la interdependencia entre el entorno y el interior que confirman lo postulado por Lavoisier.

Según Wilmore y Costill (2007), toda la energía tiene su origen en el sol como energía lumínica, las plantas la transforman y almacenan, y las personas obtenemos esa energía comiendo aquellas plantas o los animales que se alimentan de ellas. La energía se almacena en los alimentos en forma de hidratos de carbono, grasas y proteínas, estos componentes alimenticios se descomponen en nuestro organismo para liberar la energía acumulada.

La energía que liberan los alimentos al degradarse, se utiliza en la resíntesis de compuestos químicos, algunos de ellos “ricos en energía”, los cuales también se desintegran liberando más energía que el organismo utiliza para realizar trabajo biológico. Entre esas actividades biológicas se encuentra el trabajo muscular, así los músculos convierten en energía mecánica o cinética parte de la energía química que contienen los alimentos que consumimos. (Fox, 1989)



Por lo tanto nuestras células tienen la capacidad de transformar el alimento que consumimos, en energía biológicamente utilizable, fenómeno que se da en el interior del cuerpo por medio de un sinnúmero de procesos químicos. Esos alimentos que ingerimos se dividen en: micronutrientes, que son necesarios pero en cantidades pequeñas, y macronutrientes que deben ser consumidos en grandes cantidades. Para este estudio nos enfocaremos en la descripción de los macronutrientes.

### **1.2.1.1 Macronutrientes**

En la ingesta diaria se encuentran las fuentes de abastecimiento de energía en forma de hidratos de carbono, lípidos y proteínas, ellos proveen el combustible necesario para mantener las funciones del organismo tanto en estado de reposo como en la realización de actividades físicas. Estos alimentos o nutrientes, influyen directamente en las respuestas del organismo ante el entrenamiento ya que son responsables de mantener y potenciar su integridad funcional y estructural. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

Estos nutrientes son los que el organismo humano requiere consumir en grandes cantidades, tanto por su importante aporte de energía necesario para las múltiples reacciones metabólicas, así como para la construcción de tejidos, sistemas y mantenimiento de las funciones corporales en general. Los macronutrientes son los hidratos de carbono, lípidos y proteínas, y serán descritos a continuación.

- **Hidratos de Carbono (Glúcidos)**

Los hidratos de carbono o glúcidos son compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Existen desde azúcares simples hasta polímeros muy complejos. Su clasificación se da según el número de moléculas de azúcar que contengan: monosacáridos (como la glucosa y fructosa), disacáridos (como la sacarosa y lactosa), y polisacáridos (como el almidón, glucógeno y celulosa).



En el organismo, los glúcidos funcionan básicamente en forma de glucosa. La glucosa proviene de dos fuentes: la descomposición de los hidratos de carbono y de las reservas de glucógeno muscular y hepático. El glucógeno se forma a partir de glucosa por un proceso llamado glucogénesis, luego es almacenado en los músculos y el hígado hasta que se necesita de él, en ese momento vuelve a convertirse en glucosa mediante otro proceso denominado glucogenólisis. (Wilmore & Costill, 2007)

Los carbohidratos representan la mayor fuente de energía para el organismo. La glucosa es indispensable para mantener la integridad funcional de los tejidos nerviosos, así como es necesaria para el metabolismo normal de las grasas. La fuente principal de glúcidos se encuentra en la ingesta diaria, en alimentos de origen vegetal (excepto de la lactosa que es el azúcar de la leche), en plantas como cereales, frutas, verduras, así como azúcar de mesa.

### ***Clasificación de los Hidratos de Carbono***

**a) Monosacáridos** Los monosacáridos más importantes en el aspecto nutritivo son la glucosa, fructosa y galactosa.

La glucosa se encuentra como un azúcar natural en los alimentos o se produce en el cuerpo por medio de la digestión (hidrolisis) de carbohidratos más complejos. La gluconeogénesis sintetiza glucosa, principalmente en el hígado y después de absorberse en el intestino delgado, la glucosa toma tres caminos:

- Se utiliza directamente por la célula para obtener energía.
- Se almacena como glucógeno en los músculos y en el hígado.
- Se convierte en grasas como almacenamiento de energía. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

**b) Disacáridos:** Son producto de la combinación de dos moléculas de monosacáridos. Todos estos contienen glucosa como principal componente.



Los disacáridos más importantes son sacarosa, lactosa y maltosa. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

**c) Polisacáridos:** Estos resultan de la unión de varios azúcares, pueden ser de origen vegetal y animal. El polisacárido más importante es el glucógeno, el mismo que se almacena en el músculo y en el hígado de los mamíferos. El glucógeno muscular es la principal fuente de energía correspondiente a los carbohidratos en los músculos activos mientras se realiza ejercicio. Las células musculares no pueden satisfacer necesidades de células que se encuentren a su alrededor ya que no poseen la capacidad de reconvertir glucosa a partir de glucógeno, así, el momento en que las reservas de glucógeno hepático y muscular se han agotado, tanto por ejercicio intenso como por restricción de alimento, el organismo estimula la síntesis de glucosa a partir de los componentes estructurales de otros macronutrientes (especialmente de los aminoácidos) mediante un proceso de gluconeogénesis. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

### ***Función de los Hidratos de Carbono en el organismo***

Como lo describen McArdle et al. (2004), los carbohidratos desempeñan varias actividades importantes tanto para el funcionamiento como para la conservación del organismo. Básicamente se diferencian cuatro funciones:

En primer lugar, los hidratos de carbono son la fuente de abastecimiento energético más importante para el funcionamiento del organismo, la energía que se obtiene de la degradación de la glucosa sanguínea y del glucógeno del músculo impulsa la actividad muscular y otras formas de trabajo biológico. De esta manera los carbohidratos juegan un papel fundamental sobre el metabolismo energético y el rendimiento físico, por lo que es necesario destacar su importancia como fuente energética durante la realización de ejercicio de gran intensidad. Según Wilmore y Costill cada gramo de carbohidratos puede generar 4 Kcal.



En segundo lugar conserva las proteínas de los tejidos las cuales participan principalmente en el mantenimiento, reparación y crecimiento de los mismos. Esto ocurre ya que al agotarse las reservas de glucógeno, el cuerpo sintetiza glucosa a partir de otros nutrientes, especialmente de los aminoácidos. Cuando los depósitos de glucógeno se agotan sea por restricción de alimento, ejercicio prolongado o sesiones repetidas de ejercicio intenso, el organismo pasa a consumir los “depósitos” proteicos como fuente de energía, especialmente la proteína muscular.

En tercer lugar, los hidratos de carbono funcionan como “cebadores” metabólicos, ya que el momento en el que la provisión de energía por parte de las reservas de glucógeno resulta insuficiente, el cuerpo estimula el metabolismo de las grasas para producir la energía necesaria; además los productos de la degradación de los hidratos de carbono facilitan la utilización de las grasas para obtención de energía.

Por último, el sistema nervioso central utiliza a los carbohidratos como su combustible más importante ya que normalmente el cerebro utiliza casi exclusivamente la glucosa como fuente energética para su funcionamiento.

Por lo tanto los carbohidratos resultan un componente indispensable en el cuerpo humano, especialmente porque de ellos se obtiene con mayor facilidad la energía necesaria para el funcionamiento del organismo, y cabe destacar que son determinantes durante la actividad física de gran intensidad.

### ***Utilización de los Hidratos de Carbono en el ejercicio***

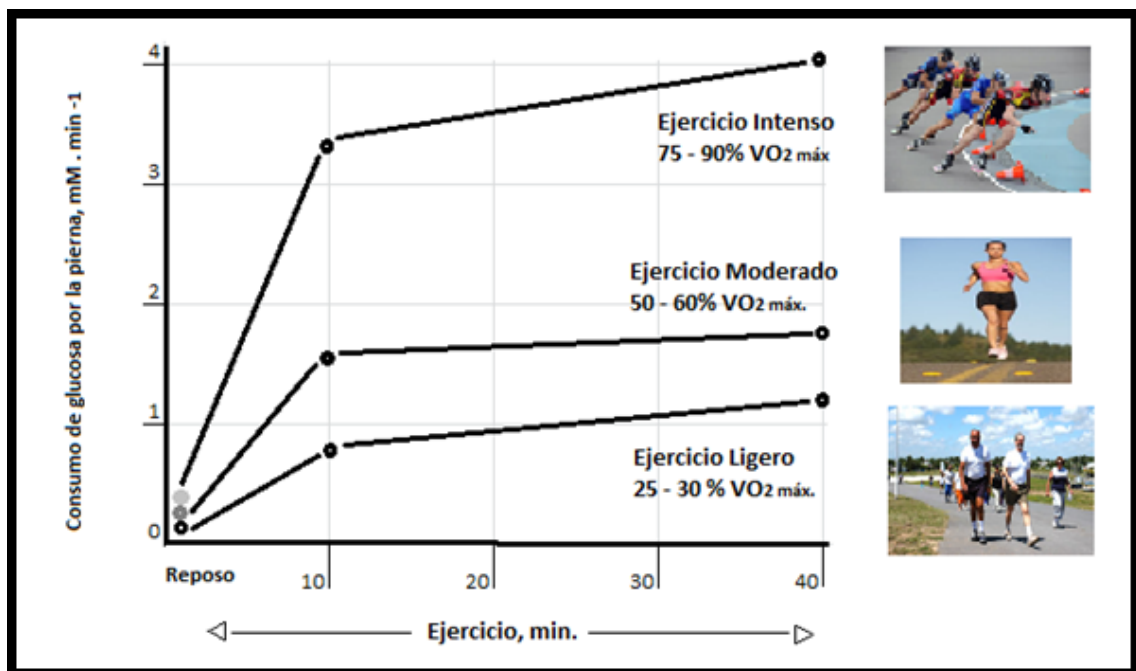
El combustible que utilice el organismo durante el ejercicio depende de distintos factores, como lo son: la intensidad del ejercicio y la duración del esfuerzo de manera general, y como aspectos particulares: la forma física en que se encuentre la persona y su estado de nutrición. Como parámetros generales se conoce el comportamiento del organismo en los diferentes tipos de ejercicio:





**a) Ejercicio intenso:** el glucógeno muscular y la glucosa transportada por la sangre son los que aportan prácticamente la energía total para las necesidades energéticas del organismo durante el ejercicio de intensidad elevada y en los primeros minutos del ejercicio cuando el oxígeno no es suficiente para cubrir la demanda.

Gráfico N°- 1: Consumo de glucosa sanguínea según duración e intensidad del ejercicio



Fuente: McArdle, Katch & Katch (2004)

Elaborado por: Paulina Pino

Cuando se comienza a realizar el ejercicio, la glucosa que circula por los músculos es consumida y al continuar con el ejercicio este consumo sigue aumentando.

**b) Ejercicio moderado y prolongado:** desde el reposo hasta llegar al ejercicio submáximo (intensidad moderada), casi toda la energía la provee el glucógeno almacenado en los músculos activos. En los siguientes 20 minutos el glucógeno hepático y muscular son los que proporcionan entre el 40 y 50 % de la demanda energética y las necesidades restantes se satisfacen por medio de la degradación de las



grasas y algo de la utilización de la glucosa sanguínea. Al continuar el ejercicio y agotarse los depósitos de glucógeno, aumenta la contribución del metabolismo de las grasas a la energía total para la actividad muscular; la glucosa sanguínea se vuelve fuente principal de energía limitada, hasta que al final desciende la concentración de la glucosa en la sangre.

La fatiga puede darse si se continua el ejercicio hasta el agotamiento del glucógeno muscular primero y luego hepático, a pesar que se cuente con una cantidad de oxígeno suficiente disponible para los músculos y una energía potencial casi ilimitada en la grasa almacenada; según McArdle et al. (2004), el agotamiento de los glúcidos coincide con el comienzo de la fatiga por las siguientes posibilidades: primero porque los hidratos de carbono cumplen un papel fundamental en el sistema nervioso central, segundo porque facilitan la descomposición de la grasa como combustible, y por último los glúcidos aportan energía de manera rápida lo contrario de las grasas cuyo ritmo de liberación de energía es muy lento.

- **Lípidos**

Los lípidos son nutrientes esenciales y necesarios tal como los glúcidos y proteínas, están constituidos, al igual que los carbohidratos, por carbono, hidrógeno y oxígeno; son el componente alimenticio que más tenemos en el cuerpo, el que más rendimiento da pero a la vez son menos accesibles para el metabolismo celular ya que primero deben reducirse de su forma compleja: triglicéridos, a sus componentes básicos: glicerol y ácidos grasos libres (únicos utilizables para la formación de ATP). Las fuentes principales de grasa las constituyen los alimentos de origen animal y vegetal. (Wilmore & Costill, 2007)

Estos macronutrientes cumplen varias funciones importantes para el organismo, entre ellas están: la protección y aislamiento térmico de órganos vitales, trabajar como un medio de transporte para vitaminas liposolubles y además ser una fuente de energía muy importante para el organismo.



### ***Aporte energético de los lípidos***

Comúnmente los triglicéridos, fosfolípidos y el colesterol son catalogados como grasas, pero solamente los triglicéridos son fuentes de energía importantes para el organismo. Los triglicéridos se acumulan en las fibras musculares esqueléticas y en las células grasas. (Wilmore & Costill, 2007)

Almacenándose bajo la forma de triglicéridos en el tejido adiposo estos lípidos nos pueden proporcionar un alto contenido de energía 9 kcal/g, comparando con los hidratos de carbono que nos brindan 4 kcal/g. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

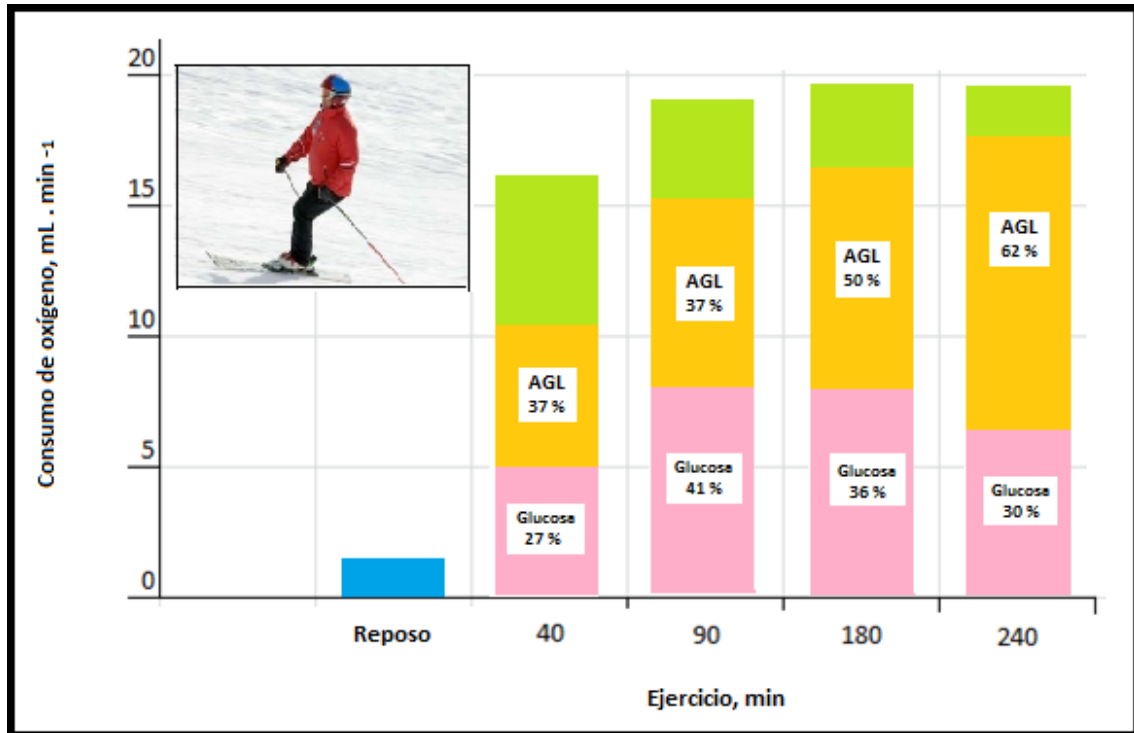
Continuando desde la perspectiva de McArdle et al. (2004), los lípidos son un combustible celular ideal por las siguientes particularidades: a) transporta cantidades grandes de energía por unidad de masa, b) se transporta y almacena fácilmente y c) es una fuente de energía muy significativa. La mayor parte de la energía que puede brindar el metabolismo de la grasa permanece disponible para la actividad física, a comparación con las reservas de glucógeno, los lípidos representarían una fuente “inagotable” de energía para el ejercicio; claro está, dejando de lado el factor de la aparición de la fatiga relacionada con el agotamiento de reservas de glucógeno mencionadas anteriormente.

### ***Utilización de los lípidos en el ejercicio***

Los triglicéridos almacenados en la propia célula muscular participan de manera importante en el metabolismo energético del ejercicio. Como podremos ver en la ilustración del gráfico N° 2, los músculos activos en el ejercicio captan los ácidos grasos para abastecerse de energía entre 1 a 4 horas de ejercicio moderado. En la primera hora de ejercicio, alrededor del 50 % de la energía la proveen las grasas, al continuar el ejercicio a la tercera hora la grasa aporta un 70 % de la energía necesaria (acompañado de un agotamiento del glucógeno). (McArdle, Katch, & Katch, 2004)



Gráfico N°- 2: Consumo de oxígeno y nutrientes durante el ejercicio prolongado



Fuente: McArdle, Katch, & Katch (2004)

Elaborado por: Paulina Pino

Los lípidos son importantes proveedores de energía en el ejercicio prolongado. De hecho, se obtiene sustancialmente más energía de una cantidad determinada de grasa que de la misma cantidad de hidratos de carbono, sin embargo el ritmo de liberación de energía de estos compuestos es demasiado lento para satisfacer todas las demandas de energía de la actividad muscular intensa (Wilmore & Costill, 2007)

La explicación de este enunciado se enfoca en dos aspectos: la disponibilidad de oxígeno y el ritmo de producción de energía, como lo afirman Wilmore y Costill:

- A pesar que la grasa genera más energía que los hidratos de carbono, su oxidación requiere mayor cantidad de oxígeno; por lo tanto durante la realización de ejercicios de intensidad elevada



cuando el sistema de transporte de oxígeno se ve limitado, también se limita la utilización de las grasas como combustible y la fuente energética la representan los glúcidos ya que son los únicos que aportan energía en condiciones anaerobias.

- Además el ritmo de formación de fosfatos hiperenergéticos a partir las grasas es muy lento y no se equipara al ritmo de utilización de los mismos en ejercicios de gran intensidad. Esa es la razón de la disminución en el ritmo de carrera cuando las reservas de HdC se han agotado y son los lípidos la principal fuente de energía del momento. (2007)

Por lo tanto los lípidos representan un nutriente indispensable en el organismo por sus diferentes funciones de protección, aislamiento, transporte, y fuente de energía. Especialmente como fuente energética participa en las actividades de intensidad moderada, no así en los ejercicios de intensidad elevada donde el combustible predilecto son los hidratos de carbono.

- **Proteínas**

Las proteínas son componentes orgánicos que al igual que los carbohidratos y las grasas están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno, pero además contienen nitrógeno y minerales. La base de su estructura consiste en aminoácidos; éstos, al igual que las grasas pueden convertirse en glucosa por medio un proceso llamado gluconeogénesis. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

El organismo no sintetiza una cantidad suficiente de algunos de estos aminoácidos (llamados aminoácidos esenciales) por lo que deben ser ingeridos en los alimentos. Las proteínas son indispensables para construir y mantener los tejidos del organismo. También aportan energía al proveer 4 kcal/gr, lo mismo que representaría entre un 5 a 10 % de la energía necesaria para mantener un ejercicio prolongado. Además juegan un papel estructural no solo en los tejidos sino en la formación de enzimas, hormonas y diferentes líquidos corporales. Intervienen en el sistema inmunitario y en el transporte de grasas o



triglicéridos (lipoproteínas), entre otras funciones. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

Es importante tener en cuenta que no existen “reservas” de proteína en el organismo ya que todas ellas forman parte de las estructuras de los tejidos o son constituyentes de los sistemas metabólicos, de transporte y hormonal. Las proteínas conforman entre un 12 a 15 % de la masa corporal. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

Las necesidades proteicas para organismos físicamente activos deben tener en consideración el aporte energético adecuado que compense la demanda del ejercicio. Ya que, la utilización de las proteínas como fuente de energía llega a su punto más alto el momento en que se ha agotado el glucógeno, como se mencionó antes, allí recae la importancia de los carbohidratos como ahorradores de proteínas y recalca que la disponibilidad de hidratos de carbono influye en la utilización de las proteínas en el ejercicio, según MacArdle. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

Por lo tanto una adecuada alimentación con alto contenido de carbohidratos, asegura la conservación de las proteínas musculares en deportistas que entrenan de manera intensa y con duraciones prolongadas.

### **1.2.2 La energía en el organismo**

Es importante conocer la forma en que se produce y funciona la energía en el cuerpo; específicamente en el campo del entrenamiento deportivo es imprescindible dominar este conocimiento por sus aplicaciones prácticas, como por ejemplo nos proporciona ciertas nociones sobre lo que es la fatiga, de qué manera se puede demorar o, en ciertos casos, incluso como se podría evitarla en el ejercicio.

Teniendo conocimiento previo sobre los nutrientes que el organismo necesita consumir para su funcionamiento, ahora abordaremos las vías mediante la



cuales el cuerpo produce energía desde un sustrato y un mecanismo específico según el ejercicio que se realiza.

### 1.2.2.1 ATP, la fuente inmediata de energía

Es necesario tomar en cuenta que los enlaces celulares en los alimentos son relativamente débiles y proporcionan poca energía al descomponerse; como consecuencia, los alimentos no se utilizan directamente para las funciones de la célula. En lugar de esto, en los enlaces de las moléculas de los alimentos, la energía se libera químicamente dentro de las células almacenándose luego en forma de un compuesto hiperenergético denominado Adenositrifosfato (ATP). La formación de ATP da a las células los medios para almacenar y conservar energía en un compuesto altamente energético. Por lo tanto, los alimentos que ingerimos deben transformarse primero en ATP para poder ser utilizados como combustible para cualquier actividad. (Wilmore & Costill, 2007)

“El adenosintrifosfato o, de una manera más simple ATP es la forma inmediatamente utilizable de energía química para la actividad muscular”. (Fox, 1989) Este es uno de los compuestos más importantes de los llamados “ricos en energía” (que al degradarse liberan grandes cantidades de energía). Se almacena en la mayor parte de las células del organismo, pero de manera especial lo hace en las células musculares.

En su estructura, el ATP consiste en un gran complejo de moléculas llamado adenosina y tres componentes más simples denominado grupo fosfato; los dos últimos fosfatos representan un “enlace de alta energía”. La descomposición del ATP implica la ruptura de este último enlace fosfato, el cual al hacerlo libera energía, la misma que es utilizada para realizar actividades biológicas en el organismo. Este proceso reduce el ATP a ADP (adenosindifosfato) y un Pi (fosfato inorgánico). Finalmente el ATP se resintetiza utilizando energía obtenida de la descomposición de los alimentos y de la fosfocreatina, sumada al ADP y al Pi que fueron los subproductos de su descomposición. (Fox, 1989)



Como ya lo vimos, la descomposición de ATP libera energía, de igual manera para su resíntesis se necesita y obtiene energía de otras reacciones químicas que ocurren en el cuerpo, de esta forma diferentes reacciones están vinculadas funcionalmente, de manera que la energía emitida por una es utilizada siempre por otra, fenómeno al cual los científicos llamaron “Principio de las reacciones acopladas”, el mismo que es fundamental en la producción metabólica del ATP. (Fox, 1989)

Podemos decir que la energía funciona cíclicamente, McArdle et al. señalan que este proceso de recepción – donación de energía comprende dos actividades principales: 1: formación y conservación del ATP a partir de la energía potencial de algún sustrato; 2: utilización de la energía del ATP para impulsar el trabajo biológico, como por ejemplo la contracción muscular, la conducción nerviosa, la secreción, etc. dependiendo del tipo de célula que lo realice. (2004)

Después de entender la función de intercambio energético que cumple el ATP además de su origen y estructura, lo siguiente es comprender los mecanismos o sistemas que tiene el organismo para elaborar este compuesto rico en energía. Las células generan ATP mediante tres sistemas: 1) El sistema ATP – PC, 2) El sistema del ácido láctico o glucólisis anaerobia y 3) El sistema Aerobio u Oxidativo.

### **1.2.2.2 Sistemas energéticos del organismo**

Las actividades deportivas tienen requerimientos específicos de energía, algunas disciplinas como por ejemplo las carreras de velocidad, los saltos o lanzamientos son actividades de alta potencia que requieren una producción relativamente elevada de energía en un período breve. La maratón o la natación de larga distancia en cambio, en su mayor parte son actividades de baja potencia que requieren producción de energía durante períodos prolongados; así también existen actividades que representan una mezcla de alta y baja potencia como por ejemplo el fútbol, por lo que necesita una





producción de energía particular para su exigencia. Para ello el organismo cuenta con tres formas diferentes mediante las cuales se puede satisfacer estas diversas demandas de energía.

Estas tres formas o sistemas tienen dos tipos de metabolismo, el aerobio y el anaerobio, en sí el término metabolismo se refiere a una serie de reacciones químicas que se realizan en el organismo; por lo tanto el metabolismo aerobio es un conjunto de reacciones químicas que requieren la presencia de oxígeno, mientras que el metabolismo anaerobio son reacciones químicas que no requieren la presencia de oxígeno. En cuanto a las características metabólicas de los tres sistemas que participan en la resíntesis de ATP, dos son anaerobias: la serie ATP- PC y la serie del ácido láctico, mientras que la tercera, la serie del oxígeno es aerobia.

- **Sistema ATP – PC o Serie del Fosfágeno**

Como lo mencionan Wilmore y Costill (2007), el más sencillo de los sistemas energéticos es el sistema ATP – PC. Es importante conocer que colectivamente al ATP y al PC, se conoce como fosfágenos por ello el nombre de sistema del fosfágeno. Otra característica de este sistema es que su proceso, aunque puede ocurrir en presencia de oxígeno, en realidad no lo requiere, por eso se dice que el sistema ATP-PC es anaerobio.

Nuestras células tienen, además del ATP, otra molécula altamente energética, ésta molécula se llama fosfocreatina o PC. Estos dos compuestos se almacenan en las células musculares; pero a diferencia del ATP, la energía que se libera en la descomposición de la PC no se utiliza de manera directa para realizar trabajo biológico, sino se usa en la reconstrucción de ATP para mantener un aporte relativamente constante del mismo. (Wilmore & Costill, 2007)

Cuando la PC se descompone, es decir, cuando rompe su enlace y elimina al grupo fosfato, libera una gran cantidad de energía. Esa energía liberada se emplea para unir al Pi y al ADP abasteciendo así el requerimiento energético



que demanda la resíntesis de ATP y formándolo nuevamente. E. Fox (1989), lo explica en otras palabras: con la misma rapidez con la que el ATP se descompone durante la contracción muscular, vuelven a formarlo continuamente el ADP y el Pi con la energía liberada en la descomposición del PC. Además afirma que cada mol de PC que se descompone puede resintetizar una mol de ATP e indica que las reservas de PC son alrededor de 0.3 mol en mujeres y 0.6 mol en varones.

La capacidad de mantener los niveles de ATP con energía del PC es muy limitada; se almacena pero sus reservas son muy pequeñas, razón por la cual la cantidad de energía que se puede obtener de este sistema también es limitada. Es por ello que la utilidad e importancia de este sistema no radica en la cantidad energética que provee, sino en su disponibilidad de emitir energía rápidamente. Según McArdle et.al. (2004), la descomposición del PC empieza al iniciarse el ejercicio intenso y alcanza un máximo de unos 10 segundos. Por ello actividades físicas como carreras de velocidad, saltos, la patada, etc., que requieren solo pocos segundos para su ejecución dependen de los fosfágenos como su principal fuente de energía. En este sistema no se da la formación de ácido láctico.

- **Sistema del Ácido Láctico o Glucólisis Anaerobia**

Otro método para resintetizar ATP implica la obtención de energía a partir de la descomposición o degradación de la glucosa (glucólisis). A este sistema se lo conoce también como “Glucólisis Anaerobia” ya que no requiere la presencia de oxígeno, por lo tanto este sistema participa generando la energía necesaria para la realización de esfuerzos de corta duración (entre 1 y 3 minutos) y de intensidad elevada. (Fox, 1989)

En la degradación de la glucosa intervienen muchas reacciones químicas lo que lo convierte en un proceso mucho más complejo que el del ATP-PC. Este proceso de glucólisis en su parte final produce ácido pirúvico; el mismo que depende directamente de la presencia o ausencia del oxígeno para tomar un camino determinado. Al no haber intervención del oxígeno en este sistema, el



ácido pirúvico termina convirtiéndose en ácido láctico. Precisamente de allí proviene el nombre de “sistema del ácido láctico”. (Wilmore & Costill, 2007)

Según E. Fox (1989), cuando este ácido láctico alcanza niveles muy elevados de acumulación tanto en los músculos como en la sangre, da origen a una fatiga muscular transitoria.

Otra limitación de este sistema tiene que ver con su característica anaerobia es que solamente puede resintetizar pocos moles de ATP a comparación con el rendimiento posible cuando el oxígeno está presente. “Por ejemplo de 180 g de glucógeno descompuesto, sólo se puede elaborar tres moles de ATP” (Fox, 1989)

Por lo tanto el sistema de ácido láctico, al igual que el sistema del fosfágeno es muy importante por su rápida producción de energía; no así, por la cantidad que genera.

Es así que las actividades físicas realizadas con cargas máximas durante períodos breves dependen en gran medida de este sistema; así como deportes con muchos sprint como el fútbol donde la producción anaeróbica de ATP es crucial ya que requieren un aporte rápido de energía superior a lo que los fosfágenos pueden proveer.

- **Sistema Oxidativo o Aerobio**

El último sistema de producción de energía es el sistema oxidativo, a la vez éste es el más complejo ya que es el proceso mediante el cual el cuerpo descompone combustibles con ayuda del oxígeno para generar energía y también se lo conoce como respiración celular. Por la presencia de oxígeno éste es un proceso aerobio. Esta producción oxidativa de ATP ocurre en la “planta motriz” de la célula que es la mitocondria.

A diferencia de la producción anaerobia de ATP, el sistema oxidativo produce una enorme cantidad de energía, por ello el metabolismo aerobio es la principal fuente de energía durante las pruebas de larga duración.



### ***Oxidación de los Hidratos de Carbono***

Según Wilmore y Costill la producción oxidativa de los hidratos de carbono abarca tres procesos: 1: Glucólisis, 2: Ciclo de Krebs, 3: Cadena de transporte de electrones.

#### a) Glucólisis:

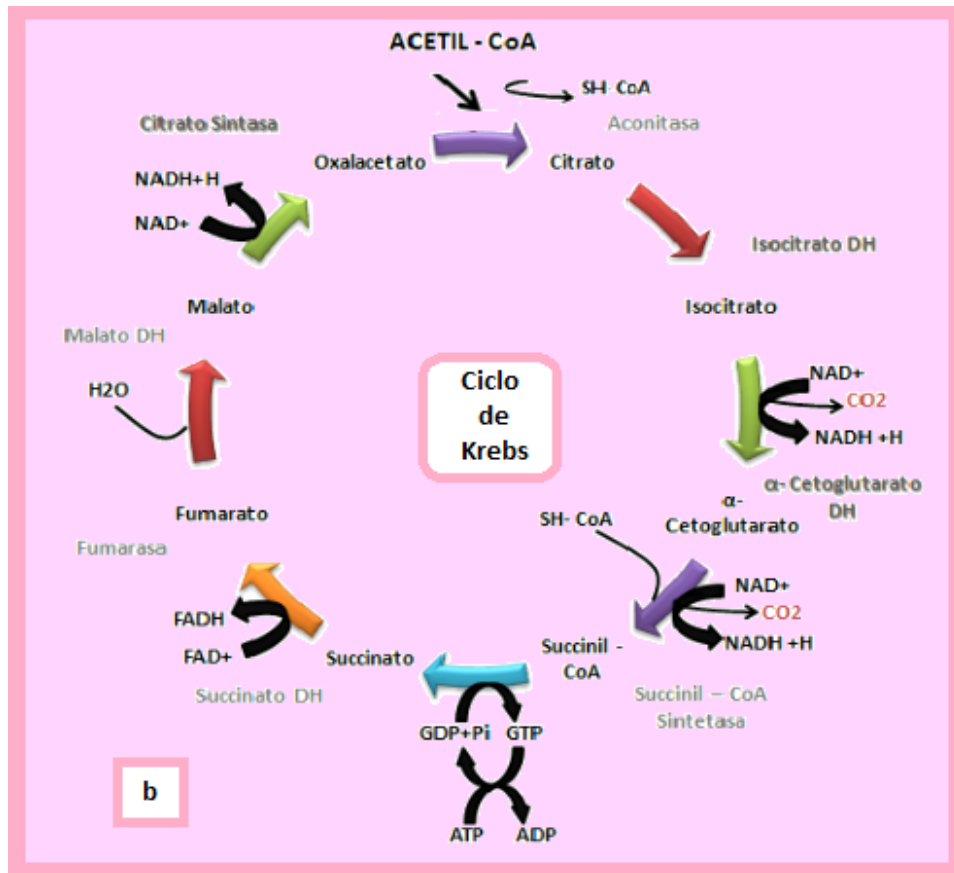
Para metabolizar los carbohidratos, la glucólisis desempeña un papel tanto para la producción aerobia como anaerobia de ATP. Hasta un determinado momento el proceso es el mismo tanto en la presencia como en ausencia de oxígeno, pero justamente la intervención del  $O_2$  es la que determina el destino que toma el producto final de la glucólisis que es el ácido pirúvico. Como ya lo mencionamos antes, la glucólisis anaerobia produce ácido láctico y poca cantidad de ATP por mol de glucógeno. No obstante, en presencia de oxígeno el ácido pirúvico se convierte en un compuesto llamado acetilcoenzima A (acetil CoA).

#### b) Ciclo De Krebs:

El acetil CoA entra en el ciclo de Krebs, que implica una serie de reacciones químicas por medio de las cuales se da la descomposición completa del acetil CoA. Al final del ciclo de Krebs se han producido 2 moles de ATP y el sustrato (compuesto que se degrada, en este caso son los hidratos de carbono) se ha descompuesto en carbono y en hidrógeno; ese carbono se combina con oxígeno formando  $CO_2$  para ser difundido desde las células musculares a la sangre y luego ser transportado por ella hacia los pulmones y ser eliminado con facilidad en la exhalación.



Gráfico N°- 3: Ciclo de Krebs



**Fuente:** Michell Arévalo (2014)

**Elaborado por:** Paulina Pino

c) Cadena de transporte de electrones:

El ciclo de Krebs va unido a un conjunto de reacciones llamado *Cadena de transporte de electrones*.

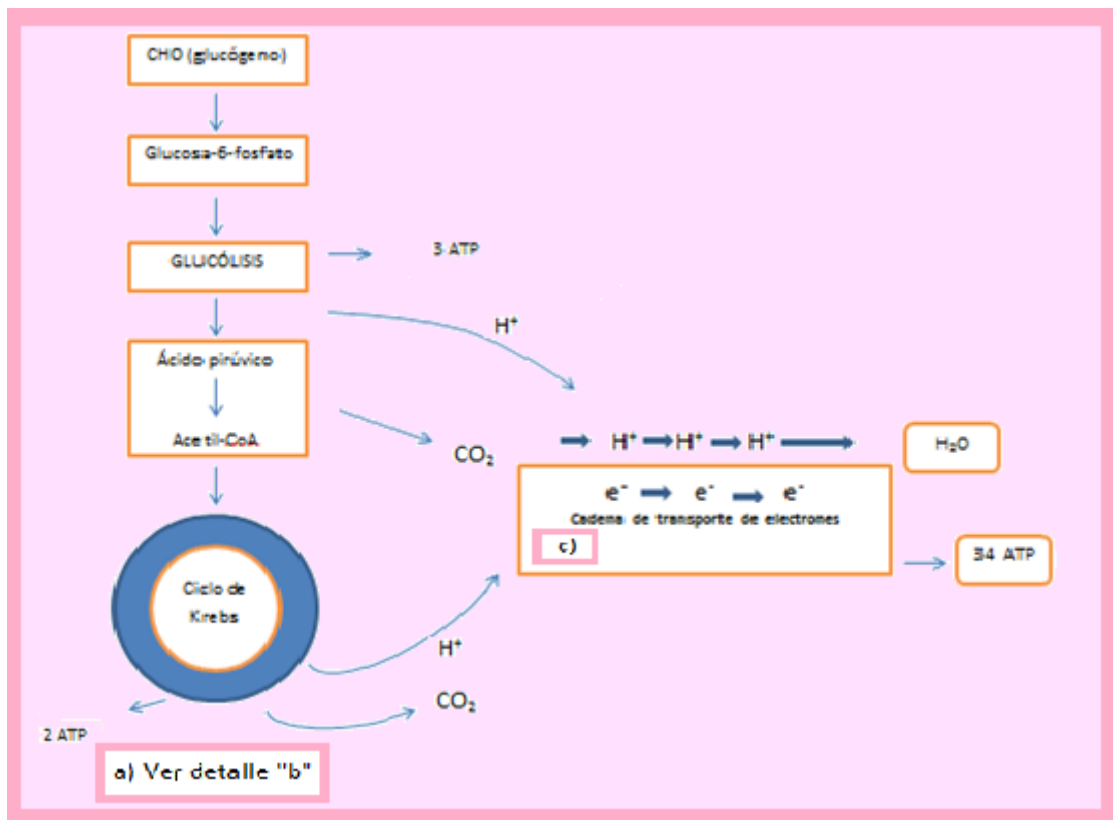
Tanto en la glucólisis como en el ciclo de Krebs, se libera hidrógeno, el cual no puede permanecer en la célula ya que entraría a un estado muy ácido. Éste hidrógeno se combina con dos coenzimas: NAD (nicotinamida-adenindinucleótido) y FAD (flavo adenindinucleótido). Éstas llevan los átomos hacia la cadena de transporte de electrones en donde son separados en protones y electrones. En la parte final de la cadena, el  $H^+$  se combina con oxígeno para formar agua y de esa manera se evita la acidificación de la célula.



Los electrones que fueron separados del hidrógeno pasan por una serie de reacciones y al final proporcionan energía para la fosforilación del ADP, resintetizando así el ATP, ya que en este proceso es necesaria la intervención del oxígeno se llama *fosforilación oxidativa*.

Por lo tanto este proceso tiene una particularidad de suma importancia y es que no se forman subproductos que causen fatiga ya que el  $\text{CO}_2$  se elimina y el agua se utiliza en la misma célula. (Wilmore & Costill, 2007)

Gráfico N°- 4: Oxidación de los Hidratos de Carbono



Fuente: Wilmore y Costill (2007)

Elaborado por: Paulina Pino

**Producción de energía a partir de los carbohidratos:** como lo indica E. Fox, el sistema del oxígeno al descomponer 180 g. de glucógeno produce la energía suficiente para elaborar 39 moles de ATP, siendo una enorme cantidad de energía comparando con la capacidad de producción de los dos sistemas



anaerobios. Por lo tanto el sistema oxidativo tiene la capacidad de producir hasta 39 moles de ATP a partir de un mol de glucógeno. (1989)

### ***Oxidación de los lípidos***

Como ya se indicó, las grasas (triglicéridos) aportan energía a los músculos; si ponemos en comparación: las reservas de glucógeno hepático y muscular pueden proporcionar entre 1.500 a 2.500 kcal, pero la grasa almacenada puede proporcionar entre 70.000 a 75.000 kcal. (Wilmore & Costill, 2007). Con la oxidación de los lípidos la mayor ventaja es la gran cantidad de energía que liberan.

Con la descomposición de los triglicéridos, los ácidos grasos libres (AGL) que se han liberado del glicerol pueden entrar a la sangre, ser transportados por el organismo y llegar a las fibras musculares; al llegar a estas fibras los AGL son activados por un proceso enzimático con energía del ATP y son preparados para su descomposición. EL proceso por el cual se desintegra a los AGL se llama *Betaoxidación*, en el cual se dan una serie de reacciones químicas hasta convertir a los AGL en moléculas de acetil-CoA. (Wilmore & Costill, 2007)

Desde ese punto, el metabolismo de los lípidos sigue la misma ruta de los carbohidratos ya que las moléculas de acetil- CoA formadas en la betaoxidación ingresan al ciclo de Krebs; la diferencia es que en el metabolismo de los lípidos interviene mayor cantidad de oxígeno dado su mayor contenido de carbono que las moléculas de glucosa.

Precisamente el hecho de contar con mayor número de carbono provoca que al final se forme mayor cantidad de acetil- CoA e ingrese más en el ciclo de Krebs y envíe más electrones a la cadena de transporte de electrones y así el metabolismo de las grasas genera más energía que el de la glucosa. “Por ejemplo la descomposición de 256 g de grasa produce 130 moles de ATP” (Fox, 1989)

Y a pesar que las grasas generan mayor cantidad de energía, no son el combustible preferido en cierto tipo de ejercicios por la elevada demanda de



oxígeno para su oxidación y la lenta formación de fosfatos hiperenergéticos a partir de ellos, lo que los vuelve incompatibles con la demanda energética que requiere el ejercicio de alta intensidad. Por estos motivos durante el ejercicio de intensidad elevada son los carbohidratos la fuente predilecta de energía, en cambio en ejercicio de intensidad moderada y larga duración es donde los lípidos van tomando protagonismo paulatinamente en el aporte energético.

### ***Oxidación de las proteínas***

El organismo utiliza de preferencia a los glúcidos y lípidos para la producción de energía, pero los aminoácidos que constituyen las proteínas también son útiles. Algunos pueden convertirse en productos intermediarios del metabolismo oxidativo como en piruvato o acetil-CoA y así intervenir en el proceso oxidativo. (Wilmore & Costill, 2007)

La producción de energía a partir de las proteínas es un proceso complejo y caro por causa de su contenido nitrogenado ya que cuando los aminoácidos son catabolizados, una parte del nitrógeno es utilizado para formar nuevos aminoácidos mientras que el resto de nitrógeno al no poder ser oxidado por el cuerpo, se convierte en urea y se elimina principalmente en la orina. Este proceso de conversión demanda gasto de ATP, y por causa de ese consumo, la cantidad de energía que se puede producir es de 4.1 kcal por gramo. (Wilmore & Costill, 2007)

Por lo tanto el sistema del oxígeno puede descomponer no solo el glucógeno sino también grasas y proteínas, ya que estos sustratos también pueden descomponerse liberando energía para la resíntesis de ATP, en mayor o menor medida.

Al hablar de sistemas energéticos se los separa para una mayor comprensión de su funcionamiento, pero es un hecho la interacción que existe entre los tres al momento de realizar ejercicio, en esta interacción generalmente predomina uno de ellos sobre los demás, o una transición de un sistema a otro, todo





depende de lo que demande la actividad específicamente según la particularidad del ejercicio. (Wilmore & Costill, 2007)

### **1.2.3 Metabolismo Aerobio y Anaerobio**

Como vimos, todas las células tienen la capacidad de convertir los nutrientes en una forma de energía biológicamente utilizable al transformarlos en ATP, esto ocurre gracias a un conjunto de reacciones químicas a las que nos referimos como “metabolismo”; durante el ejercicio, el rendimiento depende directamente de la eficacia con que se lleven a cabo estos procesos metabólicos en el organismo.

Es importante conocer la dinámica del metabolismo energético para comprender la relación entre volumen e intensidad de un ejercicio, allí radica la explicación del hecho que una persona pueda correr durante horas a un ritmo moderado y solo unos pocos segundos a una velocidad máxima.

Haremos referencia a los dos tipos de metabolismo que existen, a los sistemas energéticos que trabajan con esos metabolismos, a los sustratos que utilizan y a qué clase de ejercicio responde cada uno.

#### **1.2.3.1 Metabolismo Aerobio**

El metabolismo aerobio es importante por la gran cantidad de ATP que puede producir más que por la velocidad con lo que lo hace; contrario al metabolismo anaerobio. En este proceso existe la intervención de oxígeno para obtener energía a partir de las reservas de glúcidos como de ácidos grasos; el proceso de oxidación de los sustratos toma su tiempo por lo que este tipo de metabolismo o sistema no es útil en esfuerzos intensos que demanden provisión de energía rápida, pero sí lo es en actividades de menor intensidad y de mayor duración.



### 1.2.3.2 Metabolismo Anaerobio

El metabolismo anaerobio produce cantidades de ATP sin la presencia de oxígeno; su importancia radica en la rápida provisión de energía a los músculos, y su capacidad se limita en las pequeñas cantidades de ATP que puede producir. El metabolismo anaerobio provee energía de dos maneras: energía inmediata y energía a corto plazo; cada una por medio de un sistema energético específico.

- **Clasificación del Metabolismo Anaerobio**

#### ***Metabolismo anaerobio aláctico: energía inmediata***

Este metabolismo corresponde al sistema ATP- PC previamente descrito, el sustrato que se degrada para la obtención de energía es la fosfocreatina (PC) la cual puede utilizarse por completo, lo que significaría una capacidad suficiente para mantener el nivel de producción de ATP durante 20 a 30 segundos a una intensidad del 70% del VO<sub>2</sub> máx., en cambio en un ejercicio de intensidad máxima las reservas de PC se agotarían en menos de 10 segundos, sin la presencia de oxígeno. (Billat, 2002) Esto quiere decir que este metabolismo suministra energía de manera inmediata, por lo tanto es la principal fuente de energía en ejercicios de gran intensidad y de duración muy corta y en este sistema no se da la producción de ácido láctico.

#### ***Metabolismo anaerobio láctico: energía a corto plazo***

Este metabolismo corresponde al sistema de glucólisis anaerobia, por lo tanto el sustrato degradado para la obtención de energía son los glúcidos. Tiene la capacidad de proveer energía durante un tiempo mayor que el sistema ATP-PC, entre 1 y 3 minutos según Fox.

La característica principal de este metabolismo es la formación de ácido láctico que se da en él. Sin embargo el ácido láctico acumulado puede ser retirado de los músculos por medio de la acción del hígado y también por el corazón, de



esta manera el ejercicio puede continuar y la reserva de glucógeno se utiliza completamente.

### **1.2.3.3 Interacción de los metabolismos**

Según Mc Ardle et al (2004), todas las actividades activan todos los sistemas energéticos en mayor o menor grado. El hecho de activar en diferente porcentaje los metabolismos depende directamente del volumen y la intensidad del ejercicio, por lo tanto la carga de trabajo es la que determina si una actividad necesita la capacidad de más de un sistema energético, mientras otras actividades dependen predominantemente de uno solo.

Específicamente hacia nuestro ámbito, en deportes como el fútbol que se caracterizan por la realización de esfuerzos intensos intermitentes que no cumplen un parámetro fijo y que mantienen un gasto energético constante al ser de duración prolongada, es indispensable que se dé una combinación de los metabolismos y sistemas energéticos para poder satisfacer sus demandas exitosamente. Por lo tanto concluimos que son las características de la actividad misma las que determinan el tipo de metabolismo o sistema que provee la energía al organismo.

### **1.2.4 Ácido Láctico**

El ácido láctico o lactato (en su forma ionizada), es un compuesto químico que desempeña importantes roles en varios procesos bioquímicos del organismo. Este compuesto producido en el interior de nuestro cuerpo es de especial interés en el entrenamiento deportivo ya que sus procesos de producción, remoción, oxidación y eliminación han generado polémica por el impacto y efectos que causa en el rendimiento del deportista.

En cuanto a su origen y estructura, la glucólisis anaerobia es la que produce ácido láctico pero este compuesto se disocia fácilmente y forma una sal que es el lactato. En la disociación o descomposición del ácido láctico se libera  $H^+$  y el compuesto restante se une con  $Na^+$  o  $K^+$  y forma la sal lactato. Por lo tanto el



ácido láctico y el lactato no son lo mismo pero los términos se utilizan con frecuencia de modo intercambiable por su relación. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

#### **1.2.4.1 Origen, vías y destino del Ácido Láctico**

- **Producción y acumulación del Ácido Láctico**

Para comprender el origen del lactato en el ejercicio debemos mencionar el proceso de glucólisis, el cual mantiene iguales características en las primeras fases tanto en su metabolismo aerobio como anaerobio hasta el punto donde se convierte en ácido pirúvico, es allí donde toma diferentes vías dependiendo de la presencia o ausencia de oxígeno; de no haber un aporte suficiente o adecuado de O<sub>2</sub> el piruvato se convierte en lactato.

El ácido láctico es una sustancia que se está produciendo y eliminando constantemente incluso en reposo y tanto si existe o no la intervención de oxígeno. (Hernando Domingo, 2007) Si se da una acumulación de este ácido es porque su eliminación no ocurre paralelamente con su producción, ello puede ocurrir en la realización de ejercicio con aumento de intensidad.

Es importante mencionar que cuando el lactato sanguíneo comienza a aumentar considerablemente en el ejercicio, no es solamente por la falta de oxígeno, aunque esa sea la explicación más común. La producción de ácido láctico, es resultado del aumento de la tasa metabólica y de la actividad enzimática de la glucólisis anaerobia. (Hernando Domingo, 2007)

Al realizar actividad física puede aumentar la producción de ácido láctico y dependiendo de las características del ejercicio habrá mayor o menor acumulación, el lactato que se produce y acumula en el músculo puede ser eliminado o circular y ser útil en diferentes destinos.



- **Eliminación, circulación y destino del Ácido Láctico**

Casi todo el ácido láctico se disocia en un  $H^+$  y en un anión lactato. EL  $H^+$  es neutralizado por sistemas tampón, en tanto que el ion lactato puede ser utilizado como sustrato metabólico por la propia fibra muscular que lo produjo o puede difundirse al espacio extracelular a través de la circulación sanguínea. (Hernando Domingo, 2007)

A medida que el torrente sanguíneo transita tanto por músculos activos e inactivos, como por el corazón, hígado, riñón, cerebro y demás tejidos del organismo, el sentido del flujo se invierte saliendo el lactato del plasma y difundiéndose al interior de las otras células las cuales se convierten en el destino del lactato.

Durante el ejercicio el lactato es captado por varios tejidos donde es utilizado y eliminado. Se describirán estos destinos empezando por los músculos inactivos los cuales cumplen una función de aclaramiento utilizando el lactato como sustrato energético; otro punto es el miocardio, al ser éste el músculo con mayor capacidad de oxigenación es un consumidor directo del lactato producido, todo el lactato que es captado por las fibras miocárdicas es oxidado en su totalidad. Incluso el cerebro puede captar lactato desde la sangre en el ejercicio aunque la cantidad sea prácticamente insignificante. (Hernando Domingo, 2007)

La captación de lactato desde el hígado juega un papel sumamente importante por lo cual analizaremos desde el punto de vista energético posteriormente. El lactato también es captado por el riñón el cual lo utiliza como fuente de energía para su propio funcionamiento o lo elimina a través de la orina cuando el nivel de concentración es muy alto. Finalmente un porcentaje muy pequeño, 5% del lactato es eliminado por medio del sudor. (Hernando Domingo, 2007)

El destino del lactato captado por los tejidos dependerá de las necesidades energéticas del momento; así durante el ejercicio físico el principal destino del lactato es ser utilizado como sustrato energético.



Al realizar actividad física puede aumentar la producción de ácido láctico y dependiendo de las características del ejercicio habrá mayor o menor acumulación, el lactato que se produjo en el músculo puede tomar diferentes rutas: la primera es permanecer en el músculo y ser utilizado posteriormente, la otra es pasar al torrente sanguíneo para ser transportado hacia el hígado donde colabora con la gluconeogénesis. (Barbany, 2006)

#### **1.2.4.2 Lactato sanguíneo como fuente de energía**

El lactato que se produce en el músculo tiene dos funciones energéticas: la primera servir como combustible directo para el músculo activo y la segunda es actuar como sustrato para la recuperación de glucosa en la gluconeogénesis. A continuación ampliaremos cada una de estas funciones.

Estudios demuestran que el lactato producido en fibras musculares de contracción rápida puede circular hacia otras fibras de su mismo tipo o de contracción lenta para convertirse en piruvato el cual se transforma en acetil CoA y penetra en el ciclo de Krebs para ser metabolizado aeróbicamente. Estas “lanzaderas de lactato” permiten que la glucogenólisis de una célula aporte a otras células el combustible para su oxidación. Por lo tanto el músculo no solo produce lactato sino también lo elimina al oxidarlo. Así cumple la función de combustible directo para el músculo activo. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

El músculo oxida la mayor parte de lactato que produce, y la otra porción de lactato se va al torrente sanguíneo el mismo que es captado por diferentes tejidos pero el más importante de ellos es el hígado ya que en él se sintetiza glucosa a partir del lactato por medio de reacciones gluconeogénicas del ciclo de Cori. Cumpliendo de esta manera con su papel de sustrato para recuperar glucosa. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

La glucosa procedente del lactato toma una de las dos rutas siguientes: Vuelve en la sangre al músculo esquelético para el metabolismo energético o sirve para sintetizar glucógeno y almacenarlo.



Así el concepto antiguo y erróneo de que el lactato solo tiene efectos tóxicos queda rechazado al demostrarse que es un importante sustrato energético intermediario del metabolismo que puede ser intercambiado y utilizado en diferentes compartimientos del organismo. Estos usos del lactato hacen del producto secundario del ejercicio intenso un sustrato metabólico muy valioso.

- **Utilidad e importancia en el entrenamiento deportivo**

En la actualidad la medición de los niveles de producción de ácido láctico es una herramienta para el control del entrenamiento deportivo. Es un parámetro útil para manejar las condiciones tanto de la capacidad aerobia como de la anaerobia. Para comprender la utilidad del mismo es necesario conocer su dinámica de producción en los diferentes tipos de ejercicio.

- **Dinámica del Ácido Láctico en el ejercicio**

Barbany describe a grandes rasgos lo que ocurre con los niveles de ácido láctico durante la actividad física enfocándolo desde etapas de transición entre esfuerzos aerobios y anaerobios del ejercicio: en una primera etapa del ejercicio después de consumirse el ATP-PC se da el aumento de producción de lactato de manera más importante al activarse la anaerobiosis láctica que sirve para poder continuar con la contracción muscular hasta que se consiga completar las vías oxidativas aerobias.

Superada la etapa inicial y continuando con el ejercicio en condiciones aerobias el lactato tiende a recuperar sus valores basales; por otro lado, si se realiza solo trabajo anaerobio el organismo es llevado rápidamente a la fatiga por un acelerado agotamiento de reservas glucolíticas y por la producción de  $H^+$  que provoca un estado de acidosis. En cambio si el ejercicio no se realiza en completas condiciones aerobias y por sus características presenta exigencias de intensidad elevada, entonces aparecen incrementos de la formación de lactato que reflejan la combinación con el trabajo anaerobio (Barbany, 2006). A continuación describiremos el comportamiento del ácido láctico en los diferentes tipos de ejercicio clasificados según su intensidad y volumen.



### ***Ejercicio aerobio, esfuerzos de baja a moderada intensidad***

En reposo y en ejercicio muy moderado el lactato que es producido a la vez es removido a velocidades similares, a esta reversibilidad de la reacción se la denomina “Lactate Turnover” o “Equilibrio reversible del Lactato” (Mazza, 2010). Por esa cualidad se da un balance entre la producción y la remoción del lactato en este tipo de actividad.

Al realizar ejercicio de intensidad moderada y de mayor duración se activa el metabolismo aerobio del organismo para oxidar los sustratos y obtener combustible. En el músculo se oxidan niveles de piruvato de la glucólisis y también se reconvierten moléculas de lactato a piruvato con su posterior oxidación en el ciclo de Krebs, estos procesos se identifican como oxidación-remoción-oxidación (Mazza, 2010). Esto nos indica que el lactato es un combustible oxidativo.

Cuando el deportista llega a su estado estable las demandas energéticas se satisfacen de manera adecuada con un equilibrio entre la energía que necesitan los músculos y el ritmo de producción de ATP. En ese estado el lactato producido es oxidado o convertido en glucosa en cualquiera de sus diferentes destinos. Por lo tanto no se da una acumulación significativa de lactato permitiendo un nivel de acidez estable y la continuación del ejercicio. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

Según McArdle (2004), el entrenamiento aeróbico permite adaptaciones en el organismo que producen aumento en la eliminación de lactato. Por lo tanto a pesar que el lactato sea un producto de la glucólisis anaerobia, su capacidad de eliminación y tolerancia también se trabaja con entrenamiento aerobio.





### ***Ejercicio anaerobio, esfuerzos de moderada a alta intensidad***

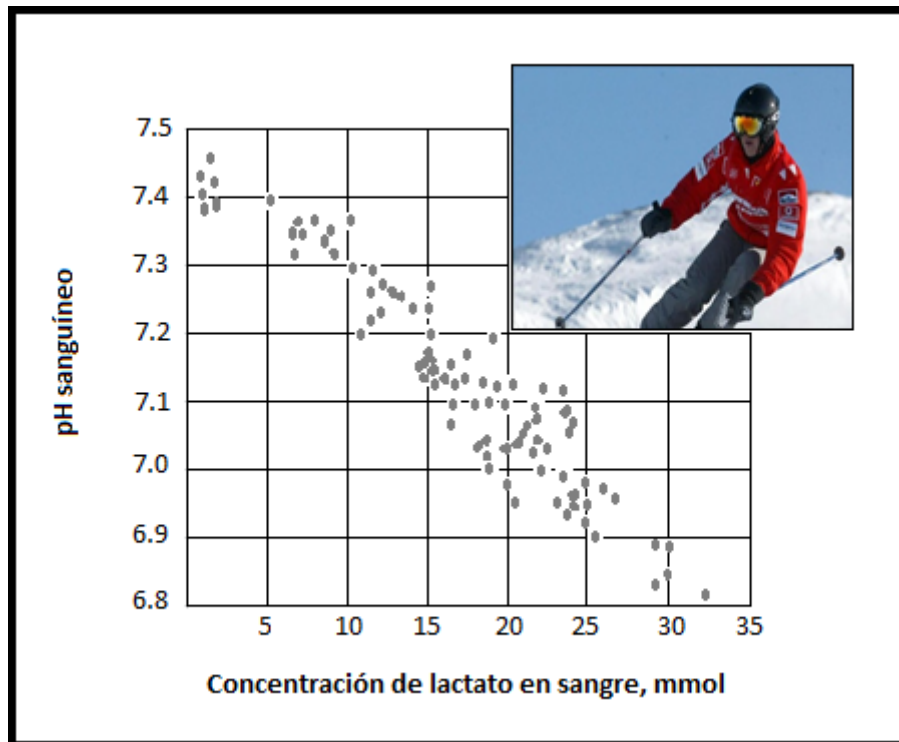
Cuando la intensidad del ejercicio aumenta, y con ello aumenta el consumo máximo de oxígeno, disminuye la eficacia entre las funciones de transporte de oxígeno y su utilización; paulatinamente toma protagonismo la formación anaeróbica de energía. (Mishchenko & Monogarov, 1995) Este proceso utiliza el circuito piruvato-lactato, por ello se acompaña del aumento de formación de ácido láctico en los músculos y la salida del mismo hacia el torrente sanguíneo.

Entonces cuando la intensidad del ejercicio es elevada y por ende su duración no es prolongada, el organismo depende del metabolismo anaerobio para obtener energía rápidamente, generando grandes cantidades de ácido láctico y mandándolo a la sangre. Según Wilmore y Costill (2007) con el ejercicio intenso pueden incrementar los niveles de ácido láctico desde un valor de 1 mmol/kg, hasta 25 mmol/kg; esta acidificación de las fibras musculares dificulta la descomposición de glucógeno y la contracción muscular.

Para McArdle et al. (2004), el lactato enviado a la sangre altera considerablemente el pH muscular local y sanguíneo, cuando se llega al agotamiento el pH sanguíneo suele acercarse a 6.8, en esas condiciones la persona experimenta sensaciones de desorientación, náuseas y cefaleas graves. Allí los sistemas de amortiguación del organismo se esfuerzan por conseguir un equilibrio ácido básico que se alteró con el ejercicio anaerobio, pero el pH de la sangre solo vuelve a sus valores normales cuando cesa el ejercicio ya que cuando la intensidad del ejercicio disminuye, la formación de lactato lo hace también.



Gráfico N°- 5: Concentración de lactato en sangre en reposo y durante ejercicio de corta duración y de intensidad creciente



Fuente: McArdle, Katch, & Katch (2004)

Elaborado por: Paulina Pino

### ***Ejercicio mixto, esfuerzos de intensidades variables***

En ejercicios de características mixtas, como lo es el fútbol donde las intensidades son intermitentemente variables durante el juego, demanda que se utilicen alternadamente los metabolismos aerobio y anaerobio. La variabilidad de la intensidad determina los diferentes niveles de lactato donde según Juan Carlos Mazza los valores medios son de 3-6 mmol/lit., con rangos máximos de 1,5 a 8-9 mmol/lit. (Mazza, 2010) Ello demuestra la dinámica que existe en los procesos de producción y remoción durante el juego y la importancia de desarrollar cualidades metabólicas que mejoren el funcionamiento fisiológico mediante el entrenamiento deportivo.



- **Fatiga y Ácido Láctico**

La fatiga como tal es la denominación para describir la sensación experimentada de cansancio y disminución del rendimiento muscular, según Wilmore y Costill existen cuatro factores que intervienen en la aparición de la fatiga y ninguno de ellos es responsable por sí solo de causarla, ellos son:

- **La insuficiencia en la transmisión nerviosa:** diferentes mecanismos como la falta de calcio para la contracción muscular por la retención del mismo en zonas diferentes, pueden causar fatiga, aunque no se los conozca a ciencia cierta.
- **El mecanismo de protección del sistema nervioso central:** provocando insuficiencia del mecanismo contráctil de las fibras ya que la fatiga percibida por el deportista generalmente precede a la fatiga fisiológica del mismo.
- **Los sistemas energéticos:** ya que al agotarse las reservas de PC o de glucógeno dificulta la producción de ATP y puede dar como resultado la sensación de fatiga.
- **La acumulación de desechos metabólicos:** El ácido láctico es un producto de desecho de la glucólisis anaerobia, y mucha gente cree que es el responsable directo de la fatiga muscular, pero su acumulación en sí no es la culpable de ese hecho. Cuando no es eliminado el ácido láctico se disocia en lactato y produce iones hidrógeno, la acumulación de  $H^+$  es la que dificulta los procesos musculares que producen energía y la contracción muscular.

Al verlo de manera conjunta los niveles altos de concentración de lactato causan una acidificación de las fibras musculares la misma que inhibe una mayor descomposición del glucógeno porque dificulta la función enzimática glucolítica; además el ácido reduce la capacidad de combinación del calcio de las fibras y de este modo impide la contracción muscular.(Wilmore & Costill, 2007)



Sin duda concordamos en que ninguno de los factores que intervienen en la fatiga es responsable por sí solo de causarla ya que el ser humano mismo es un mecanismo complejo donde influyen todos sus componentes: anatómicos, fisiológicos, psicológicos e incluso emocionales, por ello comprendemos que en el rendimiento del deportista tendrán efectos cada uno de estos elementos.

- **Ventajas del entrenamiento sobre el Umbral de Lactato**

La capacidad para generar concentraciones altas de lactato durante el ejercicio aumenta la potencia máxima durante periodos cortos. La capacidad para generar una concentración elevada de lactato en el ejercicio máximo aumenta con un entrenamiento específico para el sprint y la potencia; por ende su sustracción disminuye esta ventaja.

Por lo tanto el entrenamiento incide notablemente en la lactacidemia, un deportista entrenado produce menos lactato frente una misma carga de trabajo, además tolera mucho mejor una concentración láctica elevada, logrando soportar así cargas de trabajos mayores. (Barbany, 2006)

- ❖ **Forma de medición**

La medición de los niveles de lactato producidos en el esfuerzo es un parámetro muy útil para el control del entrenamiento deportivo. Nos permite conocer las condiciones tanto de capacidad aerobia como anaerobia del deportista y nos brinda información sobre la evolución de la capacidad para tolerar el ácido láctico; esto se realiza mediante testeos sistematizados en la realización de ejercicio o pruebas específicas de la capacidad que se desee controlar. Una de las opciones es por medio de una muestra sanguínea puncionando el pulpejo de un dedo o en el lóbulo de la oreja y analizándola en un medidor de lactato electrónico.



## CAPÍTULO II

### ENTRENAMIENTO DE FÚTBOL Y ÁCIDO LÁCTICO

#### 2.1 ENTRENAMIENTO DEPORTIVO: GENERALIDADES

Según Gabriel Batistuta (2005) el entrenamiento deportivo es un proceso dirigido a producir una modificación de un estado, por medio del ejercicio físico, permitiendo la posibilidad subsiguiente de desarrollo y mejora de forma gradual, con tendencia a alcanzar niveles mayores o menores según los objetivos planteados. Existen distintos tipos de entrenamiento: Entrenamiento Técnico, Entrenamiento Táctico, Entrenamiento “Invisible” (cognitivo-emocional-conductual), y el Entrenamiento Físico.

El entrenamiento físico en sí se refiere a la aplicación de ejercicios corporales dirigidos de forma racional para desarrollar y perfeccionar las cualidades perceptivo-motoras del deportista para obtener un mayor rendimiento deportivo. (Batistuta, 2005) Para comprender el objetivo y función del entrenamiento deportivo se analizará su clasificación, bases, y métodos.

##### 2.1.1 Clasificación del entrenamiento deportivo

El entrenamiento físico se puede clasificar según el o los sistemas energéticos que activa para satisfacer sus demandas. Desde esta perspectiva hablaremos de tres tipos de entrenamiento: aerobio, anaerobio y mixto. Aunque no todo está descubierto sobre los efectos que provoca el entrenamiento deportivo en el organismo, se conocen muchos de los cambios metabólicos y morfológicos que genera cada tipo de entrenamiento tanto aerobio como anaerobio, por ello



a continuación se analizará: tipo de ejercicio, sistema energético que activa y las adaptaciones fisiológicas más importantes que provocan.

### **2.1.1.1 Entrenamiento Aerobio**

El entrenamiento de intensidad baja a moderada y de duración prolongada, utiliza la vía del metabolismo aerobio para obtener energía. Wilmore y Costill (2007) afirman que los cambios más fáciles de apreciar cuando se realiza entrenamiento aerobio son el aumento en la capacidad para realizar ejercicio submáximo prolongado y un incremento en el VO<sub>2</sub> máximo. Además al estimular el metabolismo aerobio mejora el flujo de la sangre tanto central como periférica y aumenta la capacidad de las fibras musculares para producir cantidades mayores de ATP.

- **Adaptaciones morfo-fisiológicas al entrenamiento aeróbico**

Las mejorías en la resistencia que se consiguen con el entrenamiento aeróbico están determinadas por modificaciones internas del organismo, dándose cambios tanto estructurales como funcionales. Para que estas mejorías sean posibles el organismo sufre una serie de cambios a nivel cardiorrespiratorio, muscular, energético, entre otros. Analizaremos algunos de ellos a continuación:

- Adaptaciones cardiovasculares: el sistema cardiorrespiratorio cumple un papel determinante en la realización de ejercicios prolongados. La ventilación pulmonar junto con el impulso cardíaco cumple una función de transporte de oxígeno. Así cuando el deportista se somete a entrenamiento



aerobio crecen simultáneamente tanto la capacidad de transportar oxígeno hacia los tejidos como la eficacia del sistema de utilización de O<sub>2</sub> en los músculos. (Mishchenko & Monogarov, 1995)

- Adaptaciones en el músculo: con el entrenamiento aeróbico se producen cambios que afectan tanto la estructura como la función de los músculos. Estos cambios se dirigen hacia los componentes más importantes del músculo, es decir hacia fibras, capilares, mioglobina, mitocondrias y enzimas. Con este tipo de entrenamiento existe mayor impacto en las fibras de contracción lenta con lo que se da un aumento de tamaño y un ligero reclutamiento de estas fibras. Además mejora la irrigación sanguínea a los tejidos musculares con lo que se consigue mayor intercambio de gases, desechos y nutrientes entre sangre y fibras musculares. El aumento de mioglobina y mitocondrias mejora la oxigenación del músculo; y, el incremento de enzimas oxidativas mejora capacidad metabólica oxidativa.

Todos estos cambios que ocurren en los músculos, junto con las adaptaciones del sistema de transporte de oxígeno, tienen como resultado un funcionamiento más intenso del sistema oxidativo y una mejora en la capacidad de resistencia. (Wilmore & Costill, 2007, págs. 203,205)

- Adaptaciones en los sistemas energéticos: el entrenamiento aeróbico se abastece de las reservas de glucógeno y grasa para su necesidad energética. Y nuestro cuerpo se adapta a estas exigencias repetidas para hacer más eficaz la producción de energía y disminuir la velocidad de la



aparición de la fatiga. El cuerpo entrenado cambia la metabolización de los hidratos de carbono y las grasas para la obtención de energía.

Durante cada sesión de entrenamiento las reservas de glucógeno son utilizadas en gran medida, por lo que los mecanismos responsables de su resíntesis resultan estimulados después de las sesiones. Cuando las reservas de glucógeno se recuperan con el debido descanso y dieta basada en hidratos de carbono, los músculos entrenados acumulan mayor cantidad de glucógeno que los no entrenados. El hecho de obtener un mayor depósito de glucógeno permite que el deportista tolere mejor las demandas de entrenamiento posteriores ya que se cuenta con más combustible disponible para ser utilizado. (Wilmore & Costill, 2007)

Los músculos entrenados también cuentan con una mayor reserva de grasa almacena como triglicéridos. Además con este tipo de entrenamiento ganamos eficacia en el uso de las grasas como fuente energética para el ejercicio lo cual alivia las demandas sobre las reservas de glucógeno muscular y hepático utilizándolas a un ritmo más lento.

- Adaptaciones en el Umbral del lactato: los cambios que se producen en el umbral del lactato permiten rendir con intensidades más altas de esfuerzo, sin incrementar el nivel de lactato en sangre más allá de aumentos ligeros. La reducción de los niveles de lactato se puede atribuir probablemente a una combinación entre una menor producción de lactato y a una mayor eliminación del mismo. Además este tipo de entrenamiento también





aumenta el consumo máximo de oxígeno del deportista. (Wilmore & Costill, 2007)

### **2.1.1.2 Entrenamiento Anaerobio**

El entrenamiento con ejercicios de intensidad moderada a alta y de corta duración activa el metabolismo anaerobio para abastecerse de energía. En este tipo de actividades son dos las vías anaeróbicas por medio de las cuales se obtiene el combustible para su realización: el sistema ATP-PC y el sistema de glucólisis anaeróbica; con el segundo sistema existe la producción de ácido láctico como se describió anteriormente.

- **Adaptaciones morfo-fisiológicas al entrenamiento anaerobio**

Según Wilmore y Costill (2007) entre los cambios fisiológicos más importantes que provoca este tipo de entrenamiento está una mayor producción de fuerza muscular y mayor tolerancia a los desequilibrios ácido-básicos; estos cambios a su vez generan aumento en la potencia y la capacidad anaeróbica del deportista.

A continuación abordaremos las adaptaciones orgánico funcionales más importantes que se generan a partir de la realización del trabajo anaeróbico.

- Adaptaciones musculares: según Wilmore y Costill con el entrenamiento anaeróbico se consigue gran aumento en la fuerza muscular, además en los cambios internos que sufre el músculo están un agrandamiento y reclutamiento de fibras de contracción rápida en mayor medida que las de contracción lenta, aunque se da en un grado poco perceptible, esto nos



hace reflexionar sobre la especificidad de los cambios fisiológicos que ocurren con el entrenamiento y el postulado de Wilmore y Costill que indica: “ los cambios fisiológicos son altamente específicos del trabajo aplicado.”

- Adaptaciones con ahorro de energía: otra de las adaptaciones que ocurren al estimular el metabolismo anaerobio es a nivel energético; aunque con este tipo de entrenamiento no se consigue mayor impacto sobre la actividad enzimática responsable de la descomposición y liberación de ATP, sí se consigue mejoras en el desarrollo de la fuerza muscular y esas ganancias en fuerza permiten que el deportista realice tareas motrices con menor esfuerzo y así gasta menos energía. De manera similar a partir del entrenamiento anaerobio también se mejoran cualidades como la habilidad y coordinación que permite movimientos más eficaces lo que conlleva también un ahorro de energía
- Adaptaciones en el Umbral del Lactato: los cambios en el umbral de lactato permiten que a medida que el sujeto está más entrenado, la concentración de lactato sanguíneo es menor con el mismo ritmo de trabajo; así es posible ejercitarse a un porcentaje más elevado del VO<sub>2</sub> máx. antes de que el lactato comience a acumularse en la sangre
- Adaptaciones en la capacidad de amortiguación: relacionada con el punto anterior, tenemos las adaptaciones que ocurren en la capacidad de amortiguación, es decir el aumento en la capacidad para tolerar niveles más altos de lactato en los músculos y en la sangre, eso permite que el H<sup>+</sup> que se disocia del ácido láctico se neutralice y así se retrase la fatiga.



- Impacto sobre la energía aerobia: finalmente el entrenamiento anaerobio también tiene impacto en la capacidad aerobia ya que en esfuerzos intensos “prolongados” repetitivos una parte de la energía proviene de la oxidación por lo que la capacidad aeróbica muscular también puede aumentar al realizarse ejercicio intenso. (Wilmore & Costill, 2007)

Autores como Wilmore y Costill hablan sobre la especificidad del entrenamiento deportivo, es decir, que los cambios fisiológicos que ocurren en el organismo son altamente específicos del entrenamiento que se aplique; pero este punto causa una ligera confusión al describir los efectos que tiene un tipo de entrenamiento sobre mecanismos del sistema contrario. Entonces en concordancia con aquellos autores, al considerar que los cambios son “altamente específicos” quiere decir que existe un margen de posibilidad que un tipo de entrenamiento también tenga efectos en las vías metabólicas de otros sistemas; lo que varía son los porcentajes o la magnitud en la que afecta a unos o a otros, por ello es necesario comprenderlos desde la perspectiva de la interacción de los sistemas la cual ampliaremos posteriormente.

### **2.1.1.3 Entrenamiento Mixto (Aerobio- Anaerobio)**

En deportes de características mixtas, como el fútbol donde las intensidades son intermitentemente variables durante el juego y que mantiene un gasto energético constante al ser de duración prolongada, demanda que se utilicen alternadamente los sistemas aerobio y anaerobio.



Por lo tanto, en este tipo de disciplinas, también en los ejercicios del entrenamiento es necesario que se dé una combinación, una verdadera interacción de los metabolismos y sistemas energéticos para poder satisfacer sus demandas exitosamente. Al declinar uno de ellos los resultados van a mostrar desde ineficacia en gestos técnicos hasta fatiga general y por lo tanto un bajo rendimiento deportivo. Así confirmamos que son las características de la actividad misma las que determinan qué tipo de metabolismo o sistema es o son los que proveen de energía al organismo.

#### **2.1.1.2 Interacción de los sistemas en el ejercicio físico**

Como se mencionó en el capítulo anterior, de acuerdo con Mc Ardle et al (2004), todas las actividades ponen en funcionamiento todos los sistemas energéticos en mayor o menor grado. La predominancia de uno o más sistemas sobre los otros depende directamente de la carga aplicada, es decir, del volumen e intensidad del ejercicio. Por lo tanto, al realizar ejercicio existe una interacción de los sistemas energéticos.

Para facilitar la comprensión de la dinámica del metabolismo energético, tomaremos el modelo de *Continuum Energético* de Edward Fox, en el cual describe cuatro áreas del esfuerzo físico con su correspondiente duración del ejercicio, el sistema energético que predomina en cada uno y ejemplos de actividades por cada área; a ello hemos adicionado el sustrato que se metaboliza en ese tipo de actividad.



Tabla N°- 1: Características de cada área del Continuum Energético

Área de continuum energético	Tiempo de la prueba	Sistemas energéticos que predominan	Sustrato metabolizado	Ejemplos de actividad
Uno	Menos de 30 segundos.	ATP – PC	Fosfágenos	-Carrea de 100m. planos -Salto alto
Dos	Entre 30 y 90 segundos.	ATP – PC y Glucólisis Anaerobia	Fosfágenos y Glúcidos	-Carreras de 200 y 400m. planos -Natación 100m.
Tres	Entre 1.5 y 3 minutos.	Glucólisis Anaerobia y Oxidativo	Glúcidos	-Carrera de 800m. planos -Pruebas de gimnasia
Cuatro	Mayor a 3 minutos.	Oxidativo	Mezcla de glúcidos y Lípidos	-Fútbol -Maratón

**Fuente:** Edward Fox (1989)

**Elaborado por:** Paulina Pino

Mc Ardle et al (2004), indican que al empezar la actividad física en movimientos de velocidad alta o baja son los fosfágenos los que proporcionan energía inmediata en los primeros segundos de movimiento, después es el sistema de glucólisis anaerobia el que provee energía a los músculos; y, al continuar el ejercicio prolongadamente y disminuyendo la intensidad, el metabolismo que predomina es el aerobio. Aunque son pocas las actividades que tienen una transición de esfuerzos tan nítida, es una manera simple de comprender la



modificación de dependencia de un sistema a otro junto con el cambio de volumen e intensidad del ejercicio.

Comprendemos que la interacción de los sistemas también significa interdependencia, por lo tanto en mayor o menor nivel el entrenamiento anaerobio tendrá efectos sobre el metabolismo aerobio y viceversa. A pesar que, como lo afirman Wilmore y Costill, a nivel enzimático los cambios son netamente específicos del entrenamiento que se aplique; debemos tomar en cuenta como vimos anteriormente que, existen muchas más adaptaciones fisiológicas como respuesta al entrenamiento deportivo, y comprendemos que el organismo en conjunto sí obtiene múltiples ganancias fisiológicas con cada tipo de entrenamiento.

Por ejemplo al realizar trabajo anaerobio con sprints un tanto prolongados, una parte de la energía que se utiliza para realizarlos proviene del sistema aerobio, por lo tanto la capacidad aerobia muscular también puede mejorar con ese tipo de ejercicios. A la vez, de manera similar en esfuerzos prolongados, existen momentos que estimulan el metabolismo anaerobio como por ejemplo en un remate al finalizar una carrera de fondo o medio fondo, ese esfuerzo intenso impone estrés sobre el sistema anaerobio y causa efectos en él; vale la pena recordar que estamos hablando de entrenamiento y competencia deportiva.



### **2.1.2 Bases del Entrenamiento Deportivo**

Existen conceptos generales sobre los procesos que ocurren en el organismo cuando se realiza ejercicio, estos procesos son los responsables de los cambios que se generan en el organismo y es necesario tener una visión clara sobre los principios más básicos:

- **Ley de Adaptación Biológica**

La adaptación es una posibilidad que tiene el organismo para sobrevivir, un cuerpo en estado de adaptación, significa que ha alcanzado un equilibrio biológico, a este equilibrio se lo conoce como homeostasis que es un estado relativamente constante pero expuesto a variar. Dentro de la ley de Adaptación Biológica, la Ley de Seyle, señala que ante cualquier agente agresor al organismo, se producen reacciones típicas y atípicas en función del estímulo agresor; al conjunto de manifestaciones atípicas se las denominó Síndrome General de Adaptación, es precisamente sobre estas manifestaciones sobre las cuales se trabaja en el entrenamiento deportivo.

- **Capacidad de Supercompensación del Organismo**

Por la capacidad de “Supercompensación” cuando un agente estresor o carga de entrenamiento, interrumpe la homeostasis, el organismo reacciona buscando nuevamente el equilibrio funcional. El agente estresor se caracteriza por provocar procesos degenerativos, catabólicos o desgastantes, los cuales mantienen su efecto mientras dure la influencia de la carga, a lo cual el cuerpo responde casi inmediatamente con un aumento de los procesos constitutivos o



regenerativos (recuperación). Estos procesos recuperativos no solo procuran volver a las condiciones de partida ante el esfuerzo, sino más bien, tienden a superar esos niveles iniciales de la capacidad, este fenómeno parece darse como una predisposición ante una nueva agresión. De esta forma el cuerpo tiene elementos para enfrentar una siguiente carga de trabajo más elevada. (Batistuta, 2005)

- **Esfuerzo y recuperación**

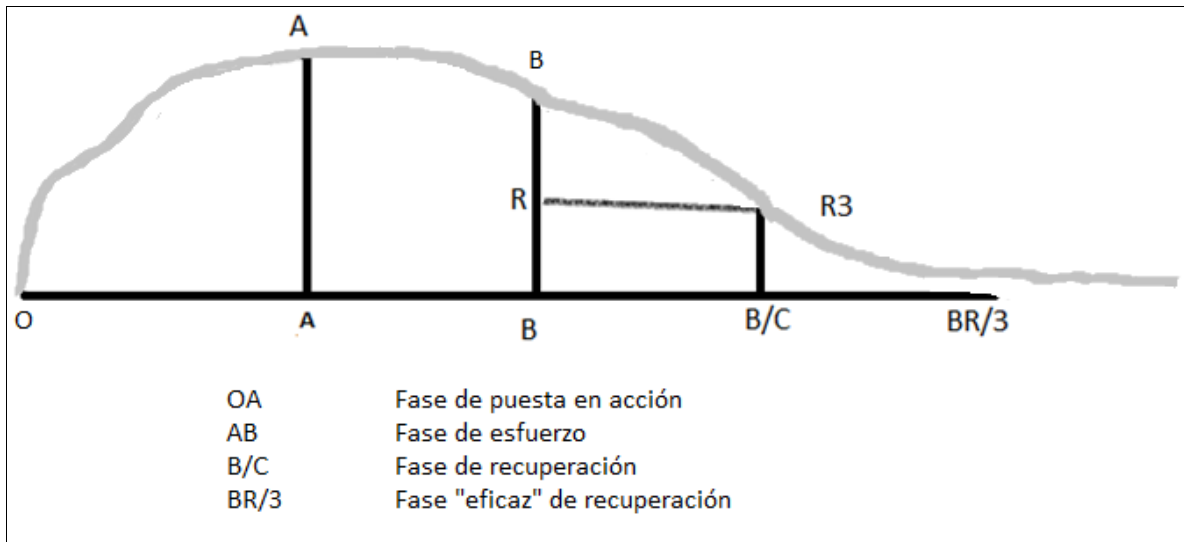
Tomaremos el modelo de Gabriel Omar Batistuta para analizar el proceso entre el esfuerzo y la recuperación del organismo. Cuando un atleta es sometido a un esfuerzo se da una fase de “puesta en acción” hasta alcanzar un nivel óptimo, ese rendimiento óptimo se mantiene durante cierto tiempo y empieza a decrecer hasta perder la capacidad de continuar realizándolo.

Cuando el esfuerzo se encuentra en plena acción, es decir, en la “meseta” de la curva, y se corta el trabajo, el cuerpo presenta un restablecimiento al punto de partida o estado de reposo. La fase descendente o de recuperación tendrá diferente duración según la capacidad de recuperación de la fatiga que tenga el deportista dependiendo de su grado de entrenamiento.





Gráfico N°- 6: Representación gráfica del esfuerzo y recuperación



**Fuente:** Batistuta (2005)

**Elaborado por:** Paulina Pino

La mitad de la fatiga se elimina en el primer tercio de la fase de recuperación, mientras que el resto necesita de los otros dos tercios. Por ese motivo este primer tercio se denomina "fase eficaz de recuperación", y trabajar sobre ésta es determinante en el entrenamiento de la resistencia alcalina.

### 2.1.3 Métodos y medios de entrenamiento

En el campo del entrenamiento deportivo existen medios y métodos de entrenamiento. Los medios se refieren a la gama de ejercicios por medio de los cuales se ejerce una carga funcional para el sistema nervioso central, para el sistema circulatorio y para el sistema endócrino, los cuales influyen en todo el metabolismo. Los diferentes medios, se asocian a diversos métodos; los métodos son "instrumentos" que utiliza el entrenador para desarrollar las



capacidades orgánicas, motoras y técnicas de sus deportistas. (Vasconcelos Raposo, 2005)

La elección y utilización de uno u otro método de entrenamiento depende de las características del deporte ya que debe satisfacer las necesidades específicas de la disciplina como: las capacidades motoras que deben desarrollarse, las adaptaciones musculares y funcionales que deben estimularse según el momento de la temporada, las condiciones físicas, técnicas y psicológicas de los jugadores y los objetivos planificados.

Puesto que la investigación se enfoca en el Fútbol, a continuación describiremos las características de éste, y se analizarán las tendencias sobre métodos de entrenamiento de la resistencia específica del mismo.

## **2.2 PARTICULARIDADES DEL FÚTBOL**

Al “Rey de los Deportes” como lo llaman al Fútbol, es posible analizarlo desde sus distintos ejes: Técnico, Táctico, Psicológico o Físico; el presente trabajo se enfocará especialmente en la Preparación Física Específica de dicho deporte. Comenzaremos por conocer sus particularidades desde las exigencias que se presentan en situaciones reales de un encuentro (ya que ese es el objetivo al cual se proyecta la preparación), seguido por sus características locomotoras y fisiológicas, hasta llegar a las tendencias de entrenamiento del mismo.

**Exigencias reales de un encuentro:** Comenzaremos diciendo que en la actualidad en una era globalizada donde el conocimiento está prácticamente al alcance de todos, cada vez podemos apreciar un avance gigantesco de los



equipos de fútbol en todo el mundo. Por ello en un contexto en el que la competencia es tan pareja, van a ser las pequeñas diferencias individuales las que definan los resultados entre ganadores y perdedores.

En situaciones reales de juego en la disputa entre dos jugadores con iguales posibilidades de rendimiento en los aspectos coordinativos, técnicos, psíquicos, intelectuales y antropométricos, como lo describe Gabriel Batistuta (2005) siempre en todos los casos va a salir victorioso el jugador que:

- Tiene mayor confianza en su estado físico.
- Alcanza mayor altura en el salto imponiéndose en el juego aéreo.
- Expresa mayor fuerza el momento de disputar el balón cuerpo a cuerpo.
- Define con gran potencia y precisión.
- Realiza pases a diferentes distancias con precisión y economizando esfuerzo.
- Demuestra agilidad con variedad de destrezas para reaccionar con eficiencia motora ante situaciones inesperadas del juego.
- Es más veloz que el rival.
- Le basta poco tiempo para recuperarse de esfuerzos submáximos y máximos.
- Puede mantener la eficiencia en todas las exigencias del juego de principio a fin.
- Tiene mayor participación (físico-técnico y táctica) durante el encuentro.



Después de ver las situaciones que marcan diferencia en los resultados específicos entre jugadores es posible decir que los esfuerzos determinantes que debe cumplir un futbolista incluyen movimientos breves, veloces y explosivos, representados por sprints, saltos, remates, frenos, disputas cuerpo a cuerpo y rápidos cambios de posición del cuerpo para adaptarse a nuevas situaciones en el juego. También se debe tomar en cuenta que el juego requiere de carreras, acciones variadas y acciones técnicas a diferentes intensidades máximas, medianas y bajas que pueden ir desde segundos hasta 1 minuto. (Batistuta, 2005)

Exigencias que trasladadas a una secuencia de juego permiten visualizar la variabilidad de actividades presentes en el fútbol: *...el volante realiza un sprint corto para anticipar una pelota, la controla y conduce un tramo a velocidad con presión del rival hasta que entrega un pase a un compañero, continua con un trote lento buscando ubicación, luego corre rápidamente 20ms. proyectándose para un pase largo, recibe el balón y enfrenta al rival con una finta, lo supera con un arranque corto para luego lanzar un centro sobre el área, después de lo cual regresa trotando para recuperarse y retornar a su posición...* Un pequeño fragmento de juego expresado de una forma muy gráfica y familiar, la misma que bajo la lupa científica, encierra complejos procesos locomotores, fisiológicos y costo energético que a continuación serán analizados.



## 2.2.1 Características del fútbol

### 2.2.1.1 Características locomotoras del fútbol

En la siguiente tabla se describen las características locomotoras que se realizan durante un partido de fútbol:

**Tabla N°- 2: Características locomotoras durante un partido de fútbol**

	<b>EN 90 MINUTOS QUE DURA UN PARTIDO</b>	<b>DATOS DESCRIPTIVOS</b>
<b>Tiempo neto de juego</b>	60 minutos (Dufour, 1990) <sup>1</sup>	En un partido de alto nivel
<b>Distancia recorrida</b>	De 8.000 a 12.000 mt. (Reilly & Williams, 2003)	Volumen recorrido a diferentes intensidades descrito en el análisis fraccional de las distancias según el Dr. Juan Carlos Mazza (2010)
<b>Pausas durante el juego</b>	50% de las pausas del juego caminando o estático (Moambers, 1991) <sup>2</sup>	➡ Duran menos de 15 seg.
<b>Duración de las secuencias de juego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 73% secuencias que combinan esfuerzos altos, medios y bajos.</li> <li>● 33% (Moambers, 1991)<sup>3</sup></li> </ul>	➡ Duran entre 0 y 30 seg.  ➡ Duran entre 0 y 15 seg.

**Fuente:** Batistuta (2005)

**Elaborado por:** Paulina Pino

Según esta descripción se puede apreciar que los jugadores deben estar preparados físicamente para realizar esfuerzos a intensidades submáximas y máximas que se enlazan con carreras lentas y caminatas.

<sup>1</sup> Dato obtenido de (Batistuta, 2005)

<sup>2</sup> Dato obtenido de (Batistuta, 2005)

<sup>3</sup> Dato obtenido de (Batistuta, 2005)



❖ **Análisis fraccional de las distancias recorridas en el juego**

El Dr. Juan Carlos Mazza asocia a las principales acciones desarrolladas por los futbolistas dentro del campo de juego y las distancias recorridas en el mismo, según las velocidades de desplazamiento con las que se realizan. El autor <sup>4</sup> agrupa estos elementos en cinco velocidades las cuales pueden generar efectos de recuperación o fatiga durante el juego.

**Gráfico N°- 7: Análisis fraccional de las distancias recorridas en el fútbol**



**Fuente:** Dr. Juan Carlos Mazza (2010)

**Elaborado por:** Paulina Pino

Este análisis de las distancias recorridas según la velocidad, nos indica el volumen de trabajo que genera fatiga y el que permite recuperación, pero en la

<sup>4</sup> Adaptado con permiso de Reilly T. y con la utilización de velocidades fraccionales de Van Gool.



velocidad III al tener características mixtas tiene que ver directamente con la resistencia aeróbica-anaerobia del futbolista, es decir con la resistencia especial, sobre la cual se enfoca la presente investigación.

### **2.2.1.2 Características Fisiológico–Metabólicas del Fútbol**

Por sus características fisiológicas, el Fútbol se define como un deporte aerobio- anaerobio alternado intermitente con predominio aerobio, con pausas intra- juego asistemáticas e incompletas. Estas exigencias pueden cuantificarse en valores de: Frecuencia Cardíaca, VO<sub>2</sub> max. o en niveles de lactato, entre otros indicadores.

En cuanto a la frecuencia cardíaca, durante un partido se encuentra entre 165 y 175 latidos por minuto, lo cual corresponde a un 85% de la Frecuencia Cardíaca Máxima. Si se relaciona el nivel de frecuencia cardíaca con el VO<sub>2</sub> máximo representaría el 75% del VO<sub>2</sub> máx, según Gabriel Omar Batistuta.

Respecto a los niveles de lactato, según el Dr. Juan Carlos Mazza, en este tipo de deportes de prestación intermitente se han encontrado diferentes niveles de lactato intra-juego, las cuales alcanzan valores medios de 3 a 6 mmol/lit., con rangos máximos de 1,5 a 8-9 mmol/lit. Por otro lado según Gabriel Omar Batistuta la acumulación de lactato en la sangre durante un partido es de 3-4mmol a 10-11mmol a nivel de competencia; lo cual varía según la intensidad de las acciones, la capacidad de remoción de lactato que posea el jugador, así como también influye su posición en el terreno de juego.



Las diversas fuentes generalmente arrojan diferentes parámetros sobre los niveles de lactato, evidentemente los rangos varían entre 1,5 hasta 11 mmol/lit. Los dos autores que se han tomado como referencia han sido seleccionados por sus importantes estudios en el fútbol tanto desde su aspecto deportivo como el fisiológico, además de ser investigaciones actualizadas y sobre todo realizadas en un contexto latinoamericano, mucho más cercano a nuestra realidad ecuatoriana, no así los innumerables textos europeos que generalmente se encuentran a disposición.

### **2.2.1.3 Costo energético del fútbol**

Analizaremos el costo energético que se da durante un partido de fútbol según las afirmaciones de Gabriel Omar Batistuta (2005) y las de Juan Carlos Mazza (2010):

**A)** Al realizarse esfuerzos explosivos de corta duración el Sistema ATP-PC y Sistema Anaeróbico Láctico trabajan de manera conjunta en la provisión de energía rápida.

- Esto se da ya que al utilizarse el sistema ATP-PC con una resíntesis parcial de los fosfágenos (como consecuencia de las pausas incompletas del juego) demanda la utilización de la vía glucolítica anaerobia activando el sistema anaeróbico láctico, con la consecuente producción de cantidades moderadas de lactato.

**B)** Estos procesos metabólicos anaeróbicos producen de manera sincronizada la depleción de las reservas de ATP y PC, así como la producción de lactato





intramuscular generando una necesidad de resíntesis de PC y remoción de Ácido Láctico simultáneas durante los períodos de recuperación.

- La remoción y oxidación del lactato es la fuente más rápida de la resíntesis de ATP-PC; y su eficiencia depende del desarrollo de: la capacidad de reversibilidad y del mecanismo aerobio; estas capacidades se trabajan o desarrollan con el entrenamiento de la resistencia intervalada e intermitente.

**C)** Con el déficit de las reservas de PC y aumento de ácido láctico que generan los esfuerzos intermitentes y las pausas incompletas del juego, se producen alteraciones de la fuerza, de la velocidad máxima y de la coordinación fina, lo cual empeora la eficiencia y la precisión mecánica deportiva específica.

**D)** El vaciamiento progresivo de las reservas glucogénicas disminuye la fuente de energía glucolítica en el transcurso del juego.

Una manera de estudiar el costo energético del fútbol, se basa en la medición de los siguientes parámetros o indicadores: internos o biológicos (frecuencia cardiaca y lactacidemia) y externos (distancias recorrida y velocidad empleada). El análisis de estos dos mecanismos da a conocer el tipo de esfuerzo que se realiza en el fútbol, considerando las diferencias individuales entre los jugadores según su función en el campo, contribuyendo de esta manera con parámetros objetivos sobre la capacidad física del jugador. (Gorostiaga, 2002)



Después de describir las características del fútbol concluiríamos que éste es un deporte de velocidad acíclica intermitente que presenta diferentes movimientos explosivos con y sin balón, con períodos irregulares de recuperación (donde el metabolismo del ácido láctico juega un papel determinante) y predominancia de la capacidad aeróbica alternada con esfuerzos anaeróbicos por el ritmo variable y situaciones inesperadas durante el juego. Esta descripción nos muestra que el fútbol requiere de una desarrollada capacidad de la resistencia especial (aerobia- anaerobia) hacia la cual se proyecta su preparación física específica.

### **2.3 ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL FÚTBOL**

Según el Dr. Juan Carlos Mazza las últimas tendencias de preparación física de fútbol, señalan al ejercicio interválico como necesario para el desarrollo y mantenimiento de la capacidad aeróbica del organismo, y al ejercicio intermitente como el más indicado para la resistencia específica (cualidad determinante en etapas competitivas). Por lo tanto se considera que el método de entrenamiento que contenga la combinación de los dos, con cargas adecuadas, es el ideal.

Es necesario comprender el motivo por el cual se considera más efectivo el método Intermitente- Intervalado ante el método continuo (utilizado comúnmente) para trabajar la resistencia específica del fútbol: al ejercitarse realizando carrera continua a una intensidad elevada el sistema que se estimula predominantemente es el anaeróbico láctico el cual produce acumulación rápida del lactato, esto lleva al agotamiento en pocos segundos o



minutos; en cambio al correr a una intensidad elevada en intervalos de ejercicio alternados con recuperación, se estimula principalmente el sistema ATP-PC el cual provee energía inmediata con muy poca acumulación de lactato. La recuperación es predominantemente aláctica y el siguiente intervalo de ejercicio puede comenzar tras un breve periodo de descanso, finalmente las repeticiones de ejercicio en su sumatoria estimulan también el sistema aerobio. (McArdle, Katch, & Katch, 2004)

### **2.3.1 Entrenamiento Intervalado:**

Este tipo de entrenamiento incrementa las reservas de glucógeno a través de cargas que generan vaciamiento y supercompensación del mismo. Es el método que más adaptaciones produce sobre el mecanismo de producción-remoción de lactato. Trabaja sobre el área funcional supraaeróbica la cual produce cantidades de lactato de 4 a 7 mmmol/lit; en este método se manejan distancias entre 300 a 400mt.

Según Juan Carlos Mazza el entrenamiento interválico también genera adaptación a la hiperventilación intra-juego desde el punto de vista mecánico, fisiológico y psicológico ya que preparar al futbolista para tolerar, manejar y desprenderse rápidamente de la hiperventilación, es reducir el nivel de fatiga durante el juego.

Durante etapas competitivas el trabajo intervalado debe reducirse en volumen y pueden combinarse con esfuerzos intermitentes para mantener la calidad aeróbica desarrollada.



### 2.3.2 Entrenamiento Intermitente:

Generalmente se usan series de trabajo de 10seg. de esfuerzo por 10seg. de recuperación, con variables de 10" x 15", 15" x 15", 20" x 20". Con velocidades que van de 4,5 a 6,0mt/seg; ello representa distancias de aproximadamente 50-75 y 100 metros. Este tipo de trabajo se distingue y conviene por lo siguiente:

- Podemos trabajar a intensidades elevadas con niveles de lactato bajos, estimulando el mecanismo de acumulación/remoción de ácido láctico. La cantidad de acumulación de lactato no solo depende de su producción sino también de la capacidad de remoción por lo que es importante trabajar esta capacidad. (Batistuta, 2005)
- El trabajo que se realiza es lo más semejante al de un encuentro real, donde el jugador ejecuta acciones con constantes cambios de intensidad.
- Se trabaja sobre las áreas funcionales específicas que se utiliza en los partidos con una rápida adaptación del sistema cardiovascular a este trabajo.
- No afecta a la parte técnica, coordinativa o de movimientos explosivos, ya que tiene efecto especialmente sobre las fibras musculares explosivas más que en las fibras lentas.

Es importante conocer que al realizar trabajo intermitente de manera constante, sistemática y excluyente sin desarrollo histórico de la resistencia aeróbica intervalada, no se logra una consolidación de los mecanismos responsables de la tasa de producción remoción de lactato, y ello podría ser causa de un alto



índice de lesiones neuromusculares por tener un bajo impacto sobre la capacidad de remoción y oxidación del lactato. (Mazza, 2013)

### **2.3.3 Entrenamiento Intermitente - Intervalado**

- **Características generales**

El entrenamiento intermitente - intervalado se caracteriza por una variación de intensidad de la transferencia energética mediante el espaciamiento específico de periodos de ejercicio y recuperación. De esa manera el jugador se entrena a una intensidad de ejercicio muy alta con un mínimo de fatiga, carga que trabajada de manera continua sería agotadora. Los intervalos de recuperación y ejercicio varían desde pocos segundos hasta varios minutos.

En el entrenamiento intermitente – intervalado ocurre que simultáneamente mientras se da un proceso de limpieza de productos residuales y disminución de la fatiga generada en el esfuerzo, a la vez, el músculo afectado empieza a acumular combustible para el nuevo esfuerzo; esto se da por la capacidad de supercompensación la que permite al organismo que recibe un estímulo fuerte, adaptarse acumulando energía para un nuevo esfuerzo , esta protección natural ante un stress es la base del desarrollo del estado de resistencia (Batistuta, 2005), y la clave de la eficacia del Entrenamiento de Intervalos.

Un punto de suma importancia para la eficacia del entrenamiento, es la forma en la que se maneja la recuperación ante el esfuerzo, sobre todo en el entrenamiento intermitente - interválico ya que la recuperación influye directamente en la remoción del ácido láctico y reversión del mismo para su



consiguiente utilización o eliminación. Existen parámetros específicos que deben considerarse para la dosificación del descanso o recuperación, ellas estarán establecidas en la metodología de trabajo con que se efectúe el entrenamiento.

Habiéndose analizado las bases del entrenamiento intermitente - interválico, a continuación se describirán los parámetros de trabajo con los que se manejará el mismo, desde sus componentes cuantificables como son volumen e intensidad, así como también la forma de manejar la recuperación y otros parámetros que deben ser medidos para poder aplicar el entrenamiento.

De esta forma, con conceptos claros sobre el tipo de entrenamiento que se va a realizar y el papel importante que juega el lactato en el mismo, se procederá a describir la metodología de la valoración del ácido láctico en el ejercicio.



### **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA DE LA VALORACIÓN LÁCTICA EN EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE- INTERVALADO**

### **3.1 METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE – INTERVALADO EN ETAPA COMPETITIVA**

El método de entrenamiento a aplicarse es el Intermitente- Intervalado pues según afirmaciones de J. C. Mazza (2010) en la etapa competitiva se deben reducir en volumen las cargas intervaladas pudiendo combinarse con esfuerzos intermitentes, y de esta manera se logra mantener la capacidad aeróbica y desarrollar la resistencia específica del fútbol (aerobia-anaerobia).

#### **3.1.1 Volumen e intensidad del trabajo Intermitente - Intervalado**

Según J. C. Mazza, el criterio para la prescripción de las cargas de entrenamiento es que: los futbolistas realicen trabajos sobre distancias cortas con el fin de mantener la cualidad de remoción del lactato durante el período competitivo sin usar ejercicios muy extensos y fatigantes. Este trabajo está orientado a obtener niveles de lactato que oscilan entre 2-3 a 5-6 mmol/lit, con un estrés enzimático que logre mantener la cualidad previamente desarrollada por el entrenamiento de la resistencia aeróbica intervalada. Este tipo de trabajo es el que se evaluará por medio del control del lactato.

Es oportuno considerar que con esta combinación de métodos se obtiene un trabajo físico intenso prolongado, pues se trabaja en intervalos de ejercicio dentro de los cuales la intensidad varía de forma intermitente con una velocidad general submáxima y picos de máxima velocidad, y al finalizar se alterna con



intervalos de descanso. Así, se manejan series que en la totalidad de su recorrido representan entre 200 a 400 metros, pero dentro del mismo presentan cambios de intensidad de la velocidad con sprints de 10mt, 30mt, 50mt, o de 5 seg, 10seg, y 15seg. de duración; al final el número de repeticiones de cada serie dará una sumatoria de distancia recorrida bastante amplia.

### **3.1.2 Manejo de la recuperación**

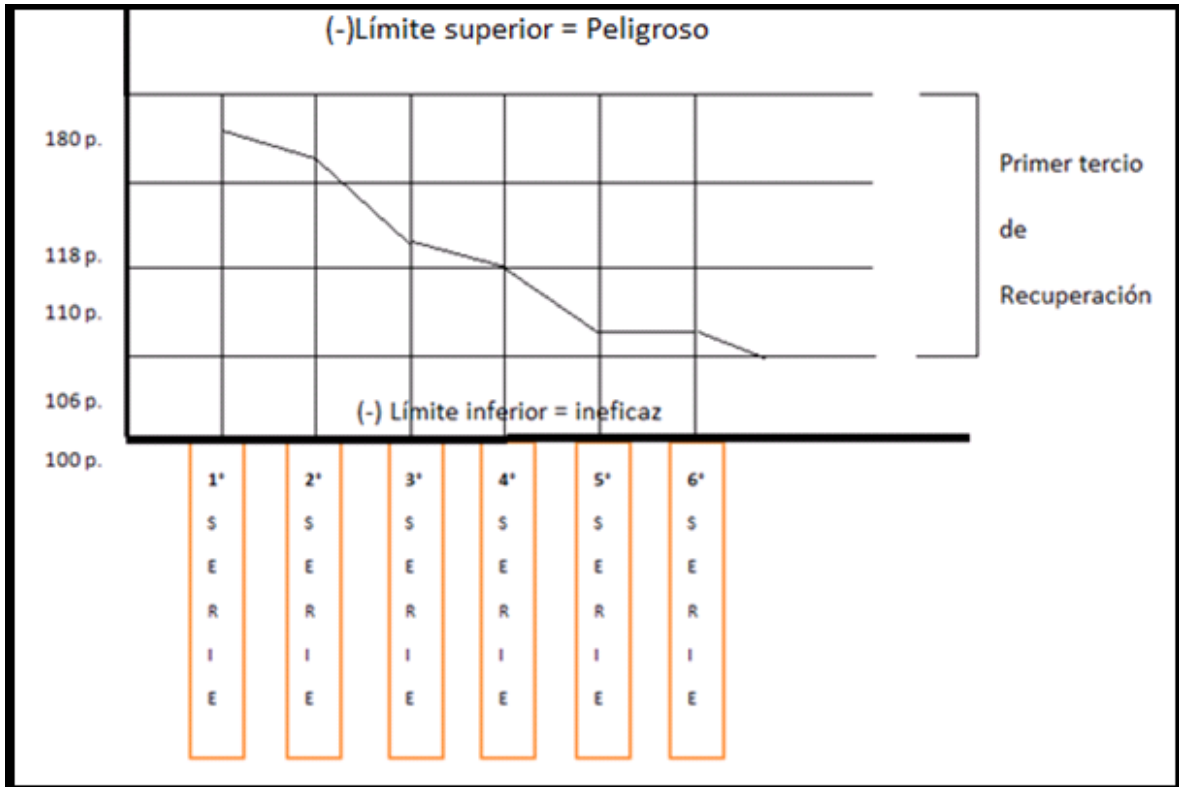
Como se indicó en el segundo capítulo, la forma de manejar la recuperación del trabajo es determinante en el entrenamiento de la resistencia específica del fútbol, por ello se describirá la manera de dosificar la recuperación para obtener un trabajo eficiente.

**Trabajo sobre la “Fase Eficaz” de recuperación:** para obtener eficacia en el entrenamiento es necesario aprovechar la “fase eficaz de recuperación” (descrita en el punto 2.1.2), la clave está en aplicar la nueva sobrecarga dentro de este período, es decir en el primer tercio de la recuperación. Es importante considerar manejarse sobre este parámetro porque trabajar hacia el límite superior sería perjudicial y trabajar sobre el límite inferior sería inútil.





Gráfico N°- 8: Representación gráfica del primer tercio de recuperación



Fuente: Gabriel Omar Batistuta (2005)

Elaborado por: Paulina Pino

Esta zona de la recuperación será la más útil para aumentar la resistencia alcalina, es decir la resistencia a la acidificación muscular. (Batistuta, 2005) Los otros dos tercios son menos rentables pues el cuerpo estará más recuperado y el objetivo es la adaptación del organismo a situaciones precarias que es cuando se consigue mejor resultado. Por ello se concibe que un entrenamiento eficaz deba tener una fase de esfuerzo agudo, seguido de una pausa de recuperación y reiniciar el esfuerzo sometiendo al organismo a una situación de “presión funcional”, la cual si es tolerable aunque sea intensa se consigue una adaptación que da paso a la mejoría de la capacidad estimulada.



Aunque esta adaptación no suponga una acumulación significativa de cansancio es necesario tomar en cuenta que las repeticiones en una sesión de entrenamiento lógicamente producen una fatiga con ciertos problemas como que cada nueva serie requerirá un mayor esfuerzo para mantener o superar el rendimiento de la primera serie, lo cual será cada vez más costoso para el organismo, así la recuperación tomará más tiempo. Por esos motivos es necesario trabajar basándose en el ritmo cardiaco. Además deben fijarse los parámetros de:

- a) Número de repeticiones
- b) Distancias a recorrer
- c) Ritmo de carrera, velocidad.
- d) Duración de la pausa
- e) Acción en la pausa

Los puntos a, b y c no estarán sometidos a cambios, pero los puntos d y e definitivamente deben manejarse y variar según las condiciones de desempeño del momento mismo de trabajo. Por ejemplo:

a) Ritmo de pulsaciones: plena acción	180 – 190 p/minuto
Ritmo de pulsaciones: reposo	60 p/minuto
Diferencia:	120 – 130



b) Recuperación pulso primer tercio ----- a 120 p/minuto

Recuperación pulso segundo tercio----- a 95 p/minuto

Recuperación pulso tercer tercio----- a 65-70 p/minuto.

En un atleta calificado no debemos iniciar la nueva serie hasta que el ritmo cardiaco no esté entre 105 y 115 pulsaciones, así tenemos desarrollo de la resistencia orgánica alcalina. (Batistuta, 2005)

Según J. C. Mazza (2010), las series de carga deben fraccionarse en sets de 3` - 4` de duración con macropausas de 1`30`` - 2`00`` entre ellos, sumando un total de 25` - 30` de trabajo intermitente, así se consigue estimular la producción y remoción de lactato durante la carga y se fuerza la remoción y oxidación del lactato en las pausas.

Durante los entrenamientos se trabajó con recuperación activa de dos tipos:

a) Recuperación activa: sin detener la carrera, con intervalos de intensidad baja de la misma, b) Recuperación activa con actividad alterna: deteniendo la carrera y realizando actividades diferentes como dominio de balón. En los intervalos de recuperación trabajados con actividades alternas, se llevó un control por medio de la FC de manera que, cuando éstas se hallaban entre 110 – 120 p/m, se reiniciaba el siguiente intervalo de trabajo; a pesar que J.C. Mazza (2010) afirma que en este tipo de trabajo la correlación entre frecuencia cardiaca y lactato es muy pobre.

Dentro del entrenamiento se trabajó agrupando a jugadores con características de capacidades físicas similares con el objetivo de optimizar el ejercicio.



### **3.1.3 Medición de la resistencia aeróbica como base del entrenamiento intermitente- intervalado**

Tomando como referencia las afirmaciones de J. C. Mazza en las que manifiesta que el entrenamiento con cargas intermitentes no es eficiente si no se trabaja sobre una capacidad aeróbica previamente desarrollada, partimos por realizar el test de los 1.000 metros “*Test del kilómetro*” para conocer la capacidad aerobia – anaerobia de los futbolistas obteniendo a la vez el  $Vo_2$  máximo (relativo) de cada jugador.

### **3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

El trabajo realizado fue una investigación de campo, de tipo cuantitativo no experimental y se llevó a cabo en las instalaciones deportivas destinadas al entrenamiento del equipo Estrella Roja 2014, en la ciudad de Cuenca, durante la etapa zonal del campeonato de ascenso (Agosto-Septiembre).

La investigación está compuesta por los siguientes elementos:

- **Evaluaciones físicas:** Las mismas permiten conocer el estado físico de los jugadores, estas se aplicaron antes de empezar la etapa competitiva y después de finalizarla.
- **Mediciones de lactato en los entrenamientos:** Se tomaron muestras de lactato sanguíneo a los jugadores durante el desarrollo del entrenamiento intermitente - intervalado semana a semana a lo largo de la etapa zonal.



Las muestras fueron extraídas a través de dos analizadores de lactato, cada uno de ellos es un pequeño aparato que utiliza tiras reactivas para el análisis de ácido láctico por medio de un biosensor enzimático – amperométrico como elemento de medición. El rango de medición va desde 0,5 hasta 25 mmol/lt y como volumen de sangre precisa alrededor de 0,5 microlitros para su estudio y el tiempo que necesita para dar el resultado es de 60seg.

- **Análisis de los resultados:** los datos obtenidos serán procesados estadísticamente y correlacionarán los niveles de ácido láctico con respecto a las variables de: Test físicos, frecuencia cardiaca y posición en el campo de juego.

### 3.2.1 POBLACIÓN

El equipo en el que se realizó la investigación se compone de 25 jugadores, de los cuales se conoce: la edad, la función que desempeña dentro del campo de juego (posición), si tiene ocupación extra a la de futbolista, y su nivel de instrucción académica; datos que sirven para tener una visión más amplia del grupo humano con el que se trabaja y para el posterior análisis estadístico.

La siguiente tabla fue la que se utilizó para registrar los datos personales de los jugadores:



Tabla N°- 3: Características de los jugadores

	<b>NOMBRE</b>	<b>EDAD</b>	<b>POSICIÓN</b>	<b>OCUPACIÓN</b> (Extra a la de futbolista)	<b>INSTRUCCIÓN ACADÉMICA</b>
1					
2					
3					

**Elaborado por:** Paulina Pino

#### ❖ **CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

De la población total (25 jugadores) fueron tomados en consideración los datos obtenidos de 18 de ellos por los siguientes motivos:

- Asistencia regular a los entrenamientos.
- Calidad de desempeño deportivo.

La exclusión del análisis de los datos de 7 jugadores se debe al incumplimiento con los criterios expuestos.

#### **3.2.2 RECURSOS**

Para la investigación se utilizaron los siguientes recursos:

##### **Recursos Humanos:**

- Jugadores del equipo Estrella Roja
- Preparador físico del equipo
- Estudiante egresada de la Carrera de Cultura Física



### Recursos Materiales:

- Analizadores Portátiles de Lactato Accusport.
- Tiras reactivas para analizador de Lactato Accusport.
- Lancetas **ACCU-CHEK**
- Guantes de latex, algodón, alcohol.
- Tablas de registro

### Infraestructura:

- Instalaciones de entrenamiento del equipo: Cuartel Dávalos

## 3.2.3 PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

### 1. Test de esfuerzo de la condición física Inicial

El test de los 1.000 metros, “*Test del kilómetro*”, se realizó para identificar las condiciones de la capacidad de resistencia aerobia - anaerobia de los jugadores antes de empezar la etapa competitiva; de la evaluación se obtuvieron los siguientes parámetros de forma individual: nivel de lactato, frecuencia cardíaca y tiempo, para analizarlos posteriormente obteniendo el  $VO_2$  máximo de cada jugador por medio del software de G. Guerrón M.



Gráfico N°- 9: Software para calcular el VO2 máximo en el fútbol

**Autor:** Gandhy Guerron M.

## 2. Control durante las semanas de competencia (entrenamiento)

Durante la etapa competitiva, semana a semana (en la mayoría) se realizó el control de los niveles de lactato y frecuencia cardiaca durante los





entrenamientos de la resistencia especial, llevándose a cabo el siguiente proceso:

- Preparación del material antes del entrenamiento.
- Registro de los jugadores disponibles para el testeo.
- Control de un calentamiento adecuado previo al ejercicio.
- Control de los niveles de lactato producidos al terminar el ejercicio.
- Registro de los resultados obtenidos.

### **3. Test de esfuerzo de la condición física final**

Se realizó el mismo test utilizado para el control inicial, midiendo los mismos parámetros e intentando que se realizase en las mismas condiciones.

#### **❖ Cronograma y matriz de valoración láctica del futbolista**

Las valoraciones se realizaron la mayor cantidad de semanas posibles en el transcurso de la etapa competitiva. Durante los entrenamientos se registraron los datos del nivel de lactato producido y la frecuencia cardíaca; en las evaluaciones físicas además de esos dos parámetros, también se registró el tiempo en el que se realizó la prueba.



Tabla N°- 4: Matriz de valoración láctica del futbolista

VALORACIONES- MEDICIONES	
<b>TEST FÍSICO INICIAL</b> 1.000m	TIEMPO EN QUE REALIZA LA PRUEBA
	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA
<b>SEMANA 1</b>	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA
<b>SEMANA 2</b>	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA
<b>SEMANA 3</b>	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA
<b>SEMANA 4</b>	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA
<b>SEMANA 5</b>	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA
<b>TEST FÍSICO FINAL</b> 1.000m	TIEMPO EN QUE REALIZA LA PRUEBA
	NIVELES DE LACTATO
	FRECUENCIA CARDÍACA

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

### 3.2.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultado de la investigación llevada a cabo, se obtuvieron datos que fueron analizados estadísticamente en relación a las siguientes variables:

- Niveles de lactato y frecuencia cardíaca.



- Niveles de lactato y posición de los jugadores dentro del campo de juego.
- Niveles de lactato en relación a los resultados de los test físicos.

**Procedimiento estadístico:**

Los datos fueron procesados en el programa SPSS 22. Luego de exponer los datos sociodemográficos descriptivos mediante frecuencias y porcentajes se procede al análisis de los factores estudiados. Probada la normalidad, se realizan pruebas de correlación de Pearson en aquellas variables que así lo permitían, de lo contrario se procedió a aplicar la prueba de correlación de Spearman. Las pruebas de correlación fueron aplicadas al lactado, VO<sub>2</sub> máximo, VMA, tiempo en segundos, frecuencia cardiaca, medidas antes y después de empezadas las 5 semanas de entretamiento. Únicamente se midió lactato y frecuencia cardiaca durante las cinco semanas de entrenamiento, en las cuales se realizaron pruebas de correlación de Pearson o Spearman dependiendo de la distribución muestral y homogeneidad de las varianzas. Para probar la relación entre lactato y rendimiento físico, aparte de las pruebas de correlación, se dicotomizó al lactato y al VO<sub>2</sub> máximo para encontrar posibles asociaciones entre los factores, se cruzó una variable fija (dicotómica) con la aleatoria (numérica u ordinal). Para medir pulsaciones y posiciones de juego de los deportistas en relación al nivel de lactato no se hizo otra cosa que correlaciones.

El nivel de significancia adoptado fue de 0,05, lo que equivale a un 5% de error máximo aceptado para concluir asociaciones o diferencias significativas entre



los factores. Ello significa que si  $p$  es  $<0,05$  se acepta la existencia de diferencias significativas o asociaciones (dependiendo de la situación), pero si  $p$  es  $>0,05$ , entonces se concluye que las variables son homogéneas o no están asociadas (dependiendo de la situación).



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN DE LA VALORACIÓN LÁCTICA DE PRUEBAS FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO

#### 4.1 DATOS DESCRIPTIVOS

##### Edad

Tabla N°- 5: Edad de los jugadores

Edad	n	%
20-22	6	33,3
23-25	6	33,3
26-28	6	33,3
Total	18	100,0

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

El grupo de deportistas que se estudia tiene una edad mínima de 20 años y máxima de 28. Las edades están distribuidas de manera proporcional por lo que hasta 22 años lo conforman el 33,3%, hasta los 25 años también el 33,3%, y de igual manera hasta los 28 años se encuentran un porcentaje de 33,3%.

Esto nos indica que, el grupo presenta madurez biológica, por lo que es posible aplicar las cargas de trabajo previstas, sin provocar posibles perjuicios sobre el desarrollo físico de los deportistas.



## Grado académico

Tabla N°- 6: Grado académico alcanzado por los jugadores

Grado académico	n	%
Bachiller	5	27,8
Cursa carrera universitaria	13	72,2
Total	18	100,0

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

Los miembros del equipo en un 27,8% han culminado el bachillerato y no se encuentran realizando ningún estudio formal complementario. Sin embargo, la mayoría que es el 72,2% son estudiantes universitarios que combinan sus estudios con el deporte.

Este punto nos aporta un panorama subjetivo pero a su vez importante, ya que como parámetro cuantificable, el nivel de preparación académica, es un indicador de la madurez y desarrollo de procesos mentales del jugador, lo cual influye en la comprensión del trabajo que ejecutan y facilita la realización de la investigación.



## Ocupación

Tabla N°- 7: Ocupaciones a las que dedican su tiempo los jugadores

Ocupación	n	%
Únicamente fútbol	5	27,8
Estudio y fútbol	8	44,4
Trabajo y fútbol	2	11,1
Trabajo, estudio y fútbol	3	16,7
Total	18	100,0

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

En la presente encuesta, se les preguntó a los jugadores si tenían otra ocupación aparte de entrenar fútbol; y, el 27,8% respondió que no, pues de momento a lo único a lo que se dedicaban era a entrenar y jugar para el Club Estrella Roja. Por su parte el 44,4% manifestó que además de entrenar, estudiaba. Únicamente el 11,1% señaló trabajar aparte de su actividad futbolística, y un 16,7% combina estudio, trabajo y fútbol.

Resulta importante conocer las actividades a las que se dedican los jugadores, ya que, para ellos, esto implica distribuir horarios y energía para realizar una, dos o hasta tres actividades concretas al día; lo cual influye en su rendimiento deportivo. No es comparable la situación entre un futbolista remunerado y la de un futbolista no remunerado; ya que el futbolista remunerado, por la remuneración que recibe, puede y debe dedicar su alimentación, descanso y entrenamiento específicamente a su carrera deportiva; por otro lado, al futbolista no remunerado (realidad en la cual se encuentran la mayoría de jugadores de ascenso), no le es posible enfocar el cien por ciento de su tiempo



y energía a la práctica de fútbol, ya que ésta no le genera ingresos económicos, y se ve en la necesidad de laborar en otras actividades para su subsistencia diaria, o como en muchos casos, se dedica a estudiar para tener otra alternativa profesional y laboral a futuro.

### Posición de juego

Tabla N°- 8: Posición de los jugadores dentro del campo de juego

Posición de juego	n	%
Delantero	4	22,2
Volante	8	44,4
Defensa	6	33,3
Total	18	100,0

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

La posición de juego del grupo de jugadores es de cuatro delanteros (22,2%), ocho volantes (44,4%) y seis defensas (33,3%).





## 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.2.1 Análisis correlacional entre factores de evaluaciones físicas

- Evaluación física inicial

Tabla N°- 9: Resultado de análisis correlacional entre factores de la evaluación física inicial

Factores		Lactado inicial	VO <sub>2</sub> máximo inicial	VMA inicial	Tiempo en segundos inicial	Frecuencia cardiaca inicial
Lactato inicial	Correlación de Pearson	1	-,202	,107	,345	,055
	Sig. (bilateral)		,421	,673	,160	,828
VO <sub>2</sub> máximo inicial	Correlación de Pearson	-,202	1	,077	-,178	-,118
	Sig. (bilateral)	,421		,761	,481	,641
VMA inicial	Correlación de Pearson	,107	,077	1	,077	,593
	Sig. (bilateral)	,673	,761		,761	,010**
Tiempo en segundos inicial	Correlación de Pearson	,345	-,178	,077	1	,217
	Sig. (bilateral)	,160	,481	,761		,387
Frecuencia cardiaca inicial	Correlación de Pearson	,055	-,118	,593	,217	1
	Sig. (bilateral)	,828	,641	,010	,387	

\*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Elaborado por: Paulina Pino A.

**Interpretación:** En los resultados de la evaluación física inicial no se advirtió correlación del lactato con los otros factores analizados. **La única correlación**



que se advirtió fue la de VMA con la frecuencia cardíaca (0,59/1) con un error del 1%, por debajo de 0,05. Ello significa que a mayor VMA, mayor es la Frecuencia cardíaca.

### **Análisis y discusión**

La falta de correlación entre lactato y los diferentes factores que involucra la evaluación física, podría deberse a las siguientes posibilidades:

- Lactato y frecuencia cardíaca: su causa puede ser la forma de calcular la FC. No existió la utilización de pulsómetros, y ello nos lleva a depender del nivel de experticia de los jugadores en la toma de pulsaciones lo cual podría presentar errores.
- Lactato y  $VO_2$  máximo: tomando en cuenta que un alto porcentaje de los jugadores tienen actividades desgastantes fuera de su entrenamiento y por ser la primera vez que se sometían a este tipo de pruebas, posiblemente sus condiciones de descanso, alimentación y ansiedad no fueron las óptimas y ello pudo influir en los resultados.

Respecto a la correlación altamente significativa entre frecuencia cardíaca y VMA, simplemente confirma que el trabajo a máxima intensidad exige gran esfuerzo del sistema cardio - respiratorio, por lo que al aumentar la velocidad, aumenta también la frecuencia cardíaca en el organismo.



• **Evaluación física final**

**Tabla N°- 10: Resultado de análisis correlacional entre factores de la evaluación física final**

Factores		Lactado final	VO <sub>2</sub> máximo final	VMA final	Tiempo en segundos final	Frecuencia cardíaca final
Lactato final	Correlación de Pearson	1	-,405	,028	,402	,544
	Sig. (bilateral)		,095	,912	,099	,020*
VO <sub>2</sub> máximo final	Correlación de Pearson	-,405	1	,157	-,987	-,235
	Sig. (bilateral)	,095		,534	,000**	,348
VMA final	Correlación de Pearson	,028	,157	1	-,137	-,176
	Sig. (bilateral)	,912	,534		,588	,485
Tiempo en segundos final	Correlación de Pearson	,402	-,987	-,137	1	,263
	Sig. (bilateral)	,099	,000	,588		,292
Frecuencia cardíaca final	Correlación de Pearson	,544	-,235	-,176	,263	1
	Sig. (bilateral)	,020	,348	,485	,292	

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

\*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

**Interpretación:** a) Al final del entrenamiento se reportó que el lactato mantiene una correlación directa significativa con la frecuencia cardíaca (0,54/1). El nivel de significación es de 0,02, por debajo de 0,05, por lo que se



considera que existe correlación directa significativa. Ello puede ser interpretado como a mayor frecuencia cardíaca mayor lactato.

b) Una segunda correlación se ha evidenciado entre el **VO<sub>2</sub> máximo y el tiempo en segundos**. Si el uno crece el otro el otro decrece. El nivel de correlación es de -0,99/1, altamente significativo pues el nivel de error es de 0,000.

c) No se ha determinado una correlación significativa entre el lactato y el VO<sub>2</sub> máximo, VMA y el tiempo en segundos.

### **Análisis y discusión**

a) Esta correlación nos muestra un aumento conjunto de la frecuencia cardíaca y el nivel de lactato en este tipo de trabajo, permitiendo a su vez relacionar el nivel de pulsaciones con la condición muscular del jugador. El resultado es muy útil como parámetro guía en el control del entrenamiento, pues a falta de recursos para medir niveles de lactato, es más accesible trabajar con medición de frecuencia cardíaca.

b) Este resultado es completamente esperado pues el objetivo del test de los 1.000 metros es realizar el recorrido en el menor tiempo posible lo cual significa también que a menor tiempo realizado mayor VO<sub>2</sub> máximo.



- **Análisis correlacional entre valores medios de evaluaciones**

**Tabla N°- 11: Valores medios de factores antes y después de la temporada de entrenamiento**

Factores	Antes		Después		p
	Media	IC (95%)	Media	IC (95%)	
Lactato	10,711	± 1,893	10,483	± 1,117	0,222
Tiempo en segundos	310,39	±196,95	203,33	± 6,49	0,164
VO <sub>2</sub> máximo	60,48	± 1,18	60,77	± 0,97	0,273
VMA	4,91	± 0,19	4,96	± 0,17	0,879
Frecuencia cardiaca inicial	190,00	± 5,71	186,11	± 3,93	<b>0,034</b>

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

**Interpretación:** a) No existen diferencias significativas entre el lactato antes y después de la temporada de entrenamiento. La comparación de la medida realizada antes de iniciada la temporada de entrenamiento y después de ella deja una sola diferencia que merece ser analizada: **b) Se trata de la disminución de la frecuencia cardíaca la cual, en un principio fue de 190 pulsaciones y tras ella se disminuyó a 186,11 pulsaciones.** c) No se advierten diferencias significativas en lo que respecta al tiempo, al VO<sub>2</sub> máximo o a la VMA.

### **Análisis y discusión**

a) Al no existir diferencias significativas entre los niveles de lactato de la evaluación inicial y la final, se corrobora la teoría de Juan Carlos Mazza (2010), quien indica que al reducirse el volumen de cargas intervaladas y combinarlas



con esfuerzos intermitentes (trabajo intermitente-intervalado) se logra mantener la capacidad aeróbica y la capacidad de producción – remoción de ácido láctico.

b) La disminución de frecuencia cardíaca evidencia mejoría en la capacidad aerobia de los jugadores, y demuestra que el ejercicio máximo reduce la frecuencia cardíaca.

c) En lo concerniente a  $VO_2$  máximo y VMA, factores que no presentaron cambios significativos entre el control previo y el posterior, al igual que en el caso del literal a, se interpreta como un mantenimiento general de las capacidades respectivas.

Por otro lado, la media obtenida de los niveles de lactato concuerda con el parámetro indicado por J.C. Mazza, quien manifiesta que en trabajos de  $VO_2$  máximo, los niveles de lactato se presentan entre 9-11 mmol/l.



#### 4.2.2 Análisis correlacional entre factores durante el entrenamiento

- **Comportamiento del ácido láctico en el entrenamiento**

Tabla N°- 12: Correlación entre factores durante las semanas de entrenamiento

Medición	Lactato		Frec. Cardiaca		Correlación	p
	Media	IC (95%)	Media	IC (95%)		
Semana 1	4,99	1,27	183,33	3,54	0,275	0,269
Semana 2	3,44	0,61	175,56	2,84	-0,122	0,631
Semana 3	4,94	0,83	185,56	3,26	0,261	0,295
Semana 4	2,92	0,54	178,33	2,86	-0,101	0,690
Semana 5	5,92	1,09	184,44	2,36	0,065	0,799
Promedio general	4,44	0,33	181,11	0,79	0,236	0,345

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

**Interpretación:** No se advierte correlación significativa entre el lactado y la frecuencia cardíaca en ninguno de las cinco semanas de entrenamiento. Por lo tanto se concluye que no existió correlación entre la frecuencia cardíaca y el lactato de los 18 deportistas evaluados.

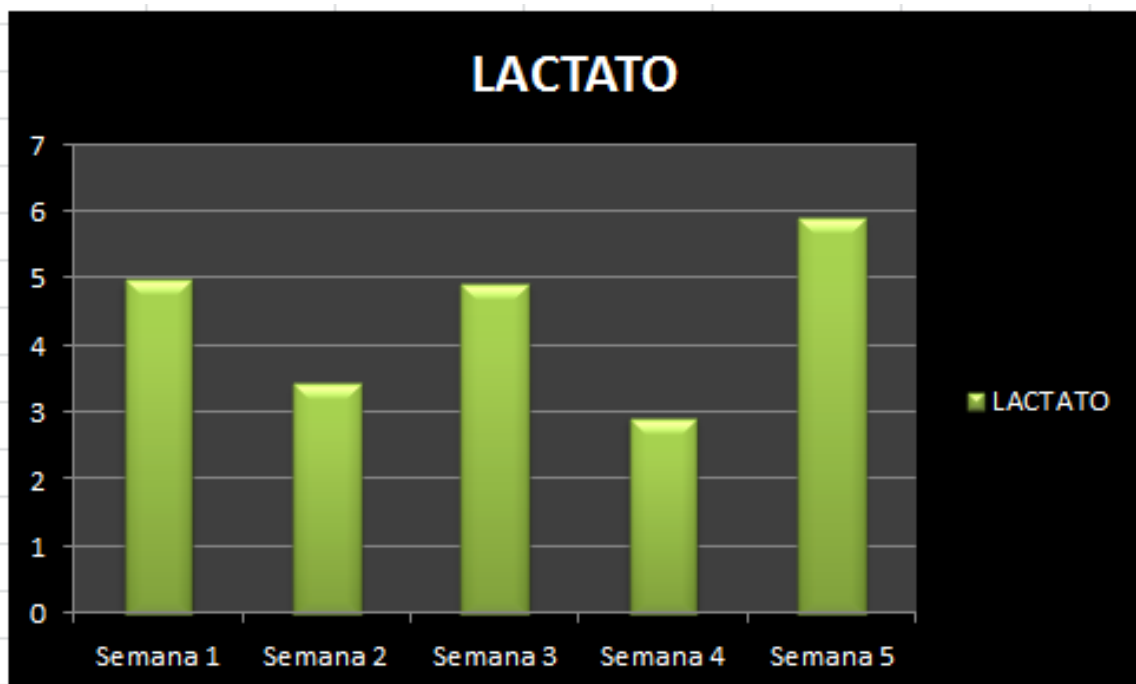
#### **Análisis y discusión**

A pesar de no existir ninguna correlación entre los factores durante las semanas de entrenamiento, al llevar los resultados a un gráfico podremos observar ciertas semejanzas entre semanas de manera agrupada: Grupo A: semanas 1, 3 y 5, y Grupo B: semanas 2 y 4.



Tanto en niveles de lactato, como en frecuencia cardiaca es posible notar niveles menores en las semanas del grupo A, y obviamente niveles mayores en las semanas del otro grupo. Esto puede ser debido a las particularidades del manejo de la recuperación en el ejercicio.

**Gráfico N°- 10: Niveles medios de lactato producidos durante las semanas de entrenamiento**

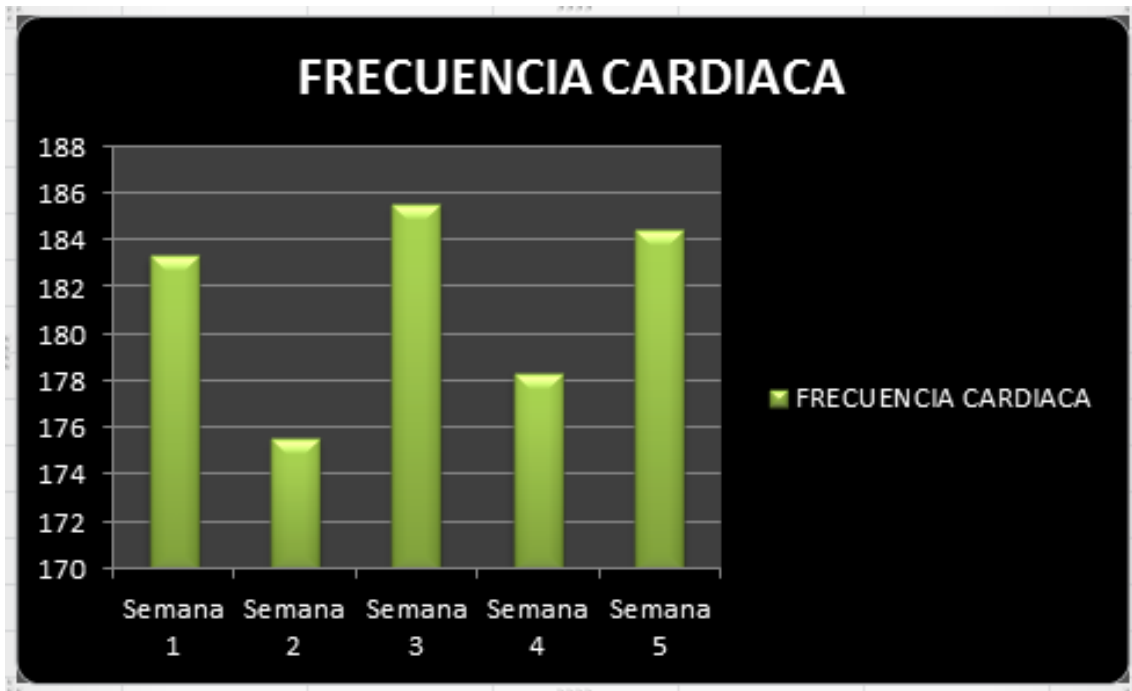


**Elaborado por:** Paulina Pino A.





Gráfico N°- 11: Niveles medios de frecuencia cardiaca producidos durante las semanas de entrenamiento



**Elaborado por:** Paulina Pino A.

El método de entrenamiento en los dos grupos fue el intermitente – intervalado, pero la diferencia radica en:

- Grupo A.- el trabajo fue C.C.V.V, es decir, carrera continua de velocidad variada, por lo tanto la recuperación se daba de forma activa dentro de los intervalos de menor intensidad.
- Grupo B.- se trabajó con intervalos de ejercicio entre los cuales la recuperación se daba deteniendo la carrera por completo y utilizando recursos alternos como recuperación con técnica de dominio de balón individual o en parejas hasta llegar a aproximadamente 120 p/m, lo cual equivale en tiempo entre 1`30`` - 2` (pocos casos hasta 2`30``), para reiniciar el nuevo tramo de trabajo.



Respecto al segundo grupo de trabajo se tomó en cuenta el manejo de la recuperación indicado por Gabriel Batistuta (2005), al controlar según el número de pulsaciones para comenzar el nuevo intervalo de ejercicio; al medir el tiempo que tomaba para que las pulsaciones lleguen a ese punto, coincidió con el parámetro planteado por Juan Carlos Mazza de 1`30`` a 2` (casi en su totalidad), a pesar que él indica que la respuesta de la frecuencia cardíaca no es un parámetro fiable para control del entrenamiento en este tipo de ejercicios.

**4.2.3 Relación entre niveles de ácido láctico y variables de: rendimiento físico, frecuencia cardíaca y posición dentro del campo de juego.**

- **Nivel de lactato y Rendimiento Físico (resultado de evaluaciones físicas VO<sub>2</sub> máximo).**

**Tabla N°- 13: Correlación entre lactato y rendimiento físico**

		Lactato	VO <sub>2</sub> máximo inicial	VO <sub>2</sub> máximo final
Lactato	Correlación de Pearson	1	-,456	-,304
	Sig. (bilateral)		,057	,221
VO <sub>2</sub> máximo inicial	Correlación de Pearson	-,456	1	,637**
	Sig. (bilateral)	,057		,004
VO <sub>2</sub> máximo final	Correlación de Pearson	-,304	,637**	1
	Sig. (bilateral)	,221	,004	

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Elaborado por:** Paulina Pino A.



**Interpretación:** Se advierte una **correlación directa entre el VO<sub>2</sub> inicial VO<sub>2</sub> máximo final, la correlación es buena pues llega a 0,64/1**, el error es de 0,4%. Por lo que se considera altamente significativa.

Si es que se divide en dos partes a los niveles de lactato, aquellos que están por encima de la media obtenida en las evaluaciones físicas y aquellos que están por debajo, se encuentran los siguientes resultados:

**Tabla N°- 14: División de niveles de lactato sobre y bajo la media, en resultados de evaluaciones físicas**

Factores	VO <sub>2</sub> bajo la media		VO <sub>2</sub> sobre la media		p
	Media	IC (95%)	Media	IC (95%)	
<b>Lactato inicial</b>	5,19	1,28	3,70	0,34	<b>0,040*</b>
<b>Lactato final</b>	4,65	1,21	4,23	1,03	0,627

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).\*

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

**Interpretación:** Aquí se advierte una diferencia en el VO<sub>2</sub> inicial, el cual muestra diferencias significativas únicamente durante la evaluación inicial. En este sentido **los que tenían un VO<sub>2</sub> bajo la media dieron como resultado un lactato de 5,19 y quienes tenían un VO<sub>2</sub> sobre la media arrojaron un valor de lactato de 3,70**. Esta diferencia es significativa al 0,05 pues el valor calculado da como resultado 0,04.

### **Análisis y discusión**

En esta tabla se evidencia que los jugadores con VO<sub>2</sub> máximo más alto acumulan menos cantidad de ácido láctico, y de forma inversa los que tiene un



VO<sub>2</sub> más bajo, pues acumularon mayor cantidad de lactato. Esto nos permite conocer la capacidad de remoción de lactato del jugador por medio de su nivel de VO<sub>2</sub> máximo.

- **Nivel de lactato y frecuencia cardiaca (pulso o pulsaciones por minuto)**

**Tabla N°- 15: Asociación entre lactato y frecuencia cardiaca en las semanas de entrenamiento**

		Lactato	Frecuencia cardiaca
Lactato	Correlación de Pearson	1	,050
	Sig. (bilateral)		,834
Frecuencia cardiaca	Correlación de Pearson	,050	1
	Sig. (bilateral)	,834	

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

**Interpretación:** El promedio del lactato de las cinco semanas de entrenamiento no se encuentra asociado con la frecuencia cardiaca de los deportistas.

### **Análisis y discusión**

Este resultado confirma la teoría de J.C. Mazza (2010), quien en base a sus investigaciones expone que la correlación entre frecuencia cardíaca y lactato en este tipo de trabajo intermitente es sumamente baja, por lo tanto la prescripción de sus cargas de ejercicio y su control no deben basarse en la respuesta de la FC.



A su vez, el resultado, contradice la teoría de Gabriel Batistuta quien maneja la recuperación y el inicio de los intervalos de esfuerzo según el número de pulsaciones de frecuencia cardiaca del jugador.

- **Nivel de lactato y posición (volante, defensa, delantero) en la cancha**

**Tabla N°- 16: Asociación entre niveles de lactato y función de juego**

	Media	95% del intervalo de confianza para la media		p
		Límite inferior	Límite superior	
Delantero	4,3000	2,2581	6,3419	0,820
Volante	4,8425	3,3281	6,3569	
Defensa	4,0100	3,2021	4,8179	
Total	4,4444	3,7479	5,1410	

**Elaborado por:** Paulina Pino A.

**Interpretación:** No se advierten diferencias significativas de acuerdo a la posición de juego que tienen los deportistas en cuando al promedio de lactato por cada grupo.

**Análisis y discusión**

Este resultado puede darse porque el trabajo físico es el mismo para todo el equipo (excepto para los arqueros), por lo tanto el desarrollo de sus capacidades se dio de forma homogénea sin influir la función dentro del campo de juego.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

En base al porcentaje de resultados positivos obtenidos de la investigación realizada, podemos afirmar que la metodología de entrenamiento intermitente - intervalado aplicada es favorable para el mantenimiento y mejora de la capacidad de resistencia específica durante la etapa competitiva en equipos de fútbol.

Es importante indicar que este tipo de entrenamiento es útil, siempre y cuando se lo trabaje en grupos que cumplan con ciertas características básicas, condiciones que permiten utilizar este método como parte de su preparación física. Estas características implican un nivel adecuado de desarrollo físico previo (lo cual se valora en base a tests de esfuerzo físico), continuidad en el entrenamiento para tener control de las cargas tanto de entrenamiento como de competencia para trabajar en base a ello y; ya específicamente dentro de la preparación física, juega un papel muy importante el manejo de las cargas de trabajo como de la recuperación para obtener el resultado esperado.

#### **5.1 CONCLUSIONES RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES FÍSICAS**

Previo a la aplicación del entrenamiento intermitente – intervalado, es necesario conocer las condiciones de la capacidad aerobia – anaerobia de los jugadores como punto de partida, para ello son necesarias pruebas físicas. El test de esfuerzo físico de los 1.000 metros utilizado en esta investigación, arroja valores fisiológicos importantes; al ser un trabajo de  $VO_2$  máximo que



exige gran esfuerzo al sistema cardio – respiratorio provoca aceleración de la frecuencia cardiaca, además eleva los niveles de acumulación de lactato y, por medio del tiempo en el que se realiza esta prueba es posible conocer el nivel de  $VO_2$  máximo de cada jugador. Respecto a todos estos parámetros es necesario que los jugadores cumplan con valores óptimos para poder aplicar la metodología de entrenamiento planteada. Los valores expuestos en las teorías, así como los resultados obtenidos de la investigación se centran en lo siguiente:

- Frecuencia cardiaca: se acelera a 180 – 190 pulsaciones por minuto,
- $VO_2$  máximo: alrededor de  $60 \text{ ml/kg/min}^{-1}$ , el cual es muy bueno.
- Niveles de lactato: acumulación entre 9 – 11 mmol/lt al terminar la prueba.

En este trabajo de intensidad elevada, se da un aumento lineal de la frecuencia cardiaca y los niveles de lactato, por lo tanto existe relación entre estos dos factores; ello permite utilizar el control de la frecuencia cardiaca como una guía para conocer la saturación de ácido láctico en el músculo.

Al comparar los resultados del test físico inicial con los resultados del test final, la disminución de la frecuencia cardiaca de 190 p/m a 186,2 p/m refleja una mejora en la capacidad aerobia de los jugadores. Por otro lado, no se evidencian diferencias significativas respecto a los niveles de lactato antes y después de la temporada competitiva, ello significa mantenimiento de la capacidad de producción-remoción del ácido láctico. Por lo tanto se confirma que el entrenamiento Intermitente – intervalado como método de trabajo para la



resistencia especial durante la etapa competitiva sirve para mantener y desarrollar la capacidad aerobia o la resistencia especial en el fútbol.

Respecto a la relación entre ácido láctico y rendimiento físico (basado en el  $VO_2$  máximo), el estudio realizado indica que los jugadores con  $VO_2$  máx. más alto acumulan menos cantidad de lactato, pero sucede lo inverso con los jugadores con  $VO_2$  máx. más bajo. Por lo tanto la realización del test de esfuerzo físico aerobio – anaerobio es un indicador útil para conocer la capacidad de producción - remoción del ácido láctico que tiene el jugador, según su nivel de  $VO_2$  máximo.

La falta de correlación entre lactato y los factores de  $VO_2$  máximo, tiempo en segundos y velocidad máxima de aceleración (VMA), puede deberse a varias posibilidades; entre ellas las condiciones no adecuadas en cuanto a descanso y alimentación previas a la realización de las pruebas, esto por motivo de las condiciones sociodemográficas que caracterizan a este grupo, pues la mayoría de jugadores dedican su tiempo también a otras actividades como trabajo y estudio, y ello influye en el rendimiento de sus entrenamientos.

## **5.2 CONCLUSIONES RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ENTRENAMIENTO**

Es importante resaltar que el tipo de recuperación empleada jugó un papel fundamental en los niveles de acumulación de lactato, a pesar que se manejó siempre el mismo método de entrenamiento, se obtuvieron diferentes resultados. Se utilizaron dos formas específicas durante los intervalos de recuperación activa: a) Recuperación activa con ejecución de la misma





actividad a baja intensidad, b) Recuperación activa con actividad alterna. La investigación nos lleva a la conclusión que la recuperación con actividades alternas es más efectiva al tener como resultado menores niveles de lactato y de frecuencia cardiaca.

A pesar que en la recuperación activa con actividad alterna coinciden dos teorías: A) El tiempo de recuperación determinado por J. C Mazza y B) El control por medio de la frecuencia cardiaca sugerida por G. Batistuta (considerando que la primera contradice a la segunda); según los resultados de la investigación realizada, en el entrenamiento intermitente - intervalado no existe correlación entre la frecuencia cardiaca y el nivel de lactato, por lo tanto concluimos que al determinar las cargas de trabajo o el manejo de la recuperación, no es 100% conveniente basarse en la FC de los sujetos, coincidiendo en criterio con lo planteado por Juan Carlos Mazza.

Respecto a la relación entre lactato y posición dentro del campo de juego, se considera que el entrenamiento físico dirigido de forma grupal, tiene el resultado lógico correspondiente, en este caso el resultado es un nivel homogéneo de capacidad de resistencia específica en los componentes de acumulación de ácido láctico y frecuencia cardiaca. Esto implica que las actividades de entrenamiento técnico - táctico que realizan los sujetos, o su función durante los partidos de competencia, no influyen a nivel de marcar diferencia en la capacidad de resistencia física entre las diferentes posiciones dentro del campo de juego, por su lado la que si influye es la preparación física de los jugadores.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, B. M. (2014). *Ciclo de Krebs*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de Sitio Web bioquiwik1:  
[https://www.google.com.ec/search?q=ciclo+de+krebs+wilmore+y+costill&client=firefox-a&hs=S1w&rls=org.mozilla:es-ES:official&channel=np&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ei=pZVBVPS\\_LMjHggTvp4A4&ved=0CAgQ\\_AUoAQ&biw=1024&bih=497#rls=org.mozilla:es-ES:official&channel](https://www.google.com.ec/search?q=ciclo+de+krebs+wilmore+y+costill&client=firefox-a&hs=S1w&rls=org.mozilla:es-ES:official&channel=np&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ei=pZVBVPS_LMjHggTvp4A4&ved=0CAgQ_AUoAQ&biw=1024&bih=497#rls=org.mozilla:es-ES:official&channel)
- Barbany, J. (2006). *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Barcelona: España.
- Batistuta, G. O. (2005). Argentina.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Fox, E. (1989). *Fisiología del deporte*. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Gorostiaga, E. (2002). *Fútbol: bases fisiológicas, evaluación y prescripción del entrenamiento*. Obtenido de Cuadernos Técnicos de Deporte:  
<http://deportelimpio.runsimpleprojects.com/recursos/docs/ceimd/Futbol2002r.pdf>
- Hernando Domingo, C. (04 de Mayo de 2007). *Ergoforesis de los componentes lácticos, ventilatorios y carodiovasculares del fenómeno umbral*. Obtenido de Repositori Universitat Jaume I: <http://hdl.handle.net/10234/29500>
- Lopez Chicharro, J., & Fernandez Vaquero, A. (2008). *Fisiología del Ejercicio*. Buenos Aires: Médica Pnamericana.
- Martin, A. M., González, C., & Llop, F. (2007). *Presente y futuro del ácido láctico*. Obtenido de Archivos de medicina del deporte. Femede.es Web site:  
[http://femede.es/page.php?/NumerosRevista/amd\\_2007\\_120](http://femede.es/page.php?/NumerosRevista/amd_2007_120)
- Mazza, J. C. (2010). Análisis Fisiológico del Fútbol como juego. Argentina.
- Mazza, J. C. (2010). *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DEPORTES ACICLICOS DE PRESTACIÓN INTERMITENTE, CON MEDICIONES DE LACTATO EN SANGRE: FOCO FÚTBOL*. Obtenido de coaching-deporte.com.
- Mazza, J. C. (2010). *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DEPORTES ACICLICOS DE PRESTACIÓN INTERMITENTE, CON MEDICIONES DE LACTATO EN SANGRE: FOCO FÚTBOL*. Recuperado el 7 de Julio de 2014, de coaching-deporte.com: [http://coaching-deporte.com/wp-content/uploads/2010/11/Articulo\\_Soccer\\_and\\_Lactate\\_Testing-Dr.-Mazza.pdf](http://coaching-deporte.com/wp-content/uploads/2010/11/Articulo_Soccer_and_Lactate_Testing-Dr.-Mazza.pdf)



Mazza, J. C. (2010). *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DEPORTES ACICLICOS DE PRESTACIÓN INTERMITENTE, CON MEDICIONES DE LACTATO EN SANGRE: FOCO FÚTBOI*. Obtenido de coaching-deporte.com: [http://coaching-deporte.com/wp-content/uploads/2010/11/Articulo\\_Soccer\\_and\\_Lactate\\_Testing-Dr.-Mazza.pdf](http://coaching-deporte.com/wp-content/uploads/2010/11/Articulo_Soccer_and_Lactate_Testing-Dr.-Mazza.pdf)

Mazza, J. C. (2010). *METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DEPORTES ACICLICOS DE PRESTACIÓN INTERMITENTE, CON MEDICIONES DE LACTATO EN SANGRE: FOCO FÚTBOI*. Recuperado el 9 de Junio de 2014, de coaching-deporte.com: [http://coaching-deporte.com/wp-content/uploads/2010/11/Articulo\\_Soccer\\_and\\_Lactate\\_Testing-Dr.-Mazza.pdf](http://coaching-deporte.com/wp-content/uploads/2010/11/Articulo_Soccer_and_Lactate_Testing-Dr.-Mazza.pdf)

Mazza, J. C. (2013). *Análisis fisiológico del Fútbol como juego*. Argentina.

McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

Mishchenko, V., & Monogarov, V. (1995). *Fisiología del Deportista*. Barcelona: Paidotribo.

Reilly, T., & Williams, A. M. (2003). *Science and Soccer*. Londres: Routledge.

Vasconcelos Raposo, A. (2005). *Planificación y Organización del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Paidotribo.

Wilmore, J., & Costill, D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.



## CAPITULO VI

### ANEXOS

#### 6.1 Encuesta realizada a entrenadores de equipos de segunda categoría de fútbol azuayo.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS  
Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
CARRERA DE CULTURA FÍSICA



La siguiente encuesta tiene fines académicos para los estudiantes de la carrera de Cultura Física de la Universidad de Cuenca.

### ENCUESTA

NOMBRE: \_\_\_\_\_

DT-AT-PF: \_\_\_\_\_

CLUB: \_\_\_\_\_

➤ **¿Qué método utiliza para el control del rendimiento o condición física de los jugadores?**

- 1) Medición de ácido láctico sanguíneo
- 2) Úrea
- 3) Toma de pulsaciones (Frecuencia cardíaca)
- 4) Observación (gestos físicos/técnicos deficientes)
- Otros \_\_\_\_\_

Si su respuesta anterior NO fue la opción uno, conteste:

➤ **¿Por qué razón no utiliza la medición de ácido láctico como herramienta de control del rendimiento deportivo en los jugadores?**

- No es necesario
- No es efectivo
- Falta de recursos: económicos, humanos, materiales, etc.
- Otros: \_\_\_\_\_



➤ **¿Conoce algún estudio sobre mediciones de ácido láctico que se haya realizado en el club en el cual trabaja actualmente?**

- No
- Sí

Datos que conoce sobre ese estudio:

---

---

Cuenca, \_\_\_\_ de Julio, 2014

Firma encuestado: \_\_\_\_\_

## **6.2 Tabla de recolección de datos personales de los jugadores**



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS**  
**Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**  
**CARRERA DE CULTURA FÍSICA**



La siguiente recolección de datos tiene fines académicos para los estudiantes de la carrera de Cultura Física de la Universidad de Cuenca.

NOMBRE	EDAD	POSICIÓN EN EL CAMPO DE JUEGO	NIVEL DE INSTRUCCIÓN ACADEMICA	OCUPACIÓN		
				ESTUDIO	TRABAJO	FUTBOL



### 6.3 TABLAS DE RESULTADOS

- Resultados de las encuestas realizadas a entrenadores

PREGUNTA 1	¿Qué método utiliza para el control del rendimiento o condición física de los jugadores?				
OPCIONES	Medición de ácido láctico sanguíneo	Úrea	Toma de pulsaciones (Frecuencia cardíaca)	Observación (gestos físicos/técnicos deficientes)	Otros
RESULTADOS	0%	0%	100%	40%	20%

PREGUNTA 2	¿Por qué razón no utiliza la medición de ácido láctico como herramienta de control del rendimiento deportivo en los jugadores?			
OPCIONES	No es necesario	No es efectivo	Falta de recursos: económicos, humanos, materiales, etc.	Otros
RESULTADOS	0%	0%	100 %	0%

PREGUNTA 3	¿Conoce algún estudio sobre mediciones de ácido láctico que se haya realizado en el club en el cual trabaja actualmente?		
OPCIONES	SI	NO	Datos que conoce sobre ese estudio:
RESULTADOS	20%	80%	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los estudios corresponden netamente al área médica del club.</li></ul>



- Datos personales de los jugadores

NÓMINA	DATOS PERSONALES DE LOS JUGADORES			
	EDAD	POSICIÓN	OCUPACIÓN	INSTRUCCIÓN ACADÉMICA
Alvarado Raul	28	VOLANTE	Estudio/trabajo	Cursando 3er nivel
Ávila Erick	23	DEFENSA	Estudio	Cursando 3er nivel
Arévalo Jhon	21	DEFENSA	Futbolista	Bachiller
Balseca Elvis	20	DELANTERO	Estudio	Cursando 3er nivel
Campoverde Rafael	24	DELANTERO	Estudio	Cursando 3er nivel
Chazi Hernán	26	VOLANTE	Trabajo	Cursando 3er nivel
Dominguez Geovany	23	VOLANTE	Estudio	Cursando 3er nivel
Garnica Edisson	26	DEFENSA	Estudio/Trabajo	Cursando 3er nivel
Meza Edisson	21	VOLANTE	Estudio/Trabajo	Cursando 3er nivel
Moncayo Israel	25	VOLANTE	Estudio	Cursando 3er nivel
Nájera Jefferson	26	DELANTERO	Futbolista	Bachiller
Ordoñez Carlos	27	DEFENSA	Estudio	Cursando 3er nivel
Paucar Javier	26	VOLANTE	Estudio	Cursando 3er nivel
Portocarrera Jhon	21	DEFENSA	Futbolista	Bachiller
Prado David	21	DELANTERO	Estudio	Cursando 3er nivel
Rodas Kleber	20	VOLANTE	Futbolista	Cursando 3er nivel
Vanegas Patricio	25	DEFENSA	Futbolista	Bachiller
Vasquez Adrián	23	VOLANTE	Futbolista/Trabajo	Bachiller





- Resultados de evaluación física inicial

NÓMINA	TEST INICIAL (Evaluacion fisica)				
	Frecuencia Cardiac	Lactato mmol/lt	Tiempo (minutos)	VO2 Máximo.	VMA
Alvarado Raul	180	7.3	3`20"	61,18	5
Ávila Erick	190	10.1	3`05"	63,33	5.41
Arévalo Jhon	180	8.2	3`20"	61,18	5
Balseca Elvis	180	6.1	3`23"	60,74	4.93
Campoverde Rafael	210	11.7	3`54"	56,28	4.27
Chazi Hernán	190	12.3	3` 21"	61,03	4.98
Dominguez Geovany	210	13.8	3`33"	59,31	4.69
Garnica Edisson	190	15.4	3`11"	62,47	5.24
Meza Edisson	200	8.2	3`21"	61,03	4.98
Moncayo Israel	200	13	3`17"	61,61	5.08
Nájera Jefferson	190	11.4	3`08"	62,9	5.32
Ordoñez Carlos	200	9.2	3`06"	63,19	5.38
Paucar Javier	200	16.4	3`35"	59,02	4.65
Portocarrera Jhon	180	11.4	4`15"	53,26	3.92
Prado David	190	10.4	3`40"	58,3	4.55
Rodas Kleber	190	16.7	3`27"	60,17	4.83
Vanegas Patricio	160	12.9	3`20"	61,18	5
Vasquez Adrián	180	10	3`11"	62,47	5.24



- Resultados de entrenamientos

NÓMINA	ENTRENAMIENTO									
	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5	
	Lactato mmol/lit	Frecuencia Cardiaca	Lactato mmol/lit	Frecuencia Cardiaca	Lactato mmol/lit	Frecuencia Cardiaca	Lactato mmol/lit	Frecuencia Cardiaca	Lactato mmol/lit	Frecuencia Cardiaca
Alvarado Raul	3.3	180	3.3	170	5.4	180	5.7	180	0.8	180
Ávila Erick	7.3	180	7.3	170	4.4	190	2	170	2.0	180
Arévalo Jhon	4	170	4	180	2.5	190	4.1	190	2	190
Balseca Elvis	2.8	180	2.8	180	3.5	180	3.5	180	2.8	190
Campoverde Rafael	8.5	190	8.5	180	4	190	6.3	180	2.9	180
Chazi Hernán	11.2	190	11.2	170	5.2	180	4.3	170	5.5	180
Dominguez Geovany	4.3	190	4.3	180	1.6	190	4.3	180	3	190
Garnica Edisson	2.8	180	2.8	170	2.3	180	4.6	170	3.3	180
Meza Edisson	1.9	190	1.9	190	2.5	180	3.7	180	2.7	190
Moncayo Israel	3.6	190	3.6	170	3.7	180	3.3	180	1.3	180
Nájera Jefferson	2.4	180	2.4	180	1.8	190	4.2	180	2.9	180
Ordoñez Carlos	2.4	190	2.4	170	3.8	190	3.6	170	3.5	190
Paucar Javier	9.3	200	9.3	180	4.7	190	9.6	180	4.2	190
Portocarrera Jhon	6.7	170	6.7	180	4.1	200	5.8	190	5.1	180
Prado David	5.3	180	5.3	170	2.4	190	8	180	2.9	180
Rodas Kleber	6.1	180	6.1	180	5.5	170	5	180	2.3	190
Vanegas Patricio	2	180	2	170	3.3	180	4.6	180	2.6	180
Vasquez Adrián	6	180	6	170	1.2	190	6.4	170	2.8	190



- Resultados de evaluación física final

NÓMINA	TEST FINAL(Evaluacion fisica)					
	Lactato mmol/lit	Frecuencia Cardíaca	Lactato mmol/lit	Tiempo (minutos)	VO2 Máximo.	VMA
Alvarado Raul	4.5	180	6.5	3'12"	62,33	5.21
Ávila Erick	4.7	180	11.2	3'10"	62,61	5.26
Arévalo Jhon	5	190	9.1	3'27"	60,17	4.83
Balseca Elvis	4.1	170	6.7	3'34"	59,16	4.67
Campoverde Rafael	7.2	190	10.2	3'45"	57,58	4.44
Chazi Hernán	10.7	180	9.7	3'05"	63,33	5.41
Dominguez Geovany	3	190	14.2	3'40"	58,3	4.55
Garnica Edisson	3.6	190	10.3	3'05"	63,33	5.41
Meza Edisson	8.6	190	9.1	3'15"	61,89	5,13
Moncayo Israel	4.3	200	11.6	3'23"	60,74	4.93
Nájera Jefferson	4.3	190	9.4	3'05"	63,33	5.41
Ordoñez Carlos	6.3	190	8.9	3'10"	62,61	5.26
Paucar Javier	11.8	200	15.6	3'46"	57,43	4.42
Portocarrera Jhon	5.7	180	10.2	3'27"	60,17	4.83
Prado David	6.2	190	11.6	3'48"	57,15	4.39
Rodas Kleber	4.6	190	14.5	3'19"	61,32	5.03
Vanegas Patricio	6.2	170	10.7	3'18"	61,46	5.05
Vasquez Adrián	5.8	180	9.2	3'21"	61,03	4.98



## 6.4 FOTOGRAFÍAS

- EVALUACIÓN FÍSICA INICIAL







- **ENTRENAMIENTOS**

















- **EVALUACIÓN FÍSICA FINAL**





