



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

**CARRERA EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA DEPORTES Y
RECREACIÓN**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA DEPORTES Y RECREACIÓN**

**AUTOR: ORTIZ CONDO, JORGE FERNANDO
AUTOR: MALDONADO VACA, IGNACIO FERNANDO**

**TEMA: ESTUDIO EN ALTURA DEL COMPORTAMIENTO DE LA
FRECUENCIA CARDIACA Y LACTACIDEMIA CON DEPORTISTAS
DE LA PRESELECCIÓN DE CADETES DEL EQUIPO DE NATACIÓN
DE LAS FUERZAS ARMADAS DEL ECUADOR**

**DIRECTOR: MSc. MARIO VACA
COORDIRECTOR MSc. ALBERTO GILBERT**

SANGOLQUÍ, ABRIL 2014

CERTIFICACIÓN

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación titulado, **“ESTUDIO EN ALTURA DEL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y LACTACIDEMIA CON DEPORTISTAS DE LA PRESELECCIÓN DE CADETES DEL EQUIPO DE NATACIÓN DE LAS FUERZAS ARMADAS DEL ECUADOR”** realizado por el señor Capt. De A. Ortiz Condo Jorge Fernando y el Sr. Capt. De C.B. Maldonado Vaca Ignacio Fernando, ha sido revisado prolijamente y cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto nos permitimos acreditarlo a autorizar al señor Capt. De A. Ortiz Condo Jorge Fernando y el Sr. Capt. De C.B. Maldonado Vaca Ignacio Fernando para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 08 de Abril del 2014

DIRECTOR DE TESIS

MSc. Mario Vaca

CODIRECTOR DE TESIS

MSc. Alberto Gilbert

AUTORÍA

Nosotros, CAPT. de A. Ortiz Condo Jorge Fernando, con cédula de identidad 1002288726 y CAPT. de C.B. Maldonado Vaca Ignacio Fernando, con cédula de identidad 171245719-9, declaramos que este trabajo de investigación “Estudio en altura del comportamiento de la frecuencia cardiaca y lactacidemia con deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación de las fuerzas armadas del Ecuador”, mismo que presentamos como tesis para la obtención del título de Licenciado en Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación, es original y auténtica.

Los autores

Ortiz Condo Jorge Fernando
CAPT. De A.

Maldonado Vaca Ignacio F.
CAPT. De C.B.

AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, la publicación o reproducción en la página Web de todas las ideas, criterios que constan en la presente Tesis de Grado sobre el, **“ESTUDIO EN ALTURA DEL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y LACTACIDEMIA CON DEPORTISTAS DE LA PRESELECCIÓN DE CADETES DEL EQUIPO DE NATACIÓN DE LAS FUERZAS ARMADAS DEL ECUADOR”**.

Para constancia de lo anteriormente expresado firmamos a continuación.

Ortiz Condo Jorge Fernando
CAPT. De A.

Maldonado Vaca Ignacio F.
CAPT. De C.B.

AGRADECIMIENTO

A Dios verdadera fuente de amor y sabiduría, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar hasta conseguir mis sueños, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis queridos padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y preocupación en todo momento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar, teniéndolos como un ejemplo de motivación, inspiración y felicidad.

De igual forma a mi institución a la cual pertenezco quien me abrió las puertas para seguirme preparando académicamente dándome la oportunidad de alcanzar un nuevo título el mismo que será cosechado para el engrandecimiento de mi glorioso Ejército vencedor.

CAPT. De A. Ortiz C. Jorge F.

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a Dios nuestro señor quien guía mis pasos y es la luz en la oscuridad para conducirme por el camino del bien representado la imagen milagrosa de El Divino Niño Jesús.

A mis padres por darme la vida e inculcarme los más preciados valores y principios; además de su incansable apoyo incondicional durante mi formación personal y profesional.

Agradezco a mi esposa por su sacrificio en la formación de mis hijos durante mi ausencia en mis labores militares y mientras me desempeñé como alumno en esta Universidad.

Mi más tierno agradecimiento a mi ángel de la guarda, mi primer hijito que desde el cielo estoy seguro intercede ante Dios por mi familia y me acompaña en todo momento en el lugar más especial de mi corazón.

A mis dos preciosos hijos Ignacio Sebastián y Mateo Nicolás, quienes son la razón de mi vida y que con su inocencia y amor se convierten en la fuerza que me motiva a luchar día a día por conseguir mis objetivos.

A mi querido Ejército Ecuatoriano por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente para convertirme en un ente productivo y multiplicador del conocimiento adquirido.

A la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE por acogerme en sus aulas y brindarme un cúmulo de conocimientos valiosos, mismos que los pondré en práctica en función del engrandecimiento de mi Institución y la Patria.

A mi Director y Codirector de tesis por su profesionalismo, gentil colaboración y los conocimientos brindados para la elaboración del presente trabajo de investigación.

CAPT. De C.B. Maldonado V. Ignacio F.

DEDICATORIA

Gracias en primer lugar a Dios nuestro señor por darnos la vida y ser la guía para lograr nuestros objetivos personales y profesionales. A nuestros padres por su apoyo, comprensión e incansable sacrificio en nuestro proceso de formación para llegar a ser profesionales de bien y proactivos para el engrandecimiento de nuestra Patria. A nuestras esposas, novias e hijos por su apoyo y comprensión durante nuestro extenso período académico, fruto de lo cual es la elaboración de este trabajo de investigación, y a todas nuestras queridas familias quienes con sus palabras de aliento nos ayudaron a continuar con el propósito firme de concluir nuestros estudios satisfactoriamente. A todos los jóvenes estudiantes de la Carrera en Ciencias de la Actividad Física Deportes Y Recreación, a quienes queremos dejarles como ejemplo que las metas que uno se propone en la vida se las debe cumplir pese a los obstáculos que se presenten ya que querer es poder. A nuestros docentes quienes contribuyeron en nuestra formación profesional y nos brindaron no sólo los conocimientos científicos, que los pondremos en práctica con total responsabilidad, sino también nos enseñaron valores humanos los cuales es nuestra obligación ponerlos en práctica en pos del bienestar institucional y de nuestro querido Ecuador.

INDICE

CARATULA	
CERTIFICACIÓN	I
AUTORÍA	II
AUTORIZACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	VI

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION		1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1	DELIMITACIÓN TEMPORAL	4
1.3.2	DELIMITACIÓN ESPACIAL	4
1.3.3	DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES DE INVESTIGACIÓN	4
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.5	OBJETIVOS	6
1.5.1	OBJETIVO GENERAL	6
1.5.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACION		7
2.1	ESQUEMA DEL MARCO TEORICO	8
2.1.1	FRECUENCIA CARDIACA	8
2.1.2	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FRECUENCIA CARDIACA	9
2.1.2.1.	VARIACIÓN DÍA A DÍA DE LA FRECUENCIA CARDIACA	9
2.1.2.2	FACTORES FISIOLÓGICOS	10
2.1.2.1.1	DRIFT CARDIOVASCULAR	10
2.1.2.2.2	ESTADO DE HIDRATACION	10
2.1.2.3	FACTORES AMBIENTALES	11
2.1.2.3.1	TEMPERATURA	11
2.1.2.3.2	ALTITUD	12
2.1.2.3.3	GENÉTICA	12
2.1.2.3.4	GÉNERO	13
2.1.2.3.5	MEDICAMENTOS FARMACOS Y ENFERMEDAD	13
2.1.2.3.6	SOMATOTIPO O COMPOSICION CORPORAL	13
2.1.2.3.7	LAS PSICOLÓGICAS	13
2.1.3	FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO	13

2.1.4.	FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL EJERCICIO	14
2.1.5	FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA	15
	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FRECUENCIA CARDIACA	
2.1.5.1	MÁXIMA	15
2.1.5.1.1	INTERNOS	15
2.1.5.1.2	EXTERNOS	16
2.1.5.1.3	OTROS	16
2.1.5.2	FORMULAS PARA CALCULAR LA FC _{MAX}	17
2.1.6	FRECUENCIA CARDIACA DE RESERVA	18
2.1.7	RECUPERACION DE LA FRECUENCIA CARDIACA	18
2.1.8	FISIOLOGIA DEL LACTATO Y EL ENTRENAMIENTO	22
2.1.8.1	DEFINICION DE LACTATO	22
2.1.8.2	COMO SE PRODUCE EL LACTATO	22
2.1.8.3	EFFECTOS	23
2.1.8.4	ACLARADO DEL LACTATO	24
2.1.8.5	UMBRAL LACTICO	25
2.1.8.5.1	BASES FISIOLOGICAS	25
2.1.8.5.2	PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	26
2.1.8.5.3	DISTRIBUCIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO	26
2.1.8.5.4	ELIMINACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	28
2.1.8.5.5	CAUSAS DEL INCREMENTO EN LA CONCENTRACIÓN DE LACTATO	29
2.1.8.5.6	DEFINICIONES UMBRAL LÁCTICO	31
2.1.8.5.7	PUNTO DE RUPTURA	31
2.1.8.5.8	CONCENTRACIÓN DE LACTATO SANGUÍNEO DE 2,5 MM	32
2.1.8.5.9	COMIENZO DE LA ACUMULACIÓN DE LACTATO SANGUÍNEO	32
2.1.8.5.10	UMBRAL ANAERÓBICO INDIVIDUAL	32
2.1.8.5.11	MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL UMBRAL LÁCTICO	32
2.1.8.5.12	PERFORMANCE Y UMBRAL LÁCTICO	33
2.1.8.6	MEDICIÓN DEL LACTATO	33
	LAS ZONAS DE POTENCIA Y LOS NIVELES DE	
2.2	ENTRENAMIENTO	34
2.2.1	ZONA AEROBICA.	35
2.2.1.1	NIVEL 1: AERÓBICO REGENERATIVO	35
2.2.1.2	NIVEL 2: AERÓBICO LIPOLITICO	38
2.2.1.3	NIVEL 3: AERÓBICO GLUCOLÍTICO	41
2.2.2	ZONA MIXTA O AERÓBICA-ANAERÓBICA	44
2.2.2.3	NIVEL 4: MIXTO EXTENSIVO	45
2.2.2.4	NIVEL 5: MIXTO INTENSIVO	48
2.2.3	ZONA ANAERÓBICA LÁCTICA	53
2.2.3.1	NIVEL 6: LÁCTICO EXTENSIVO	53

2.2.3.2	NIVEL 7: LÁCTICO INTENSIVO	57
2.2.4	ZONA ANAERÓBICA ALÁCTICA	60
2.2.4.1	NIVEL 8: ALÁCTICO EXTENSIVO	61
2.2.4.2	NIVEL 9: ALÁCTICO INTENSIVO	64
2.2.5	NIVEL 10: NEURAL	67
2.3	ENTRENAMIENTO EN ALTURA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO.	69
2.3.1	ADAPTACIONES QUE SE PRODUCEN CON EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA.	70
2.3.1.1	SISTEMA RESPIRATORIO	70
2.3.1.2	SISTEMA CARDIOVASCULAR	70
2.3.1.3	SANGRE	70
2.3.1.4	SISTEMA ENDOCRINO-METABOLICO	71
2.3.2	RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA	71
2.3.3	ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA	72
2.4	UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA ESCUELA SUPERIOR MILITAR "ELOY ALFARO"	73
2.4.1	METEOROLOGÍA EN QUITO	74
2.5	PULSOMETRO	74
2.5.1	RELOJ POLAR	75
2.5.1.1	FUNCIONAMIENTO	75
2.5.2	PROTOCOLO DE MEDICION DE FRECUENCIA CARDIACA	76
2.5.3	DATOS A TOMARSE	77
2.5.3.1	FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO	77
2.5.3.2	FRECUENCIA CARDIACA DURANTE COMPETENCIA	77
2.5.4	RELACIÓN DE LACTATO Y FRECUENCIA CARDIACA	78
2.5.5	ACLARAMIENTO DE LACTATO	78
2.5.6	CAUSAS PARA LA FATIGA	79

CAPITULO III

	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	80
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	81
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	81
3.3	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LACTATO	82
3.3.1	MEDICIÓN DE LACTATO	82
3.3.2	MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA	83
3.4	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	83
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	84
3.6	TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	85

CAPITULO IV

PROTOCOLO E INSTRUMENTOS DE MEDICION		86
4.1	PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA	87
4.2	TOMA DE MUESTRAS DE LA FRECUENCIA CARDIACA	87
4.2.1	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	87
4.2.1.1	RELOJ POLAR	87
4.2.1.2	FUNCIONAMIENTO DEL RELOJ POLAR	88
4.2.2	PROTOCOLO DE FRECUENCIA CARDIACA	89
4.3	MAQUINA ANALIZADORA ACCUTREND PLUS	89
4.4	TIRAS REACTIVAS BM-LACTATE	90
4.5	TOMA DE MUESTRAS DE LACTATO	91
4.6	PROTOCOLO Y MEDICIÓN DE LACTATO	91
4.7	TEST UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN	95
4.7.1	TEST DE 4x50 mts.	95
4.7.2	MATERIALES UTILIZADOS	95
4.7.3	PROTOCOLO DEL TEST DE 4x50 mts.	96
4.7.3.1	INSTRUCCIONES Y CONSEJOS PRELIMINARES	96
4.7.3.2	PREPARACIÓN PREVIA	96
4.7.3.3	CALENTAMIENTO	96
4.7.3.4	DESARROLLO	96

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS		98
	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN LOS DEPORTISTAS DE LA PRESELECCIÓN DE CADETES DEL EQUIPO DE NATACIÓN DE LAS FUERZAS ARMADAS DEL ECUADOR DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN ALTURA	99
5.1	ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO	99
5.1.1	ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA	101
5.1.2	ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA Y LIMIAR	103
5.1.3	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LACTATO	105
5.2	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LACTATO EN REPOSO	105
5.2.1	ANÁLISIS DE LA ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO	107
5.2.2		

CAPITULO VI

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
6.1	CONCLUSIONES	111
6.2	RECOMENDACIONES.	113
6.3	BIBLIOGRAFIA	114

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Frecuencia cardiaca de recuperación	22
TABLA 2: Nómina de del equipo de trabajo y muestra seleccionada	82
TABLA 3: Operacionalización de variables	84
TABLA 4: Análisis de la frecuencia cardiaca en reposo	99
TABLA 5: Análisis de la recuperación de la frecuencia cardiaca	101
TABLA 6: Análisis de la frecuencia cardiaca máxima y limiar	103
TABLA 7: Análisis del comportamiento de lactato en reposo	105
TABLA 8: Análisis de la acumulación y aclaramiento de lactato	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Toma de muestras de sangre a la preselección de cadetes del equipo de natación de F.F.A.A. en de reposo	34
GRÁFICO 2: Zonas de entrenamiento	35
GRÁFICO 3: Ubicación geográfica de la ESMIL “Eloy Alfaro”	73
GRÁFICO 4: Monitor de frecuencia cardiaca Polar RCX5	75
GRÁFICO 5: Medición de la frecuencia cardiaca en entrenamiento	76
GRÁFICO 6: Medición de la frecuencia cardiaca en reposo	77
GRÁFICO 7: Aclaramiento de lactato	78
GRÁFICO 8: Preselección de cadetes del equipo de natación de las FF.AA.	81
GRÁFICO 9: Instrumentos de medición de lactato	82
GRÁFICO 10: Software Polar Protrainer 5 TM	83
GRÁFICO 11: Funcionamiento del reloj Polar RCX5	88
GRÁFICO 12: Monitoreo de la frecuencia cardiaca en reposo a la preselección de cadetes del equipo de natación de las FF.AA.	89
GRÁFICO 13: Tiras reactivas BM-Lactate	90
GRÁFICO 14: Materiales utilizados para la medición de Lactato	92
GRÁFICO 15: Configuración de la máquina Accutrend Plus	93
GRÁFICO 16: Colocación de la tira reactiva del código	93
GRÁFICO 17: Toma de muestra de sangre	94
GRÁFICO 18: Colocación de la muestra de sangre para análisis	94
GRÁFICO 19: Instalaciones de la piscina de la ESMIL “Eloy Alfaro”	95
GRÁFICO 20: Comportamiento de la frecuencia cardiaca en reposo	100
GRÁFICO 21: Recuperación frecuencia cardiaca	102
GRÁFICO 22: Frecuencia cardiaca máxima y limiar	104
GRÁFICO 23: Comportamiento de lactato en reposo	106
GRÁFICO 24: Acumulación y aclaramiento de lactato	108
GRÁFICO 25: Comportamiento de la recuperación de la frecuencia cardiaca Vs. Aclaramiento de lactato	109

RESUMEN

La condición física desde el punto de vista del alto rendimiento deportivo se define como la óptima combinación de las características físicas, fisiológicas, biomecánicas, biomédicas y psicológicas del individuo. Por ello se justifica la importancia que el presente estudio pretende investigar y establecer los niveles de lactato en sangre, datos de frecuencia cardiaca, y su comportamiento en la altura durante los entrenamientos y competencias de los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación de la Fuerzas Armadas del Ecuador. La investigación nos proporcionará datos científicos valiosos que pueden ser utilizados por entrenadores y deportistas para contribuir a mejorar el rendimiento deportivo. Se pretende además establecer una correlación de investigación, con el comportamiento de la frecuencia cardiaca individual durante el proceso de entrenamiento. El método de investigación se lo realizará mediante la utilización de implementos tecnológicos como son los analizadores de lactato, con sus respectivos reactivos, y medidores de frecuencia cardiaca para el medio acuático. La población seleccionada para la investigación está conformada por cinco cadetes. Este estudio no se ha realizado en el Ecuador específicamente para este deporte, y más aun en condiciones extremas como lo es la altura de Quito.

PALABRAS CLAVE

- Condición física
- Niveles de lactato
- Frecuencia cardiaca
- Altura
- Correlación de investigación

ABSTRACT

The physical condition from the point of view of sports performance is defined as the optimum combination of physical, physiological, biomechanical, biomedical and psychological characteristics of an individual. Hence is justified the importance that this study aims to investigate and establish levels of blood lactate, heart rate data, and their behavior in height during the training and competition of athletes of the pre-selection of the cadets swimming team of the Armed Forces of Ecuador. The research will provide valuable scientific data that can be used by coaches and athletes to help them to improve athletic performance. It also aims to establish a correlation research, about the behavior of individual heart rate during the training process. The research method will be done by the use of technological tools such as lactate analyzers, with their respective reagents, and heart rate monitors for a water environment. The selected research group consists of five cadets. This study has not been done in Ecuador specifically for this sport, and even in extreme conditions such as the height of Quito.

KEYWORDS

- Physical condition
- Levels of lactate
- Heart rate
- Height
- Correlation research

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la planificación realizada por la Fuerzas Armadas del Ecuador para el presente año, consta la organización de los II Juegos Mundiales Militares de Cadetes mismos que se llevarán a cabo en nuestro país entre los meses de agosto y septiembre.

Los cadetes de la preselección del equipo de natación de las Fuerzas Armadas, al momento se encuentran entrenando previo a su participación en el mundial del Cadetes del 2014, mismo que llevará a cabo en el nuestro país.

La situación problemática del presente trabajo de investigación hace referencia a que en la actualidad el entrenamiento aplicado a los deportistas de los equipos de cadetes de las Fuerzas Armadas; no se lo ejecuta en base a datos reales producto de una investigación y análisis científico, acorde a nuestro biotipo y posición geográfica. Estos datos son relevantes durante el proceso de entrenamiento, para lograr un rendimiento óptimo y alcanzar las marcas impuestas con miras a su participación en competencias internacionales.

La investigación se realizará con la preselección del equipo de natación de Cadetes de las Fuerzas Armadas del Ecuador, quienes durante su planificación de entrenamiento serán sometidos a la toma de muestras sanguíneas individuales antes, durante y después de cada sesión de entrenamiento, y se aplicarán test específicos de esfuerzo máximo. Esto permitirá analizar los resultados obtenidos y determinar el comportamiento de lactato en la sangre y la frecuencia cardiaca individual en el proceso de entrenamiento, y establecer una correlación de investigación con otras bibliografías.

El aporte de una investigación con datos científicos y conclusiones sobre el entrenamiento deportivo de los cadetes del equipo de natación, constituye una herramienta de gran valor para los entrenadores que se encuentran a cargo de la mejora de rendimiento de los deportistas. Esta información les permitirá llevar un mejor control de sus entrenados y diseñar programas de entrenamiento adecuadas que permitan alcanzar el máximo potencial de ellos.

El aporte también será reflejado en el manejo de cargas óptimas de entrenamiento.

“Para llegar a tener un alto rendimiento se debe procurar tener una especificidad de entrenamiento, sin embargo existen variables no cuantificables como aspectos emocionales, familiares, sociales, ambientales que influyen directa o indirectamente en el proceso de entrenamiento o competencia.” (Platonov, 1991), estos factores indiscutiblemente influyen en el rendimiento deportivo; sin embargo no serán motivo de estudio en esta investigación.

“Es de vital importancia que dentro de un plan de entrenamiento se tome en consideración el componente fisiológico del individuo.” (Refoyo, 1999), por ello nuestro estudio pretende obtener conclusiones reales en cuanto al comportamiento fisiológico de los deportistas, esto producto de un análisis de la toma de muestras tanto de lactato como de frecuencia cardíaca; ya que estos son indicadores importantes de las respuestas fisiológicas del organismo ante la aplicación de una carga de entrenamiento.

El proceso de entrenamiento actual de los cadetes que participarán en el mundial en agosto del 2014, se lo lleva en función de los conocimientos teórico-prácticos producto de la experiencia deportiva y académica de los entrenadores, más es un hecho comprobado, que no se dispone de medios tecnológicos que permitan monitorear el entrenamiento y parámetros fisiológicos, debido al alto costo de estos instrumentos y la ausencia de un equipo técnico conformado por profesionales a cargo de la obtención de muestras para su análisis, control, interpretación y conclusiones de las mismas. El principal indicador de lo mencionado anteriormente es que en la actualidad y luego de varios años de competencia a nivel nacional e internacional, no existen estudios realizados que midan estos factores fisiológicos en los cadetes dando como resultado una inadecuada aplicación de las cargas de entrenamiento debido a la utilización de métodos antiguos y a una mala dirección del entrenamiento.

Luego de haber realizado el estudio y la interpretación de resultados obtenidos, estos serán puestos a consideración del entrenador del equipo de natación de la preselección de cadetes de las Fuerzas Armadas, para contribuir a mejorar el entrenamiento y sea esto una fuente de información disponible.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo incide el comportamiento de los niveles de frecuencia cardíaca y lactacidemia en la altura, en el rendimiento físico de los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL

La presente investigación se realizó con los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador que se encuentran entrenando para su participación en el mundial de cadetes del 2014.

1.3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El estudio se lo realizó en la Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro”, específicamente en instalaciones de la piscina olímpica.

1.3.3 DELIMITACION DE LA UNIDADES DE INVESTIGACIÓN

Para nuestra investigación se contó con un grupo de estudio de cinco cadetes de sexo masculino y una cadete del sexo femenino en edades comprendidas de 19 a 22 años de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La Natación es el deporte más completo, más sano y más recomendable; es el único que se puede practicar desde los bebés hasta el adulto mayor. Permite trabajar la mente y cuerpo; mantiene en

forma, fortalece los músculos y la memoria, por lo que es recomendable que se practique a cualquier edad.

“La Natación necesita del desarrollo armónico de los tres sistemas de producción de energía, dado que la mayoría de las pruebas tienen un componente anaeróbico importante, aún en los eventos del medio fondo y de fondo, ya que las velocidades actuales de competición en estos eventos, sumado al componente de RFA y alto costo energético, involucran stress anaeróbico, tanto aláctico como láctico. Pero es también fundamental entender la importancia del desarrollo de la resistencia y la potencia aeróbica, no sólo para respaldar la provisión de combustible de las pruebas de media y larga distancia, sino además, para garantizar altos estímulos de entrenamiento de elevada calidad, permitiendo procesos de recuperación y supercompensación adecuados. Además, es evidente que un correcto desarrollo técnico y de economía/eficiencia de aprovechamiento del costo energético, es indispensable una base aeróbica excelente, ya que si la misma es deficitaria, este es uno de los deportes que más fácilmente genera acidosis láctica residual y un uso inadecuado de carbohidratos, con muy probable aparición de estados de vaciamiento glucogénico y fatiga crónica” (Porter, 1981)

La presente investigación tiene la finalidad de determinar indicadores fisiológicos del entrenamiento en altura relacionados con la acumulación, aclaramiento de lactato y el comportamiento de la frecuencia cardiaca de cada uno de los deportistas; datos promedios del equipo durante el proceso de entrenamiento que serán utilizados como referencia lo que permitirá comparar los datos, de esta manera poner a disposición los resultados obtenidos a entrenadores, preparadores físicos, deportistas.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de frecuencia cardiaca y lactacidemia en la altura en deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la frecuencia cardiaca y lactato en estado de reposo de los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador.
- Determinar la frecuencia cardiaca y lactato máximos durante los entrenamientos y competiciones de los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador.
- Establecer la velocidad de aclaramiento del lactato y recuperación de la frecuencia cardiaca de los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador.
- Establecer los umbrales individuales de entrenamiento de los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación las Fuerzas Armadas del Ecuador.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ESQUEMA DEL MARCO TEORICO.

La investigación se llevará a cabo en la Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro” en la piscina olímpica. En este lugar se llevará a cabo el entrenamiento y toma de muestras de los deportistas para de esta manera determinar el comportamiento de la frecuencia cardiaca y lactato en la altura en los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

El propósito de esta investigación es demostrar científicamente, cuál es el comportamiento de la frecuencia cardiaca y lactato en la altura en los deportistas de la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas. Realizaremos una correlación entre estos dos indicadores para así determinar las conclusiones de la incidencia de estos factores fisiológicos con respecto a nuestra posición geográfica.

Una finalidad de nuestra investigación es también aportar con material bibliográfico de tipo científico-experimental, que contribuya a enriquecer nuestros conocimientos y los de los entrenadores, preparadores físicos y deportistas; para conseguir los objetivos propuestos en el entrenamiento y futuros logros deportivos.

Para la presente investigación será sustentada con las siguientes fuentes bibliográficas:

- Criterio de docentes expertos en la temática.
- Bibliografía Especializada.
- Información de páginas de Internet.
- Proyectos afines al tema de investigación.

2.1.1 FRECUENCIA CARDIACA (FC)

“La frecuencia cardiaca es uno de los parámetros cardiovasculares más sencillos e informativos. Medirla implica simplemente tomar el pulso del sujeto, normalmente en el punto radial o carotídeo. La frecuencia cardiaca refleja la intensidad del esfuerzo que debe hacer el corazón para satisfacer las demandas incrementadas del cuerpo cuando está inmerso en una actividad. Para entender esto, debemos

comparar la frecuencia cardiaca en reposo y durante el ejercicio.” (Wilmore & Costill, 2004)

La FC se puede definir como el número de contracciones ventriculares por minuto efectuadas por el corazón, medida generalmente en latidos por minuto (lat·min⁻¹) o pulsaciones por minuto (ppm).

Estas contracciones responden a las necesidades sanguíneas y por tanto, nutritivas que el organismo necesita como “combustible” para satisfacer sus funciones vitales, así como para la AF. La sangre es el vehículo de transporte de ese combustible, que a través de las arterias llega a aquellos órganos que lo necesitan, para realizar sus funciones. El corazón actúa como una bomba que envía la sangre “oxigenada y rica en nutrientes” a esos órganos mediante lo que denominamos contracción ventricular o sístole. Llamamos diástole a la recuperación o tiempo de relajación del músculo cardiaco tras la sístole. Esa consecución de sístole y diástole de manera rítmica compone las ppm, siendo la pulsación lo que percibimos como respuesta de la eyección sanguínea. Esta eyección o contracción muscular genera una corriente eléctrica que aparatos muy extendidos actualmente como son los pulsómetros -Heart Rate Monitors (HRMs)- interpretan como una pulsación. Más desarrollados aunque complicados son los electrocardiogramas, los cuales descomponen la actividad cardiaca en cada una de sus fases electrodinámicas.

2.1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FRECUENCIA CARDIACA

2.1.2.1 VARIACIÓN DÍA A DÍA DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Existen casos en los que la variabilidad de cada persona es más amplia que en otros, en cuyo caso la prescripción de AF por medio de la FC estaría más limitada.

Así, puede darse una variación en la FC, en ejercicio submáximo replicado varias veces por el mismo sujeto, de un 4% o de un 1,5% para ejercicios de intensidad máxima, aproximadamente. Se han observado diferencias día a día de 3 ppm en la FC_{max} alcanzada para

un mismo protocolo. A pesar de estas pequeñas diferencias, no se pone en duda la fiabilidad test-retest de la FC, pues una oscilación de 2-4 ppm se considera normal. Esto se minimiza cuando la intensidad de la AF se prescribe por medio de la FC en rangos y no en únicos valores de FC (p.e. intensidad entre 120/125 y 150/155 ppm).

2.1.2.2 FACTORES FISIOLÓGICOS

2.1.2.2.1 DRIFT CARDIOVASCULAR

Tras los primeros minutos de AF de intensidad moderada se da un descenso gradual del volumen sistólico y un aumento de la FC (aumentando el gasto cardiaco por minuto -Q-, donde $Q = FC \times$ volumen sistólico). A este fenómeno de inestabilidad se le ha denominado drift -cambio de dirección en inglés- cardiovascular. Este fenómeno se le achaca a la deshidratación y su consecuente pérdida de líquidos, fenómeno que parece redundar en un descenso del volumen sistólico y un aumento de la FC, para mantener el gasto cardiaco constante. Hay que tener en cuenta este fenómeno cuando la AF a realizar sea de larga duración, pues en un ejercicio constante sin hidratación alguna durante una hora, la FC puede elevarse hasta un 11% (de 135 a 150 ppm). Aumentos de un 15% de la FC del minuto 5 al 60 de ejercicio pueden darse bajo condiciones de calor acusado.

2.1.2.2.2 ESTADO DE HIDRATACIÓN

Al realizar ejercicio bajo condiciones de deshidratación, con una temperatura corporal aumentada, la FC se puede aumentar hasta un 7,5%. Este aumento está positivamente correlacionado con el nivel de deshidratación. Por tanto, bajo condiciones de deshidratación, ejercitarse atendiendo a la intensidad derivada de la información de la FC resulta menos fiable.

2.1.2.3 FACTORES AMBIENTALES

2.1.2.3.1 TEMPERATURA (Tª)

La temperatura, puede tener un amplio efecto en la FC y el Vo₂. Los test de laboratorio se suele realizar a 16-18° C (grados centígrados), por lo que la información relativa a FC y Vo₂ sólo será totalmente válida ante condiciones muy similares. Tanto las temperaturas muy altas como muy bajas pueden influir en la FC. Aun así, de acuerdo a Hebestreit y Bar-Or (1998) la temperatura puede influir claramente, aunque se puede ajustar esta influencia de acuerdo a la fórmula: FC ajustada = FC medida x [1,18308 – (0,0083218 x Tª)]. P.e. para 15°, 20° ó 25° C y 140 ppm medidas, la FC ajustada sería de 148, 142 y 136, respectivamente. Otros autores estiman, aproximadamente, 1 ppm de diferencia por cada variación de la Tª en 1° C. (Hiilloskorpi, 1999)

a) CALOR: la FC aumenta con el calor. Un factor posiblemente influyente es la Tª corporal interna. En un estudio de González-Alonso (1999), se realizó un ejercicio tras haber emergido el cuerpo del sujeto en agua a 17°, 36° o 40° C durante 30'. Tras 10' de ejercicio, la FC fue de 140 ±5 ppm, 166 ±5 ppm, y 182 ±4 ppm, respectivamente. Se concluyó que la FC aumentaba gradualmente según lo hacía la Tª esofageal. Así mismo, se ha encontrado también una relación directa entre la FC y la Tª de la sangre venosa, sugiriéndose que la FC puede aumentar por una activación muscular termorefleja. En cualquier caso, bajo calor extremo, el mecanismo de termorregulación es menos eficiente y, por ello, aumenta la Tª corporal. Como consecuencia, la FC será mayor, dependiendo del ejercicio y la Tª, en torno a 10 ppm y sobreestimaré la intensidad del ejercicio. A pesar de ello, aún sin ser el mejor indicador de la intensidad del ejercicio, la FC es un buen biomarcador del estrés corporal general.

b) FRÍO: los dos ajustes principales que tienen lugar en el cuerpo humano ante un entorno extremo de frío son una vasoconstricción de

los vasos sanguíneos periféricos y un aumento del gasto metabólico. Como consecuencia de dicha vasoconstricción, se obtiene un descenso en la irrigación sanguínea de la piel, puesto que la sangre es desviada de la periferia a vasos sanguíneos más profundos.

Esto aumentará tanto el volumen de retorno venoso como el volumen de sangre central. Los escalofríos son un mecanismo reflejo para aumentar la actividad metabólica. En aguas muy frías se ha observado como los nadadores aumentan su consumo de oxígeno, ya que deben utilizar esa energía extra en producir esos escalofríos, aunque la FC no presente diferencias significativas; aparentemente, un aumento del volumen sistólico a T^a más baja es la causa de un mayor gasto cardiaco. Así, la T^a será similar respecto a la situación de T^a normal o neutral. Por tanto, con un Vo_2 aumentado, la FC infravalorará la intensidad del ejercicio. Un buen consejo para los deportistas sería por tanto que contengan levemente la FC de trabajo ante condiciones de T^a muy bajas, para así requerir las zonas de intensidad pretendidas (ejercitarse a unas ppm algo más bajas que las utilizadas como referencia en condiciones normales).

2.1.2.3.2 ALTITUD

La presión parcial de oxígeno puede verse disminuida un 30% en altitud respecto al nivel del mar (> 4000m). Para compensar este aspecto, en el transporte de oxígeno se precisa más sangre para hacer llegar éste a los músculos activos. Se ha demostrado cómo en ejercicio submáximo en altitud, el gasto cardiaco se ve aumentado debido a un aumento de la FC (entre un 10% y un 15%). Así, al ejercitarse en altitud a un Vo_2 dado, la FC submáxima se ve aumentada mientras el Vo_2 permanece igual. Así, la curva FC- Vo_2 determinada a nivel del mar será sobreestimada.

2.1.2.3.3 LA GENÉTICA

Afecta en gran medida a todos los aspectos de las pulsaciones por minuto, afecta tanto a las pulsaciones en reposo, como a las máxima o

como al rango aeróbico de funcionamiento. Estos valores son muy entrenables pero la progresión de estos también estará en gran medida dictada por la genética. También algunos aspectos dictados por la genética como la talla.

2.1.2.3.4 EL GÉNERO

Las mujeres por término medio tienen entre 5 y 15 pulsaciones más por minuto que los hombres.

2.1.2.3.5 MEDICACIONES, FÁRMACOS Y ENFERMEDAD

Los diferentes fármacos pueden aumentar o disminuir la frecuencia cardíaca, esto no permitirá una lectura fiable de monitores de ritmo cardíaco.

2.1.2.3.6 SOMATOTIPO O COMPOSICIÓN CORPORAL

Las personas más altas tienen las pulsaciones más bajas que los más bajos y los delgados menos que los gordos. Los musculados más que los no musculados. En este último apartado quiero señalar que me refiero a musculados de forma natural. Somatotipo o morfología humana.

2.1.2.3.7 LAS PSICOLÓGICAS

Los estados que aumentan la sensación de alerta, como los nervios, la ansiedad, el miedo, el amor o la excitación sexual aumentan las pulsaciones, en algunos casos pudiendo llegar al máximo sin actividad física paralela. Y por el contrario los estados que rebajan el nivel de alerta también rebajan las pulsaciones por minuto, estos estados pueden ser el sueño, la relajación, la satisfacción o la calma.

2.1.3 FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO (FC_{rep})

La FC_{rep} se puede definir como aquella FC mínima que el sujeto utiliza en estado de reposo, como límite inferior de su FC útil, o el mínimo número de ppm que un individuo es capaz de utilizar en

situación favorable de reposo. Generalmente, se suele medir en decúbito supino tras despertarse por la mañana, sentado o de pie (siempre en reposo y a la misma hora del día). Según cómo se tome la FCrep, ésta puede variar en 10 ppm. Cuando se pretende estimar la FC útil de un sujeto, se suele estimar el rango entre estas ppm y las máximas (ver FC máxima). La FCrep está fuertemente influenciada por el nivel de condición física (Bouzas, 2003) ya que, el entrenamiento de fondo o resistencia regular puede reducir la FCrep, al aumentar la capacidad del músculo cardiaco de enviar sangre desde el corazón en cada contracción o sístole. Así, los valores de FCrep en individuos sanos se sitúan en torno a las 60-70 ppm, mientras que en individuos deportistas de rendimiento se pueden situar incluso por debajo de las 40 ppm (Ellestad, 1987). En edades adolescentes, edad a la que atiende este estudio, la FCrep se sitúa rondando las 70 ppm.

Según López-Chicharro et al. (2002), la FCrep en niños disminuye progresivamente durante el desarrollo, descendiendo entre 10 y 20 ppm desde los 5 a los 15 años.

2.1.4 FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL EJERCICIO.

Cuando comenzamos a hacer ejercicio, nuestra frecuencia cardiaca se incrementa proporcionalmente a la intensidad del ejercicio. La intensidad del ejercicio se representa mediante el consumo de oxígeno por que los dos están en relación directa. Cuando el ritmo (intensidad) del esfuerzo está controlado y medido con presión se puede predecirse el consumo de oxígeno. Por lo tanto, expresar la intensidad del esfuerzo o del ejercicio en términos de consumo de oxígeno no solo es un modo preciso en términos de consumo de oxígeno, sino también apropiado, para comparar a distintas personas o a un individuo en diferentes circunstancias.

2.1.5 FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA

“La FCmax es el valor máximo de FC obtenible durante un esfuerzo supremo hasta el borde del agotamiento, es decir, durante un ejercicio máximo”. (Kent, 2003)

La anatomía y fisiología de la función cardiaca están diseñadas de tal forma que cuando se necesita aumentar la función de bomba del corazón, este órgano sólo se puede acelerar hasta un máximo predeterminado. Así, si se intenta sobrepasar este máximo de bombeo, los tejidos periféricos experimentan anoxia por suministro inadecuado de oxígeno, acumulándose a continuación rápidamente ácido láctico y otros metabólicos, poniendo fin a la capacidad funcional del individuo en pocos minutos”. (Garatachea, 2002)

El alcance de la FCmax está influida por diferentes factores, tal y como sugiere Bouzas (2003):

2.1.5.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA

2.1.5.1.1 INTERNOS

- **Edad:** la FCmax disminuye con la edad -en torno a 0,6-1 ppm al año debido a las alteraciones de sus capacidades por el envejecimiento y desentrenamiento, cuestión que se compensa con un aumento en el volumen sistólico, manteniéndose el débito cardiaco en niveles adecuados.
- **Motivación:** simplemente por el hecho de que el sujeto no se esfuerce al máximo al realizar un ejercicio que pretenda alcanzar y registrar la FCmax.
- **Enfermedades cardiovasculares y neurológicas:** determinadas enfermedades modifican la FCmax a la baja, por lo que la ecuación $FC_{max} = 220 - \text{edad}$ incurriría en un grave error. Este es un campo aún por estudiar y establecer ecuaciones adaptadas a cada necesidad.

- **Sueño:** la carencia acusada de sueño limita la FCmax y la disminuye.

2.1.5.1.2 EXTERNOS

- **Frío:** disminuye la FCmax.
- **Altitud:** disminuye la FCmax.
- **Inmersión:** disminuye la FCmax en torno a 10 ppm, debido a la T^a del agua (generalmente baja) y la presión hidrostática que induce a un aumento del volumen sistólico y un descenso de la FCmax manteniendo el débito cardiaco.
- **Medicamentos:** algunos medicamentos disminuyen la FCmax (betabloqueantes y vasodilatadores) y otros la pueden aumentar (broncodilatadores, agentes antiarrítmicos y simpatomiméticos o drogas que estimulan la glándula tiroides). La influencia de estos agentes se da de manera más acusada en reposo y en ejercicio submáximo, si bien el grado en que afecten dependerá de la cantidad y frecuencia de su consumo, así como de la resistencia individual, interacción con otros medicamentos que se estén tomando de manera concurrente, etc.
- **Tabaquismo:** por su influencia y efectos incluso hasta niveles de enfermedad, se puede considerar a veces como una patología que redundará en una menor FCmax. La utilización de la ecuación $FC_{max} = 220 - \text{edad}$ incurriría en un grave error.

2.1.5.1.3 OTROS

- **Tipo de ejercicio:** está ampliamente demostrado que el tipo de ejercicio influye en la FCmax alcanzada y es importante utilizar ecuaciones diferenciadoras para cada deporte, si se quiere hallar una estimación precisa de la FCmax. En carrera, la FCmax es superior a ciclismo y natación, y en ciclismo la FCmax es superior a la natación (del orden de 6 ppm entre la 1^a modalidad y la 2^a, y otras tantas entre la 2^a y la 3^a).

- **Periodo de entrenamiento versus (Vs) Sobreentrenamiento:** justo al interrumpir el entrenamiento se suele dar un aumento de la FCmax, ocurriendo a la inversa si se produce un sobreentrenamiento. Esto tiene importantes implicaciones en el entrenamiento y prescripción del mismo en sujetos entrenados, aunque no tanto a la hora de prescribir ejercicio en sujetos cuya AF no sea tan regular y sea de mucho menor nivel. Aun así, convendría tener esto en cuenta para estimar con mayor precisión los rangos en los que se desea practicar AF o, más aún, entrenar.
- **Tiempo necesario para el registro del dato:** ya que se precisa de un tiempo mínimo para poder alcanzar la FCmax, debido a los ajustes cardiovasculares producidos de manera progresiva según se desarrolla el esfuerzo.

2.1.5.2 FORMULAS PARA CALCULAR LA FCMAX

La fórmula más recomendada por un estudio reciente de meta análisis (Robergs & Landwehr, 2002) es la de (Inbar, y otros, 1994), según la cual, tanto para hombres como para mujeres, la FCmax = $205,8 - (0,685 \times \text{edad})$.

(Bouzas & Delgado, 2007) propuso para carrera la ecuación FCmax = $180 + (0,5 \times \text{edad})$ para hombres y FCmax = $210,7 - (0,8 \times \text{edad})$ en mujeres.

Para remo estableció que, independientemente del género, FCmax = $207,758 - (0,6 \times \text{edad})$.

Para ciclismo FCmax = $169,8 + (0,6 \times \text{edad})$ para hombres y FCmax = $211,3 - (1,06 \times \text{edad})$ para mujeres.

Es de destacar que cuando este autor concluyó en su revisión bibliográfica que el factor género no era claramente influyente en las mediciones de FCmax, estableciese 2 ecuaciones, una para mujeres y otra para hombres, en los casos de carrera y ciclismo.

(López Chicharro & Fernandez Vaquero, 2003), sostienen que la FCmax es mayor en niños que en adultos, disminuyendo progresivamente con la edad tras la adolescencia. Así, en niños menores de 10 años, es normal encontrar FCmax de más de 210 ppm. La FCmax en niños y jóvenes normales oscila entre 195 y 215 ppm, disminuyendo progresivamente -aunque muy lentamente (0,7-0,8 ppm/año)- según aumenta la edad del sujeto e independientemente de su género (Mora, 2001).

2.1.6 FRECUENCIA CARDIACA DE RESERVA (FCres)

También denominada, según el DOMCD, FCmax de reserva. Se define como la diferencia entre la FCmax y la FCrep. Determina el rango teórico de FC útil del que un individuo dispone para realizar su AF. Nosotros preferiríamos llamarla FC útil, pues éste es el rango de ppm que el individuo puede utilizar.

La fórmula para su cálculo es sencilla:

$$FCres = FCmax - FCrep$$

2.1.7 RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA.

Con el objetivo de facilitar esta tarea a los miles de deportistas que simplemente quieren mejorar su condición aeróbica dentro de unos parámetros racionales asociados a su edad y condiciones, presentamos el concepto de frecuencia cardiaca de recuperación. Concepto ampliamente estudiado por médicos y fisiólogos del ejercicio pero desconocido por la mayoría de los usuarios.

Desde hace tiempo viene utilizándose la actividad cardiaca para el estudio del estado de forma de los deportistas así como para la adecuación de los entrenamientos.

Durante el ejercicio, la frecuencia cardiaca aumenta por tres motivos: aumento de la actividad simpática, descenso de la actividad

parasimpática y autorregulación homeométrica (la distensión aumenta la actividad del nódulo sinusal). (Barbany, 2002)

Estas respuestas ocurren en el organismo como consecuencia de un mayor requerimiento del organismo a todos los niveles y como es lógico y de esperar, estos requerimientos disminuyen con el cese del ejercicio.

Es entonces cuando nos encontramos con la ya citada frecuencia cardíaca de recuperación, parámetro que nos indica la capacidad del organismo de descender su frecuencia cardíaca con el comienzo del cese del ejercicio. “La recuperación de la frecuencia cardíaca después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento.” (Fernandez & Chicharro, 2001)

Como vemos, la actividad cardíaca nos ofrece una información muy amplia sobre la situación del deportista, por eso a lo largo de la historia han sido tres las vías para utilizar concretamente a la frecuencia cardíaca como parámetro de estimación de la aptitud física. En Barbany 2001:

1. Estudios basados en las técnicas inicialmente descritas por Astrand y modificados posteriormente por otros autores, permiten efectuar una estimación indirecta de la aptitud aerobia máxima del deportista (VO₂max) valorando con protocolos estandarizados la frecuencia cardíaca alcanzada en trabajos de intensidad submáximas.
2. El seguimiento continuado de la frecuencia cardíaca a lo largo de ejercicios de intensidad creciente posibilita conocer la evolución de la frecuencia cardíaca y la potencia de trabajo a partir de la cual se pierde la proporcionalidad con la intensidad del esfuerzo. Estimaciones del umbral anaerobio de Conconi.
3. La valoración de la frecuencia cardíaca durante la fase de recuperación posterior a un esfuerzo adecuadamente protocolizado, es un procedimiento clásico que merecería una cierta reutilización en aplicación a colectivos numerosos. La recuperación es tanto más rápida y eficaz cuanto mayor sea la aptitud física del deportista o su

nivel de entrenamiento. Una recuperación lenta de la frecuencia cardiaca de reposo es indicativa de entrenamiento insuficiente, inadecuado o de sobre entrenamiento. Las pruebas más utilizadas son las que se basan en el test de Ruffier Dickson, el Cat test, test de Zintl y el test de Lian. (Barbany, 2002)

Por lo tanto, y una vez determinadas las tres vías de trabajo con la frecuencia cardiaca, como bien indica el objetivo de este trabajo, nosotros nos centraremos en la 3ª opción (La frecuencia cardiaca de recuperación).

Revisándolos artículos más recientes sobre el tema encontramos otras conclusiones que apoyan nuestra teoría de utilizar este parámetro ya que nos aportan información muy interesante.

"De Araújo y Lian V. señalan en 2005 que esta frecuencia cardiaca de recuperación difiere en el caso de realizar un descanso activo o pasivo (mejor segundo que primero), y en el caso de realizar un ejercicio en un cicloergómetro o en una cinta andadora (mejor primero que segundo)." (De Araujo & Matos, 2005)

"En otra línea más general, son muchos los estudios que demuestran que la frecuencia cardiaca de recuperación es un parámetro muy útil para la detección precoz de mortalidad en sujetos a causa de alteraciones cardiovasculares." (Shetler, Marcus, Froelicher, & Shefali, 2001).

Como vemos con lo anteriormente expuesto, el interés que ha suscitado este parámetro dentro de la comunidad científica ha sido muy grande, lo cual dota al mismo de (Shetler, Marcus, Froelicher, & Shefali, 2001) una fidelidad muy alta a la hora de trabajar con él.

Estudios anteriores a los citados, señalan este parámetro como un buen indicador de la capacidad aeróbica de los sujetos. Como consecuencia, aparece el índice de recuperación cardiaca en el 2º minuto posterior al esfuerzo máximo (IR2), como el cociente de caída de la frecuencia cardiaca en el 2º minuto post esfuerzo con respecto a la relación existente entre la frecuencia cardiaca máxima teórica y la

frecuencia cardiaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo gradual.

Si siguiésemos profundizando comprobaríamos que son varias las hipótesis acerca del tiempo recomendado para la toma de la frecuencia cardiaca de recuperación ya que unos abogan por hacerlo al minuto de acabar, otra vertiente se decanta por los dos y finalmente son 5 minutos los que aseguran otros autores como necesarios.

Puesto que no creo conveniente el seguir ahondando en el tema, personalmente aconsejo hacerlo a los dos minutos ya que considero que hay un espacio adecuado entre las dos tomas no siendo tan precipitado como en la toma al minuto del cese, o tan prolongado como en la toma tras cinco minutos.

Por todo lo aquí expuesto podemos considerar la frecuencia cardiaca de recuperación como un parámetro útil para todo aquel que quiera evaluar su estado de forma (condición aeróbica) de una manera sencilla ya que simplemente con un cronometro y con una correcta toma de pulsaciones podemos determinar nuestro valor de recuperación.

Así, la manera de proceder será determinando nuestra frecuencia cardiaca nada más finalizar la prueba (sería más efectivo contar con un pulsómetro para obtener el valor nada más acabar) y seguidamente volver a tomárnosla o bien al cabo de un minuto, al cabo de 2 o al cabo de 5. (Aunque parezca una obviedad recordar que todos los días deberemos hacerlo con la medida que hayamos elegido y siempre después de un mismo ejercicio).

Con estos dos datos en nuestro poder, procederíamos a restarlos para anotar su valor de manera que vayamos comparando nuestras mejoras con el paso de los días y de los entrenamientos.

Por comodidad recomiendo que las tomas se realicen durante 15 segundos (multiplicar seguidamente x 4) y en la arteria carótida.

Un entrenamiento adecuado a nuestra edad y condición acompañado del asesoramiento de un buen profesional de la actividad física dará resultados reales y observables.

TABLA 1. “(Personalmente aconsejo olvidarse de tablas ya predefinidas como esta ya que las pulsaciones de cada individuo son idiosincrásicas y lo ideal es controlar la progresión individual. A pesar de todo, a modo orientativo, la presente muestra unos valores aproximados tras 5 minutos de trabajo realizado hasta nuestra frecuencia cardiaca máxima).” (Mc Ardle, Katch, & Katch, 2004)

TABLA 1: Frecuencia cardiaca de recuperación

Pulsaciones a los cinco minutos de haber acabado el esfuerzo	
Por encima de 130 pulsaciones/minuto	Mal
130-120 pulsaciones por minuto	Suficiente
120-115 pulsaciones por minuto	Satisfactorio
115-105 pulsaciones por minuto	Muy bien
Por debajo de 100 pulsaciones por minuto	Nivel alto rendimiento

FUENTE: (Mc Ardle, Katch, & Katch, 2004)

2.1.8 LA FISILOGIA DEL LACTATO Y EL ENTRENAMIENTO

2.1.8.1 DEFINICIÓN DE LACTATO

El lactato es un compuesto orgánico que ocurre naturalmente en el cuerpo de cada persona. Además de ser un producto secundario del ejercicio, también es un combustible para ello. Se encuentra en los músculos, la sangre y varios órganos. Su cuerpo lo necesita para funcionar apropiadamente.

2.1.8.2 COMO SE PRODUCE EL LACTATO

El lactato se produce en nuestro organismo todo el tiempo, sin embargo cuando incrementamos la intensidad de nuestro ejercicio o nuestras actividades de trabajo, se producen grandes cantidades de piruvato rápidamente. Debido a que el piruvato puede ser rápidamente producido, no todo es utilizado como energía aerobia. El exceso del piruvato se convierte en lactato. Es por esa razón que el lactato es una

señal tan importante para el entrenamiento. Cuando es producida indica que la energía aeróbica es limitada durante la actividad.

Existe otra razón por la cual se produce más lactato, y se evidencia cuando se realiza o incrementa la intensidad del ejercicio, ya que se reclutan cantidades adicionales de fibras musculares. Estas fibras se utilizan con poca frecuencia durante el descanso o las actividades ligeras, muchas de estas fibras son de contracción rápidas las cuales no tienen mucha capacidad de convertir el piruvato en energía aeróbica, por lo que hay una mayor producción de lactato.

Dentro del dinamismo del lactato, al producirse este, el mismo intenta salir de los músculos para incorporarse en músculos cercanos, a los líquidos intersticiales celulares y al flujo sanguíneo.

Cuando el lactato es aceptado por otro músculo este se convertirá nuevamente en piruvato, siendo utilizado para energía aerobia. Durante el entrenamiento deportivo al incrementarse las enzimas el piruvato se convierten rápidamente en lactato y este en piruvato. El corazón utiliza el lactato como combustible, puede ir al hígado y ser convertido nuevamente en glucosa o glucógeno, por lo que puede variar rápidamente de una parte del cuerpo a otra, existiendo evidencia de que algunas cantidades de lactato se vuelven a convertir en glucógeno dentro del músculo.

2.1.8.3 EFECTOS

Muchos se preguntaran si el lactato es dañino o no, cuando este es producido a nivel muscular se producen iones de hidrógeno excesivos junto con el lactato, al existir una acumulación sustancial, los músculos se vuelven más ácidos, estos iones de hidrógenos son los causantes de problemas en la contracción de los músculos durante el ejercicio, describiéndose una sensación de “quemar o apretar”. Cuando el lactato es producido junto a este se produce el ión de hidrógeno saliendo juntos cuando salen de las células. La sensación de quemar es realmente un mecanismo de defensa contra el daño de los músculos, al

existir demasiada acidez esta puede descomponer la fibra muscular, durante el entrenamiento excesivo se producen altos niveles de ácidos.

Lo anterior demuestra que el lactato no es la causa de la fatiga muscular, pero está estrechamente relacionada con los iones de hidrógenos causantes de la acidez, y por ende de la fatiga, por lo que debe ser una preocupación para los atletas y sus entrenadores, existiendo dos valoraciones importantes. En primer lugar, si el atleta pudiera producir menos lactato o despejarlo más rápidamente de sus músculos, el proceso reduciría los iones de hidrogeno.

La clave para el éxito atlético según investigaciones recientes es poder despejar el lactato del músculo donde es producido, eso no significa que no sea importante una producción menor de lactato. Si existe un buen entrenamiento por parte de un atleta existirá una mayor posibilidad de que su cuerpo transportará el lactato a otro lugar rápidamente resolviendo el problema de tener mayor cantidad del mismo en los músculos, permitiendo que el atleta pueda mantener niveles altos de esfuerzo durante más tiempo.

2.1.8.4 ACLARADO DEL LACTATO

El termino despejar según la bibliografía utilizada describe el efecto de dos procesos separados pero relacionados.

En primer lugar nos referimos al proceso mediante el cual el lactato es removido o despejado de los músculos, evidenciándose a través de la elevación de los niveles de lactato en sangre cuando este sale de los músculos, lo esperado es cuando el lactato se mueve de mayor a menor gradiente de concentración.

En segundo lugar nos referimos al proceso donde el lactato es removido del flujo sanguíneo. Algunas veces se refiere como la desaparición del lactato. Al medir el entrenador el lactato en sangre de un atleta, este debe estar observando el efecto neto de los procesos de aparición y de desaparición. La literatura consultada refiere que durante una sesión de entrenamiento en estado fijo, cada uno de los procesos contrarresta al otro, por lo que el proceso de remover o despejar el

lactato de la sangre, ayuda a que este se despeje de los músculos que lo producen, que también es donde existirá el problema, siendo esto uno de los conceptos más importante para el entrenamiento.

2.1.8.5 UMBRAL LACTICO

2.1.8.5.1 BASES FISIOLÓGICAS

Desde 1920 numerosos investigadores han considerado que el lactato sanguíneo no se incrementa significativamente en potencias de trabajo bajas y moderadas y por lo tanto soportando el concepto de que los perfiles arterial y muscular de lactato exhiben un patrón característico de umbral. Desde los primeros estudios sobre la regulación ácido-base durante el ejercicio, una serie de investigadores han confirmado que la alteración en el equilibrio ácido-base que se desarrolla sistemáticamente durante el ejercicio en los seres humanos es una acidosis metabólica y ello puede atribuirse casi exclusivamente al aumento de lactato formado durante un ejercicio de alta intensidad, aunque un pequeño grado de acidosis y alcalosis respiratoria, en trabajos ligeros (Dempsey, Vidruk, & Mastenbrook, 1980).

Hay que tener en cuenta que el lactato es un anión, lo cual implica que un catión debe ser liberado simultáneamente para mantener las propiedades electrofísicas celulares estables, sabemos que el transporte de lactato no es un transporte activo, pero tampoco es un proceso de difusión simple. Existe evidencia que indica que la liberación de lactato por el músculo esquelético sería semejante a la “difusión facilitada” muestran que cuando la concentración de lactato muscular alcanza los 4 o 5 mmol·kg⁻¹ se alcanza un plateau para la aclaración de lactato, de tal modo que un incremento en las concentraciones de lactato no induciría una más rápida liberación.

La acumulación de lactato en el torrente sanguíneo ocurriría a cargas de trabajo alrededor del 40-60% del VO₂max. Es bien conocido que las concentraciones de lactato pueden verse alteradas por la depleción de glucógeno.

2.1.8.5.2 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

Debemos considerar que el ácido láctico se produce, en sujetos sanos, también en estado de reposo y con un correcto aporte de O₂. Hay que tener en cuenta que al comienzo del ejercicio, aunque éste sea de intensidad moderada, y debido a un retraso en la activación de los sistemas cardiovascular y pulmonar, la producción de ATP necesaria para sostener la carga de trabajo requerida se realiza transitoriamente a través de la activación de las vías energéticas anaeróbicas (glucólisis anaeróbica y metabolismo de los fosfágenos). El patrón de reclutamiento de las fibras musculares es también un importante determinante de la tasa de glucogenólisis y de la producción de lactato, debido a que el potencial metabólico difiere de forma importante entre las fibras musculares. Estas diferencias explican el hecho de que durante el ejercicio muy intenso, en que se reclutan todas las fibras musculares, la deplección de glucógeno y la acumulación de lactato son mucho más marcados en las fibras rápidas que en las lentas. Finalmente, varios factores pueden promover la formación de ácido láctico en el músculo. Uno de ellos es la aceleración de la glucogenólisis y de la glucólisis como resultado del aumento de actividad simpático-adrenal; así, la influencia de la adrenalina sobre la glucogenólisis puede incluso provocar la liberación de lactato desde los músculos en reposo al mismo tiempo en que la liberación de lactato por los músculos activos ya no aumenta más.

Otro factor que puede aumentar la formación de ácido láctico por el músculo es la transferencia inadecuada de equivalentes reducidos a la mitocondria (Holloszy & Coyle, 1984). Bajo esas circunstancias, la formación de lactato puede ayudar a mantener la relación NAD⁺/NADH en el citoplasma.

2.1.8.5.3 DISTRIBUCIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO

Cuando la producción de ácido láctico en las células musculares activas aumenta, el ácido láctico en parte es almacenado por el músculo donde puede ser utilizado, y parte difunde a través del

sarcolema, para posteriormente ser aclarado de la sangre por distintos mecanismos (eliminación, transformación). Se sabe que el lactato es un intermediario metabólico que puede ser intercambiado entre diferentes células en un mismo músculo, o intercambiado entre la sangre y el músculo, así como entre la sangre y otros tejidos diferentes. Por consiguiente parece importante para un adecuado funcionamiento muscular el transporte del lactato a través del sarcolema. En este sentido, conocemos desde hace tiempo que el lactato no puede moverse libremente desde el músculo a la sangre, sino que el transporte por el sarcolema está mediado por un sistema que es saturable y estérico-específico; además exhibe un acoplamiento obligatorio 1:1 entre el lactato y el H^+ . Así, el cotransportador lactato/ H^+ (transportador monocarboxilato, MCT) es el principal responsable de los movimientos del lactato a través del sarcolema, aunque también existe un proceso de difusión simple del lactato no disociado.

En la actualidad sabemos que la capacidad de transporte de lactato/ H^+ en las fibras lentas oxidativas es alrededor del doble que en las fibras rápidas glicolíticas. Pilegaard estudio la relación entre el tipo H^+ en el músculo esquelético humano, y encontraron una correlación positiva entre el porcentaje de fibras musculares y la capacidad de transporte lactato/ H^+ de fibras tipo I y la capacidad de transporte de membrana.

La capacidad de transporte de lactato/ H^+ por dos isoformas de las proteínas MCT (MCT1 y MCT4), la primera de las cuales se presenta con una mayor densidad en las fibras tipo I, se ha especulado que sería debido a una mayor especificidad de la MCT1 en el transporte del lactato al interior de la célula para su oxidación (McCullagh, Poole, Halestrap, O'Brien, & Bonen, 1996).

En contraste MCT4 presenta una distribución más uniforme con una mayor tendencia de densidad en las fibras tipo II, lo cual sugeriría que estarían más especializadas en el transporte de lactato fuera de la célula muscular.

En el plasma el lactato puede entrar en los glóbulos rojos por tres vías:

- 1) Mecanismo de intercambio aniónico, llamado “sistema a tres bandas”, donde el lactato es intercambiado por HCO_3^- o Cl^- .
- 2) Difusión no iónica de ácido láctico libre.
- 3) Por medio de un transportador específico que cotrasporta lactato y un protón. Todo ello equilibra las concentraciones de lactato en plasma y en interior de los hematíes.

La mayoría de estudios indican que la concentración de lactato plasmático en reposo es aproximadamente el doble de la del interior de los hematíes, por lo que se acepta que la relación lactato hematíes: lactato plasmático es de 0,5 aproximadamente y que el gradiente de reposo del lactato plasmático vs. lactato hematíes es de aproximadamente $0,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Este gradiente de lactato entre el plasma y los hematíes parece incrementarse durante el ejercicio intenso. Aunque algunos investigadores (Buono & Yeager, 1986) defienden que la concentración de lactato en plasma no difiere de la encontrada en los hematíes en reposo. Desde un punto de vista práctico, la metodología estándar de obtención de muestras sanguíneas para análisis de la concentración de lactato durante los test incrementales se acompaña de tiempo suficiente para un considerable intercambio de lactato entre el plasma y el interior de los hematíes, tendiendo al equilibrio de concentración.

2.1.8.5.4 ELIMINACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

Durante el ejercicio el aumento de la liberación muscular de lactato se acompaña de un incremento de su eliminación plasmática, de manera que la tasa de aclaramiento del lactato plasmático aumenta en intensidades submáximas de trabajo en comparación con el reposo. Aproximadamente un 50-60% del lactato producido se metaboliza en el hígado, donde se difunde libremente a través de la membrana celular del hepatocita y se transforma de inmediato en piruvato a través de la reacción lactato-deshidrogenasa NAD dependiente. Otros órganos

también participan en el aclaramiento del lactato, así, el músculo esquelético participa de forma importante en este aclaramiento (Ahlborg, Hagenfeldt, & Wahren, 1976).

Asimismo, el corazón es una visera que debido a su gran capacidad oxidativa y elevado flujo sanguíneo, contribuye parcialmente a la eliminación de ácido láctico expresan el aclaramiento de lactato -1 -70 kg -1 de la siguiente manera: hígado por diferentes tejidos en moles día 0,72; riñón, 0,12; y corazón, 0,08. Según el modelo bicompartimental, el músculo esquelético desempeña un importante papel en el metabolismo del lactato producido. Este modelo muestra que el 71-83% del lactato presente en los músculos activos es metabolizado en ellos durante la recuperación.

Tampoco se conoce bien el papel cuantitativo de los músculos inactivos en este proceso de aclaramiento. En resumen, si se aplica el modelo bicompartimental se puede sugerir que la concentración de lactato en sangre informa no solo de los cambios que tienen lugar en la sangre, sino también de lo que ocurre con el lactato en el músculo esquelético y en el resto del cuerpo.

2.1.8.5.5 CAUSAS DEL INCREMENTO EN LA CONCENTRACIÓN DE LACTATO

En la actualidad, aún se mantiene una importante controversia sobre cuál es la causa del aumento de la producción de lactato por las células metabólicamente activas. Algunos autores dudan de la relación causal entre el incremento de lactato y el aporte inadecuado de oxígeno demuestran que el lactato es producido en el músculo bajo condiciones completamente aeróbicas. Aparte de la hipótesis de la producción de lactato debida a la hipoxia, existe otra hipótesis, que justificaría el aumento de lactato basándose en la ley de acción de masas, dependiendo el incremento de lactato del aumento excesivo de la producción de piruvato como resultado de la gran activación de la glucólisis.

(Beaver, Wasserman, & Whipp, 1986), consideran que existen dos mecanismos por los que se puede incrementar el lactato:

1) La glicólisis se incrementaría tan rápidamente que la mitocondria no podría utilizar el piruvato a esta velocidad para prevenir su aumento en el citosol, produciría un incremento del lactato por acción de masas.

2) La lanzadera de protones de la membrana mitocondrial, que normalmente oxida $\text{NADH} + \text{H}^+$, sería demasiado lenta para reoxidar el NAD reducido y se produciría la conversión de piruvato en lactato cambiando el cociente lactato/piruvato (L/P) por alteración del estado redox. (Wasserman, 1984), Sometieron a 10 hombres voluntarios a ejercicio de pedaleo sobre cicloergómetro de freno electromagnético, pedaleando 5 minutos a 0 W, con incrementos de 15 W/min; se analizaron los gases, intensidad media el lactato y el cociente lactato/piruvato se incrementaban a aproximadamente el mismo consumo de oxígeno. El piruvato se incrementó, durante ejercicios intensos, a potencias superiores a las mostradas en el incremento de lactato o L/P. Se observó que el punto de transición del piruvato se produjo de forma significativa ($p < 0,005$) por encima del lactato.

En el postejercicio el piruvato se incrementó durante los 5 primeros minutos de recuperación, mientras que a partir del segundo minuto el lactato se incrementó ligeramente o disminuyó, el cociente L/P disminuyó tendiendo a alcanzar los valores de reposo. Este estudio demuestra que las concentraciones de lactato y piruvato se incrementan ligeramente a bajas intensidades de ejercicio sin cambios en el cociente L/P hasta que se alcanza una potencia de trabajo umbral, en la cual se produce un incremento abrupto del lactato sin incremento paralelo del piruvato, produciéndose un aumento progresivo en el cociente L/P, al incrementarse la potencia de trabajo, este incremento se revertirá al cesar el ejercicio. El cambio de tipo de fibras musculares a potencias de trabajo superiores al LT ha sido sugerido como posible mecanismo para explicar el incremento de lactato. Sin embargo, (Radda, 1986) utilizó espectroscopía de RMN P para estudiar el cambio en el pH en las fibras musculares tipo I y II 31 y reportó que ambos

tipos de fibras musculares experimentaron una disminución en el pH a las mismas cargas de trabajo. Siendo por tanto difícil de invocar la hipótesis del cambio del tipo de fibras para explicar el aumento del ratio L/P que se produce con el aumento de lactato en el LT. Algunos investigadores suponen que el lactato puede aumentar simplemente como efecto de acción de masas causado por el incremento de la glicólisis. No obstante al estimular el metabolismo del piruvato mediante la infusión de dicloroacetato, el cual estimula la piruvato deshidrogenada, prácticamente no se observó efecto sobre la LT. Sabemos que existen diferencias entre lactato arterial y venoso, así (Katz, 1993), observaron por debajo del AT, entre el lactato arteria y el obtenido en la vena femoral tanto en reposo como en ejercicio en pacientes con insuficiencia cardiaca y concluyen que los estudios que utilizan simple medición de la concentración de lactato en sangre para estimar la producción de lactato deben interpretarse con cautela.

(Yoshida, Suda, & Takeuchi, 1982), encontraron que el umbral anaeróbico es sistemáticamente mayor si se compara el punto de ruptura en sangre venosa con el punto de ruptura en sangre arterial.

2.1.8.5.6 DEFINICIONES UMBRAL LÁCTICO

El incremento de lactato en sangre arterial fue definido como “umbral anaeróbico”, ya que la evidencia experimental indicaba que este se producía a un consumo de O_2 por encima del cual el metabolismo anaeróbico complementaba la solicitud del metabolismo aeróbico.

2.1.8.5.7 PUNTO DE RUPTURA

Consumo de oxígeno más alto que puede ser alcanzado en un ejercicio incremental antes de que se observe una elevación en el lactato sanguíneo. Este fenómeno también ha sido llamado umbral anaeróbico, umbral aeróbico, punto de ruptura del lactato, OPLA. $-\Delta 1$ mM: consumo de oxígeno observado en un ejercicio incremental,

asociado a una concentración de lactato sanguíneo 1 mM. superior a los valores basales.

2.1.8.5.8 CONCENTRACIÓN DE LACTATO SANGUÍNEO DE 2,5 MM

Consumo de oxígeno observado en un ejercicio incremental, asociado a una concentración de lactato sanguíneo de 2,5 mM.

2.1.8.5.9 COMIENZO DE LA ACUMULACIÓN DE LACTATO SANGUÍNEO (OBLA)

Consumo de oxígeno observado en un ejercicio incremental, asociado a una concentración de lactato sanguíneo de 4,0 mM, este punto también ha sido llamado umbral anaeróbico por algunos investigadores.

2.1.8.5.10 UMBRAL ANAERÓBICO INDIVIDUAL

Consumo de oxígeno más alto que puede ser mantenido, en un ejercicio incremental, sin que se produzca un incremento continuo en el acúmulo de lactato sanguíneo.

2.1.8.5.11 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL UMBRAL LÁCTICO

Wasserman 1973 encontraron incrementos del lactato y disminución de bicarbonato menores durante test de ejercicio con incrementos de 1 minuto que de 4 minutos de duración.

Mader y Heck, 1985 hablan de umbral aeróbico-anaeróbico y lo sitúan en 4 mmol/l.

Se han realizado estudios para valorar la concentración de lactato sanguíneo en el umbral anaeróbico, observándose un amplio rango en los valores medios: 2,3 mmol/l, 3,5 y 2,9 mmol/l, mostraron valores menores de umbral anaeróbico al utilizar test en rampa con escalones lentos, $8 \text{ W} \cdot \text{min}^{-1}$, que con rápidos, $65 \text{ W} \cdot \text{min}^{-1}$.

2.1.8.5.12 PERFORMANCE Y UMBRAL LÁCTICO

El umbral de lactato puede ser modificado por el nivel de condición física, entrenamiento y el contenido sanguíneo de O₂.

Varios índices destinados a predecir el “rendimiento de durancia” (economía de carrera, porcentaje de grasa corporal, porcentaje de fibras ST, consumo máximo de oxígeno y umbral anaeróbico); la velocidad en cinta correspondiente al umbral anaeróbico láctico alcanzó la mayor correlación ($r=0,98$) con el rendimiento en la carrera de maratón en trece corredores. (Sjodin & Jacons, 1981) observaron una alta correlación ($r=0,96$) entre la velocidad en el OBLA y la velocidad de carrera en la maratón.

(Yoshida, Significance of the contribution of aerobic and anaerobic component to several distance running performances in female athlete, 1990) observaron una correlación significativa ($p<0,01$) entre el lactato sanguíneo en OBLA y en el umbral anaeróbico y la velocidad de carrera en 800, 1500 y 3000 metros.

2.1.8.6 MEDICIÓN DEL LACTATO

Generalmente se utiliza una muestra de sangre para medir el lactato, aunque algunos investigadores han tomado muestras del músculo y han medido el lactato en el músculo mismo. Existe una relación entre lactato sanguíneo y el lactato muscular. Cuando se toma una muestra de sangre, la cantidad de lactato se expresa como una concentración de mmol por litro. Por ejemplo, niveles de lactato sanguíneo durante el descanso generalmente se mantiene entre 1,0 mmol/l y 2,0 mmol/l, de acuerdo a bibliografías de estudios realizados en el llano. Se han observado niveles de lactato en algunos atletas después de competencias principales que llegan a 25-30 mmol/l, aunque los niveles tan altos son muy raros.



GRÁFICO 1: Toma de muestras de sangre a la preselección de cadetes del equipo de natación de F.F.A.A. en de reposo

2.2 LAS ZONAS DE POTENCIA Y LOS NIVELES DE ENTRENAMIENTO

“En función de los límites determinados en el plano, se ha introducido unas divisiones o zonas de potencia que ayudaran a programar y dirigir las cargas del entrenamiento de resistencia. Se dividen, a su vez, en niveles teóricos que permiten acercarse con

mayor exactitud a la realidad de las adaptaciones que se puedan producir como reacción a la aplicación de las cargas de entrenamiento. Cada zona y nivel (tratos seguidamente) reúnen una serie de características que ayudan a identificarlos para su utilidad en la orientación de las cargas.

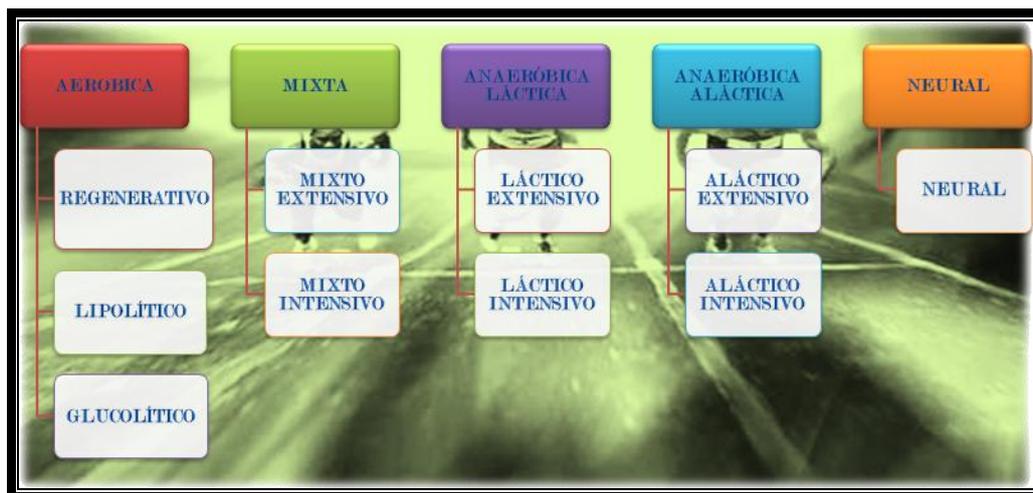


GRÁFICO 2: Zonas de entrenamiento

FUENTE: Pozo S/Salas C. (2012)

2.2.1 ZONA AERÓBICA

Se caracteriza fundamentalmente porque en ella predomina el metabolismo aeróbico. La mayor parte del ATP que se genera proviene de las mitocondrias y es producido en el ciclo de Krebs. Para ello se dice que el oxígeno procede de la respiración, debe afluir a través del torrente sanguíneo.

Las potencias pasan desde muy bajas hasta medias y en ninguno de los niveles que comprenden se produce acumulación progresiva de concentración de lactato sanguíneo. Según se observa abarca tres niveles: aeróbico regenerativo, aeróbico lipolítico y aeróbico glucolítico.

2.2.1.1 NIVEL 1: AERÓBICO REGENERATIVO

Supone el nivel más bajo de entrenamiento y se utiliza con objetivos recuperadores. No se produce adaptaciones ya que las

cargas que inciden este nivel son tan bajas que resultan no entrenables no obstante, cuando las cargas son muy prolongadas en el tiempo se pueden provocar adaptaciones útiles en especialidades de resistencia de duración larga, porque dichas cargas llevan el empleo de las grasas a intensidades muy bajas y crean una “inercia” que puede ser transferida a ciertos deportes (Triathlon, Marathon, Ultrafondo, Ciclismo en ruta, etc.).

Las características más relevantes son:

- **Límite superior de potencia.-** Limita por arriba con el momento del vertido del lactato desde el musculo hasta la sangre o, lo que es lo mismo con el umbral aeróbico.
- **Límite inferior de potencia.-** No existe límite inferior, ya que supondría el descanso o la situación de reposo total.
- **Escalas de medición.-** Haciendo referencia a las escalas y a los indicadores, los esfuerzos o las cargas de entrenamiento con los que se puede incidir en esta zona oscilan entre los siguientes valores:
 - **Potencia.-** Es muy baja y no produce alteraciones de la homeóstasis por lo que tan poco se producen adaptaciones, ya que el organismo se encuentra previamente preparado para este tipo de esfuerzo.
 - **Frecuencia cardiaca.-** Para un deportista cuya frecuencia cardiaca sea alrededor de 200p/min los trabajos que inciden en este nivel se encuentran con pulsos inferiores a las 130-135p/mim.
 - **Consumo de oxígeno.-** El que provocan las cargas en este nivel son muy bajas siempre inferior al 50 % del VO₂max, lo que permite largos periodos de ejercicio como la marcha o incluso carreras continuas a velocidades muy bajas.

- **Nivel de concentración de lactato sanguíneo.-** La concentración no rebasa los 2mmol/l y no se acumula a lo largo de todo el tiempo en el que incide la carga.
- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.-** La máxima intensidad posible en este nivel, que coincidiría con el umbral aeróbico es ilimitada, o al menos admite esfuerzos superiores a las tres horas.
- **Objetivos metabólicos de entrenamiento.-** Los objetivos principales referentes a los procesos metabólicos están basados en la aceleración de los procesos regenerativos, tanto como para eliminar el lactato y otros catabolitos de la sangre y del musculo, mediante la aceleración del torrente y el transporte más rápido. Igualmente, mediante las cargas que inciden en este nivel se puede lograr pérdida de peso.
- **Sustratos predominantes.-** A estas intensidades tan bajas la energía se obtiene de forma predominante a partir de las grasas. Por ello, si no para mejorar el rendimiento de resistencia, puede resultar muy útil al menos para bajar el porcentaje de grasa que a veces entorpece y retarda el rendimiento en el deportista de resistencia. No debe olvidarse que el VO₂ max relativo viene expresado con el peso corporal, de modo que un deportista se encuentra con sobrepeso, dispondrá de menor VO₂max, por lo que uno de los objetivos debería consistir en eliminar el exceso de peso.
- **Parámetros de influencia.-** En este nivel inciden unos parámetros íntimamente relacionados con los procesos aeróbicos, como el estado estable, ya que, como se ha descrito, mediante estas potencias no se acumula lactato.
- **Factores limitantes.-** Parece que van más por el camino de los que pueden provocar fatiga mental. No obstante, si el esfuerzo resulta muy prolongado, existen factores limitantes como la

deshidratación, el aumento de temperatura o sobrecargas por fatiga muscular.

- **Metabólicos y derivaciones.-** Los catabólicos y productos de desecho no suponen factores limitantes del esfuerzo.
- **Sustratos.-** Dado que se utilizan las grasas como elemento predominante, los sustratos energéticos resultan suficientes para no suponer un límite en su vaciamiento, o al menos no se producirá antes de que se provoque interrupción por otras causas (fatiga muscular, sobrecargas, lesiones, deshidratación, aumento de temperatura, etc.).

- **Principales adaptaciones.** Mediante cargas del tipo de las que inciden en este nivel, no se producen adaptaciones. No obstante hay que tener presente que las cargas que inciden aquí, al ser eminentemente regeneradoras, no solo que permiten sino que pueden acelerar los procesos de adaptación provocados por cargas que hayan incidido en otros niveles del PBE.
- **Adaptaciones Fisiológicas.-** Cuando las cargas son muy duraderas en el tiempo, pueden producir adaptaciones sobre la utilización de las grasas, cada vez con intensidades más altas.
- **Adaptaciones anatómico – funcionales:** se produce una mejora de la capacidad de las fibras St para metabolizar las grasas y una más rápida inercia de su utilización. Igualmente, se da pérdida de peso y disminución de la viscosidad muscular.

2.2.1.2 NIVEL 2: AERÓBICO LIPOLITICO

Las características más relevantes son las siguientes:

- **Límite superior de potencia.-** No se encuentra totalmente definido. Se estima próximo a la zona donde comienza a predominar la prestación basada en los hidratos de carbono.

- **Límite inferior de potencia.-** Se establece a una potencia equivalente al UA y al comienzo del vertido de lactato a la sangre.
- **Escalas de medición.-** Los indicadores de potencia del ejercicio y de la repercusión (carga interna) son las siguientes:
- **Frecuencia cardiaca.-** Sobre un máximo de 200p/min, el nivel está comprendido entre las 130-135 correspondientes al límite inferior y aproximadamente 150 del límite superior, de forma aproximada.
- **Consumo de oxígeno.-** Oscila entre 50 y 55 ml/kg/min para un individuo con alto índice de VO₂ max. De todas formas, sea cual sea este, el porcentaje oscila entre el 55 y el 65 % de este.
- **Nivel de concentración de lactato de sanguíneo.-** El lactato sanguíneo sigue manteniéndose constante para una misma potencia y para un deportista cuyo máximo llegue a 22 mmol/l se sitúa entre 1,5- 1,8 (correspondientes al UA) y 2,5- 3 mmol/l.
- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.-** El límite sigue siendo relativamente largo, ya que la máxima intensidad posible con la que se puede incidir en este nivel llega hasta las 2 h de esfuerzo aproximadamente. No obstante, hay deportistas capaces de mantener algo más de tiempo este tipo de cargas.
- **Objetivo metabólico de entrenamiento.-** Mejorar el metabolismo aeróbico a intensidades medias bajas y desarrollar la capacidad de acelerar los procesos de eliminación de lactato y catabólicos correspondientes que se hayan podido producir tras la aplicación de cargas en niveles superiores.
- **Sustratos predominantes.-** Siguen siendo predominantes las prestaciones que provienen de la oxidación de los ácidos grasos.
- **Parámetros de influencia.-** En este nivel sigue siendo influyente el estado estable, pero al principio del ejercicio

comienza a producirse un ligero déficit de oxígeno y al terminar igualmente se aprecia una ligera deuda que se debe restablecer.

- **Factores limitantes.-** Coinciden con el nivel 1, aunque comienzan a aparecer algunos otros. De todas formas, los principales límites también pueden sobrevivir por influencia psicológica, deshidratación o incremento de la temperatura corporal:
- **Metabólicos y derivaciones.-** Al tratarse del metabolismo aeróbico, no existen límites producto del metabolismo, ya que los compuestos terminales son el dióxido de carbono, que es eliminado por la respiración, y el agua, que vuelve a utilizarse por parte del organismo.
- **Sustratos.-** La depleción de los sustratos no suele suponer un factor limitante, ya que el sustrato principal es de los lípidos y estos por lo principal suelen mantenerse en el tiempo lo suficiente para que se presenten antes otros problemas que obliguen a interrumpir el ejercicio, similares a los descritos para el nivel 1.
- **Principales adaptaciones.-** En este nivel ya comienzan a producirse adaptaciones, especialmente las que se buscan para especialidades de RDL II y RDL III. Las adaptaciones que se producen son a largo y medio tiempo, más duraderas:
- **Adaptaciones fisiológicas:**
 - Economía cardiovascular y de gasto cardíaco.
 - Aumento de la actividad mitocondrial.
 - Potenciación de la actividad aeróbica de las fibras St, especialmente.
- **Adaptaciones anatómico-funcionales:**
 - Aumento del volumen cardíaco.
 - Incremento del volumen sanguíneo.

- Aumento de la capilarización.

2.2.1.3 NIVEL 3: AERÓBICO GLUCOLÍTICO

A medida que la potencia del ejercicio aumenta, las necesidades de energía van cambiando. A través del metabolismo de las grasas se produce menos cantidad de ATP en unidad de tiempo que a partir del glucógeno (ver capítulo 2). Por ello en este nivel comienza a prevalecer el metabolismo aeróbico del glucógeno.

Las características de este nivel son:

- **Límite superior de potencia.-** Se sitúa con la potencia inmediatamente inferior a aquella que comienza a provocar acumulación progresiva de lactato en la sangre. Coincide con el máximo estado estable (MaxLax) que, como se ha visto, tiene por límite el UAn.
- **Límite inferior de potencia.-** Aunque menos definido, se ubica en la potencia en la que comienza a predominar el metabolismo del glucógeno sobre el de los lípidos. Coincide con el límite superior del nivel aeróbico lipolítico.
- **Escalas de medición.-** Al precisarse más cantidad de energía en unidad de tiempo, los valores de las escalas de indicadores van siendo más elevados y empiezan a definirse los factores limitantes del esfuerzo.
- **Frecuencia cardíaca.-** Oscila en valores medios altos. Para el deportista para el cual se ha definido el PBE estándar, oscile de forma aproximada entre las 150 del límite inferior y las 170 que coincidirían con el UAn (límite superior).
- **Consumo de oxígeno.-** Se va haciendo más importante. Se utilizan valores en los 50-55 ml/kg/mm, correspondientes al límite superior del nivel 2 y los 60-65 ml/kg/mm, correspondientes al UAn. Si se refiere al porcentaje, estos valores oscilan entre el 65 y el 80% del VO₂mx (Barbany, 2002).

- **Nivel de concentración de lactato sanguíneo.-** El indicador correspondiente a la lactacidemia oscila entre los valores inferiores del nivel aeróbico lipolítico 2,5-3 y los 3-4 del UAn. Ya se ha visto que lo que debe prevalecer es el UAn individual (UANi), por lo que este límite debería estar bien determinado, a través de alguna de las múltiples pruebas que se utilizan en la actualidad.
- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.-** Cuando se aplican cargas de estas características comienzan a aparecer límites temporales al esfuerzo. Dependiendo de si la potencia se encuentra más próxima al límite inferior o al superior y suponiendo que el deportista se encuentra bien entrenado, el tiempo que se pueden mantener estas potencias puede oscilar entre las 2 h aproximadamente y los 45 mm.
- **Objetivos metabólicos de entrenamiento.-** Son básicamente todos aquellos que permiten mejorar la resistencia aeróbica a niveles medios:
 - Mejorar el metabolismo aeróbico del glucógeno.
 - Mejorar y prolongar el MaxLax.
 - Mejorar y prolongar el estado estable para todas las potencias intermedias.
- **Sustratos predominantes.-** Son el glucógeno y otros hidratos de carbono. No obstante, esto no quiere decir que aún no se están utilizando las grasas, sino que el protagonismo lo toma el primero.
- **Parámetros de influencia.-** En la zona aeróbica glucolítica inciden sobre todo el estado estable, que llega a su límite en las potencias más altas. Igualmente, en el límite superior se encuentran el MaxLax y el UAn. De esta forma, cuando se aplican cargas próximas al límite superior, se pueden mejorar esos parámetros. En este nivel comienza a producirse una

deuda de oxígeno considerable que deberá ser pagada una vez concluido el ejercicio.

- **Factores limitantes.-** En este nivel comienzan a definirse de forma más taxativa los factores que pueden hacer interrumpir el esfuerzo o al menos obligar a que las cargas incidan en niveles inferiores. No obstante, aún puede influir sobremanera el factor deshidratación y el de acumulación de calor, sobre todo si el ambiente exterior (temperatura, grado de humedad, etc.) contribuye a que se vaya acumulando dicho calor. Entre los factores limitantes más característicos que se pueden dar en este nivel se pueden encontrar los siguientes:
 - **Metabólicos y derivaciones.-** Hasta aquí los productos de desecho que se producen a través del metabolismo todavía no provocan limitaciones, como ya ocurre en niveles inferiores, el esfuerzo es eminentemente aeróbico y los productos terminales son el dióxido de carbono y el agua.
 - **Sustratos.** El sustrato principal utilizado es el glucógeno, de modo que cuando es demandado en cantidades importantes (tal cual es el caso en el que se producen las cargas que inciden en este nivel) puede llegar a agotar sus depósitos. Esto supone un factor que permitirá mantener más el esfuerzo de estas características a base de lograr que los depósitos de glucógeno se encuentren cada vez más llenos y, por otra parte, mediante la posibilidad de utilizar menos para cada potencia (economía).
 - **Principales adaptaciones.-** Las adaptaciones que se producen aplicando cargas en este nivel son todas aquellas relacionadas con el desarrollo de la resistencia aeróbica a intensidades medias. De éstas, las principales son:
 - **Adaptaciones fisiológicas:**
 - Economía y potencia cardiovascular. Mayor riego sanguíneo, mayor transporte de oxígeno (con todo lo que con lleva en cuanto al aumento de hemoglobina, mejora de la circulación periférica, etc.).

- Mayor actividad mitocondrial.
 - Más actividad enzimática.
 - Mayor eliminación de productos finales del metabolismo anaeróbico láctico.
 - Aumento de la actividad tamponante.
 - Incremento de las capacidades oxidativas de las fibras St a partir del glucógeno.
- **Adaptaciones anatómico-funcionales:**
- Aumento del tamaño de las mitocondrias.
 - Mayor cantidad y sección de capilares.
 - Incremento del volumen cardíaco.
 - Disminución de la viscosidad muscular.
 - Potenciación de las fibras St en el metabolismo aeróbico del glucógeno.
 - Especialización más aeróbica de las fibras Ft 1.

2.2.2 ZONA MIXTA O AERÓBICA-ANAERÓBICA

Para potencias que superan el umbral anaeróbico (UAn), el metabolismo aeróbico no basta para aprovisionar al músculo de la cantidad necesaria de ATP, por lo que comienza a cobrar importancia la producción de energía a través del metabolismo del lactato. En la anterior zona (aeróbica) predominaba la producción de energía merced a los procesos oxidativos, pero en ésta tanto la vía aeróbica como la anaeróbica glicolítica funcionan de forma simultánea. Por ello se generan importantes cantidades de ATP en unidad de tiempo por el funcionamiento importante de las dos vías. Esta zona no se halla muy determinada respecto a cuál de las dos vías se usa más, pero los límites están bastante bien definidos. El límite inferior se encuentra con la potencia equivalente al MaxLax y en el límite superior se encuentra el "O₂máx o la PAM. Tanto el UAn como los dos últimos son parámetros que se pueden delimitar de forma muy aproximada. Esta zona es relativamente amplia y, dependiendo de la potencia de las

cargas, se originan adaptaciones y funciones un tanto diferenciadas. Con vistas a definir mejor la orientación de las cargas, se ha dividido en dos niveles de potencia: nivel mixto extensivo y nivel mixto intensivo.

2.2.2.1 NIVEL 4: MIXTO EXTENSIVO

Pese a que intervienen ambas vías metabólicas, todavía prevalece la aeróbica sobre la anaeróbica. No obstante, al haberse superado la potencia correspondiente al UAn, se comienza a acumular lactato sanguíneo debido a que empieza a producirse a mayor cantidad de la que el organismo es capaz de ir haciendo desaparecer:

- **Límite superior de potencia.-** No está demasiado bien definido, pero de una forma un tanto teórica se sitúa en la zona en la cual todavía puede predominar la vía aeróbica sobre la anaeróbica láctica. No obstante, serán los parámetros indicadores los que permitirán aplicar un criterio aproximado para delimitarla por arriba.
- **Límite inferior de potencia.-** Se encuentra mejor definido, ya que coincide con el UAn. Por lo tanto, el nivel comienza en el momento en el que es rebasado el MaxLax.
- **Escalas de medición.-** Las escalas de medición o indicadores de carga interna suponen una ayuda importante, sobre todo para determinar el límite superior. Por lo tanto, las pruebas que se hagan para comprobar los parámetros han de ser cuantificables, con el fin de que permitan calcular las proporciones o los porcentajes, sobre todo respecto al VO_{2m} o a la PAM.
- **Frecuencia cardíaca.-** Va llegando a niveles muy altos, ya que igualmente las necesidades del metabolismo aeróbico precisan grandes cantidades de oxígeno debido a que el aparato cardiovascular es fuertemente exigido. De este modo, en el PBE estándar las pulsaciones se sitúan entre las 170 en las que se ubicaba aproximadamente el UAn y las 180-185 del límite superior teórico.

- **Consumo de oxígeno.-** Comienza a ser considerablemente alto. Pasa de los 60-65 a los 70 ml/kg/mm, lo que supone una banda que oscila entre el 80% en el que se ha situado el UAn y el 90% del VO₂máx en el que se puede establecer el límite superior.
- **Nivel de concentración de lactato sanguíneo.-** Igualmente sigue aumentando al producirse más cantidad a medida que se incrementa la potencia del ejercicio. Llega a pasar de los 4 mmol/l en los que se ha situado el UAn teórico a los 6 mmol/l en los que se ha establecido el criterio del límite superior.

- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.-** Al aumentar la potencia y necesitarse más energía en unidad de tiempo, la duración máxima en la que se puede aplicar una carga se va reduciendo. En este nivel (siempre hablando de forma teórica) se pueden mantener potencias aproximadas entre los 40-45 y los 20 mm. Esta duración dependerá de la potencia de cada momento y de las características individuales del deportista.
- **Objetivos metabólicos de entrenamiento:**
 - Mejorar el UAn en dos sentidos: aumentando paulatinamente la potencia que se pueda aplicar sin que se desestabilice el MaxLax o prolongando en el tiempo dicho parámetro.
 - Mejorar la capacidad de mantenimiento de potencias aeróbicas considerables a lo largo del tiempo.
- **Sustratos predominantes.-** En este nivel los lípidos tienen un papel totalmente secundario, pasando a prevalecer casi en exclusiva el glucógeno, que puede ser metabolizado tanto por procesos aeróbicos como anaeróbicos.

- **Parámetros de influencia.-** En este nivel ya no existe estabilidad en la producción-eliminación de lactato al haberse rebasado el MaxLax. Aumenta paulatinamente la deuda de oxígeno, pero al mismo tiempo se produce un acúmulo de concentración de lactato en la sangre que irá aumentando a medida que se mantiene más tiempo una potencia determinada de ejercicio.
- **Factores limitantes.-** Los factores que obligan a interrumpir o disminuir la potencia del ejercicio vienen determinados por dos aspectos:
 - **Metabólicos y derivaciones:**
 - A través de la acumulación de productos de desecho del metabolismo anaeróbico láctico. Disminución del pH muscular y sanguíneo y acumulación de lactato sanguíneo y muscular. Dado que el metabolismo del lactato todavía dispone de mucho margen, no suelen ser elementos excesivamente limitantes. Al menos, siempre habrá otros que obliguen a detenerse o a bajar potencia antes de que lleguen a su límite en este nivel.
 - Uno de los factores más limitantes de los procesos aeróbicos en este nivel puede ser la deuda de oxígeno, que se va acumulando a lo largo del tiempo en el que se aplica la carga.
- **Sustratos.-** El otro factor limitante es la depleción de las reservas de glucógeno. Resulta el más determinante en la mayoría de los casos, pero sobre todo cuando se efectúa un trabajo con interrupciones (pausas) que permiten que se restablezcan los niveles de lactato en la sangre y el músculo, así como la deuda de oxígeno. El agotamiento del glucógeno no permite la posibilidad de mantener las potencias de ejercicio, ya

que obligaría a entrar en funcionamiento el metabolismo de las grasas, que exige disminuir la potencia, con lo que sería imposible mantener la ubicación de las cargas en este nivel.

➤ **Principales adaptaciones.-** Estriban en aquellas que permiten mantener esfuerzos aeróbicos a potencias altas, así como las correspondientes a la producción de energía a través del metabolismo anaeróbico láctico en cantidades moderadas. Igualmente, aparecen aquellas que permiten la posibilidad de mantener una concentración moderada de lactato y de acidez durante mucho tiempo:

➤ **Adaptaciones fisiológicas:**

- Economía cardiovascular y de gasto cardíaco.
- Mejora de la circulación periférica (mayor capilarización y más rápida movilización del torrente sanguíneo).
- Aceleración y eliminación de lactato y productos de desecho del metabolismo anaeróbico láctico.
- Capacidad para mantener en el tiempo concentraciones de lactato moderadas (tolerancia láctica).
- Disminución de la viscosidad muscular.
- Aumento de la actividad enzimática tanto aeróbica como anaeróbica láctica.
- Depleción y relleno de depósitos de glucógeno.

➤ **Adaptaciones anatómico-funcionales:**

- Aumento del volumen del corazón.
- Incremento de capilares en número y sección.
- Especialización de las fibras St a través de procesos metabólicos aeróbicos y anaeróbicos lácticos.
- Especialización de las fibras Ft 1 en procesos aeróbicos.

2.2.2.2 NIVEL 5: MIXTO INTENSIVO

En la zona aeróbica, anaeróbica o mixta las potencias más altas se sitúan en un nivel próximo a las máximas prestaciones aeróbicas, es decir, a la PAM y al VO₂máx:

- **Límite superior de potencia.-** Se encuentra bastante bien definido ya que se hace coincidir con la PAM y con el VO_2 máx. Este límite no resulta muy complicado de determinar y se puede obtener mediante diversas pruebas que se utilizan en la actualidad.
- **Límite inferior de potencia.-** Resulta un poco más ambiguo, tal y como se ha visto para el nivel mixto extensivo, ya que se han empleado unos criterios que deben ser establecidos de forma un tanto arbitraria. Pero aun así, si se aplica siempre el mismo criterio, puede resultar muy útil para diferenciar las cargas. Este límite se basa en porcentajes de los indicadores y las escalas que ya se han tratado al describir el límite superior del nivel mixto extensivo.
- **Escalas de medición.-** Están bien definidas por el límite superior, siendo éste el valor de referencia que utilizan muchos autores como dato para determinar las zonas y los niveles:
 - **FC.** En el PBE estándar se halla en unas pulsaciones del orden de 185 hasta la FC máx, que se ha establecido en 200 p/min.
 - **Consumo de oxígeno.-** Alcanza su máxima expresión pasando desde los 70 ml/kg/mm hasta el máximo que se ha establecido, de 80 ml/kg/mm, que a su vez coincide con la banda porcentual comprendida entre el 90 y el 100% del VO_2 máx.
- **Nivel de concentración d lactato sanguíneo.-** Pasa desde los 6 mmol/l que se estableció como tope en el nivel mixto extensivo, hasta el que coincide con el VO_2 máx, que se sitúa alrededor de los 8 mmol/l.

- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible-**
De igual manera que en otros niveles, depende de diversos factores, prioritariamente del grado de exigencia en potencia. Así pues, podrán mantenerse esfuerzos entre los 20 mm (si la exigencia del ejercicio se encuentra próxima al 90% del $\dot{V}O_2m$) y alrededor de los 8 mm si el esfuerzo está próximo o coincide con el 100% del VO_2max (límite superior).

- **Objetivos metabólicos de entrenamiento:**
 - Mejorar las prestaciones del $\dot{V}O_2mx$ aumentándolo de forma que mejore la posibilidad de consumir más oxígeno en unidad de tiempo.
 - Mejorar la posibilidad de mantener más tiempo potencias aeróbicas máximas y submáximas.
 - Mejorar la capacidad de mantener el ejercicio durante un tiempo determinado pero soportando tasas de lactato de tipo medio (tolerancia al lactato).

- **Sustratos predominantes.-** Tanto en la parte anaeróbica láctica como en la aeróbica se utilizan el glucógeno y otros hidratos de carbono de forma casi exclusiva.

- **Parámetros de influencia.-** En este nivel aparecen varios parámetros que pueden resultar determinantes:
 - Importante acumulación de lactato sanguíneo con descenso de pH.
 - Inexistencia de estado estable, por lo que se irá acumulando deuda de oxígeno de forma muy rápida y en proporciones muy importantes.
 - En el límite superior aparece, además de la PAM y el $\dot{V}O_2máx$, la velocidad aeróbica máxima (VAM) en los

casos en los que se implique el desplazamiento del propio cuerpo, sin influencias externas.

➤ **Factores limitantes.-** Las cargas cuyas intensidades inciden en este nivel comienzan a estar limitadas en el tiempo por varios aspectos:

➤ **Metabólicos y derivaciones:**

- Por acumulación de lactato durante tiempos relativamente prolongados.
- Por acumulación de deuda de oxígeno, que llega a ser en algunos casos el factor más limitante en este nivel.

➤ **Sustratos.-** La depleción de glucógeno puede ser uno de los factores que impidan mantener el ejercicio a las potencias indicadas. A estas intensidades, tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico láctico (éste con mucha más avidez) diezman muy rápidamente los depósitos de glucógeno, por lo que la posibilidad de mantener durante el mayor tiempo posible estas cargas cobra una “glucogenodependencia” que debe tenerse en cuenta, siendo preciso que los depósitos se encuentren repletos.

El efecto limitante de depleción del glucógeno se hace más patente ante esfuerzos fraccionados, a partir de cuyas pausas se permite cierto reequilibrio del lactato, sobre todo, el “pago” de una parte de la deuda de oxígeno que se va acumulando. Por consiguiente, al retrasarse los otros límites, acaba siendo la falta de glucógeno la que puede hacer que se interrumpa el ejercicio o decaiga en su potencia.

➤ **Principales adaptaciones.-** Son las que implican la posibilidad de alcanzar y mantener máximas potencias de carácter aeróbico, al tiempo que se reclaman igualmente potencias considerables que inciden en el metabolismo anaeróbico láctico:

➤ **Adaptaciones fisiológicas:**

- Se sigue manteniendo la mejora de la economía cardiocirculatoria y del gasto cardíaco. No obstante, si se pretende como objetivo, se recomienda incidir en los niveles inferiores (niveles 3 y 4).
- Se potencia la tolerancia al lactato en concentraciones relativamente importantes.
- Aumenta la capacidad tamponante del pH, tanto en el músculo como en la sangre.
- Se eleva la tolerancia a la acumulación de deuda de oxígeno en grandes proporciones.

➤ **Adaptaciones anatómico-funcionales:**

- Aumento del volumen cardíaco, con mayor incidencia hipertrófica al tener que actuar con más fuerza en cada contracción sistólica.
- Incremento de la capilarización.
- Aumento de la movilización del volumen sanguíneo, pero en menor cuantía que en niveles inferiores.
- Incremento de actividad de las fibras St en el metabolismo aeróbico del glucógeno en las mitocondrias y del metabolismo anaeróbico láctico en el sarcoplasma.
- Aumento de actividad de las fibras Ft I en procesos aeróbicos.

2.2.3 ZONA ANAERÓBICA LÁCTICA

A partir de la potencia en la que se ve reclamado el VO_2 máx O la PAM, el metabolismo aeróbico ya no puede seguir aumentando la producción de ATP al verse saturado. Por ello, la única posibilidad de incrementar dicha potencia parte de las prestaciones del metabolismo anaeróbico.

De esta forma, las cargas en las que la potencia aplicada exija más cantidad de energía en la unidad de tiempo que las que pueda abastecer el consumo de oxígeno inciden en la zona que se ha denominado “anaeróbica láctica”, que permite gran gama de potencias. Así pues, para que sirva de ayuda para dirigir las cargas, se ha estimado la conveniencia de subdividirla en dos niveles: láctico extensivo e intensivo.

2.2.3.1 NIVEL 6: LÁCTICO EXTENSIVO

Resulta la parcela en la cual inciden las cargas de potencia inmediatamente más altas a las que exigen al 100% el VO_2 máx.

- **Límite superior de potencia.-** Se ha establecido de forma teórica tratando de repartir en dos niveles la zona anaeróbica láctica.

Igual que ha sucedido con los niveles anteriores, el límite superior se establece en función de las escalas numéricas a las que se ha estado haciendo referencia continua. De esta forma, como la FC ya no correlaciona con los procesos lácticos (ver capítulo 2) y el consumo de oxígeno se ha visto saturado en el nivel de potencia inferior, ya no resulta válida la referencia a estos parámetros. Por lo tanto, las referencias posibles para establecer el límite superior se determinan a través de los niveles de concentración de lactato y de los porcentajes de potencia superiores a los que reclama el VO_2 máx. Este límite se sitúa alrededor de los 14 mmol/l de concentración de lactato sanguíneo y alrededor del 115-120% del VO_2 máx o de la PAM.

- **Límite inferior de potencia.-** Se encuentra bien definido, ya que coincide con el límite superior del nivel 5 (mixto intensivo). Así pues, la potencia mínima que incide en este nivel equivale a la inmediatamente superior a aquella que reclama el $VO_2^{\text{máx}}$, la PAM, la $FC^{\text{máx}}$ o la VAM.

- **Escalas de medición.-** Las posibilidades de medición se reducen a porcentajes de potencias o a valores de la concentración de lactato en la sangre:
 - **Frecuencia cardíaca.-** Al haberse agotado diferentes posibilidades de comparación y cuantificación, las contingencias de medir a través de la FC resultan inútiles al haberse saturado en el límite inferior.

 - **Consumo de oxígeno.-** Dado que el $VO_2^{\text{máx}}$ se satura en el límite superior del nivel 5, las escalas de medición se limitan al porcentaje de la potencia equivalente al $VO_2^{\text{máx}}$. Así pues, se puede referir a los porcentajes de la potencia que exige este $VO_2^{\text{máx}}$ o la PAM y oscilará entre el 100 y el 115- 120%.

 - **Nivel de concentración de lactato sanguíneo.** Resulta uno de los parámetros que siguen guardando correlación con el incremento de la potencia del esfuerzo. De todas formas, hay que recordar las numerosas variables que se producen antes de que este lactato sea vertido a la sangre (ver capítulos 2 y 3). Los índices de concentración oscilan en este nivel entre los 8 y los 12-14 mmol/l.

- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.**
Dependiendo de la potencia del ejercicio, el esfuerzo se puede mantener entre los 8 mm a potencias más bajas hasta los 3 mm en las potencias más altas.

- **Objetivos metabólicos de entrenamiento.-** Los objetivos de entrenamiento en relación con los procesos metabólicos se dirigen a:
 - Lograr mantener en el tiempo importantes concentraciones de lactato (tolerancia al lactato).
 - Soportar durante un tiempo relativamente largo importantes grados de acidez muscular y sanguínea.
 - Aumentar la velocidad de eliminación del lactato al tiempo que se incrementa la capacidad tamponante.

- **Sustratos predominantes.-** De forma predominante el glucógeno es reclamado en cantidades muy importantes en la unidad de tiempo, con lo que se agotará en períodos relativamente reducidos.

- **Parámetros de influencia.-** El nivel anaeróbico láctico extensivo se ve afectado por los siguientes parámetros:
 - Por una importante deuda de oxígeno.
 - Por la importante acumulación de lactato al tiempo que implica la tolerancia a la acidez.

- **Factores limitantes.-** Los factores que pueden hacer sucumbir ejercicios de esta potencia son fundamentalmente los relacionados con el metabolismo anaeróbico láctico:

➤ **Metabólicos y derivaciones:**

- La deuda de oxígeno, que se puede hacer máxima.
- La tolerancia en el tiempo a la acidez.

➤ **Sustratos.-** La limitación en relación con los sustratos energéticos estriba en la depleción del glucógeno, que es rápidamente reclamado y desperdiciado sobremanera (ver capítulo 3). Esto ocurre igual que en niveles inferiores: se acentúa cuando se aplican trabajos fraccionados, ya que, al permitir deshacerse del lactato y reducir la deuda de oxígeno, esas limitaciones se retrasan, dando tiempo a que se agote el glucógeno.

➤ **Principales adaptaciones.-** Las cargas que inciden en esta zona producen reacciones adaptativas relacionadas con el metabolismo anaeróbico láctico de manera muy particular:

➤ **Adaptaciones fisiológicas:**

- Tolerancia a importantes concentraciones de lactato y a la hiperacidez durante un tiempo relativamente prolongado.
- Aumento de la capacidad tamponante de la hiperacidez.
- Aumento de la actividad enzimática anaeróbica.
- Posibilidad de aumentar el $\dot{V}O_2$ máx trabajando a potencias ligeramente superiores a éste (puesta en crisis).

➤ **Adaptaciones anatómico-funcionales:**

- Aumento de la actividad anaeróbica glucolítica de, las fibras St.

- Incremento de la potencia anaeróbica en las fibras Ft 1 y Ft II.

2.2.3.2 NIVEL 7: LÁCTICO INTENSIVO

En este nivel inciden las cargas lácticas por excelencia que implican al metabolismo láctico en su máxima expresión. Los niveles de lactato en la sangre y la hiperacidez llegan al límite de la tolerancia:

- **Límite superior de potencia.-** Coincide con la potencia de ejercicio capaz de reclamar las máximas prestaciones de producción de energía por la vía metabólica láctica o, lo que es lo mismo, la PLM.
- **Límite inferior de potencia.-** Se ha establecido alrededor de los 12-14 mmol/l de lactato, que coincide con la división entre los niveles 6 y 7 correspondientes a la zona anaeróbica láctica.
- **Escalas de medición.-** Como sucede con el anterior nivel, la escala de medición más utilizada es la correspondiente a la concentración de lactato en la sangre, que oscila entre 12-14 mmol/l y 22 mmol/l o más, dependiendo de las características del deportista y de su especialización en resistencia: si la especialidad para la que entrena es de RDL, es normal que el nivel máximo de lactato que alcance sea menor que si se tratase de especialidades de RDM o RDC.
 - **Frecuencia cardíaca.-** Ya no resulta útil dada su escasa o nula correlación con los procesos metabólicos lácticos, por lo que el control de las pulsaciones no constituye un indicador válido.

- **Consumo de oxígeno.-** Igualmente, el $\dot{V}O_2$ se ha saturado en el momento en el que se alcanza la PAM y, por consiguiente, tampoco se puede utilizar la escala correspondiente a los ml/kg/mm. En cambio, haciendo referencia a la potencia que reclama el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, se pueden seguir utilizando los porcentajes, que pueden llegar desde los 115-120% hasta los 130-135% de la PAM o, en su caso, de la VAM.

 - **Concentración de lactato sanguíneo.-** Sigue siendo, a pesar de las variables, uno de los indicadores válidos para estas intensidades de carga. En este nivel se llega al máximo de 22 mmol/l o incluso más en los casos de algunos deportistas muy entrenados y con grandes prestaciones en su metabolismo láctico.
- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.-**
El tiempo que puede mantenerse un esfuerzo de estas características es relativamente corto. Gran parte de la bibliografía sitúa el tope de tiempo que se puede mantener una carga de potencia máxima láctica alrededor de 1 mm, pudiendo aumentar hasta llegar alrededor de los 3 mm.
- **Objetivos metabólicos de entrenamiento.-** En general todos los que permitan potenciar la obtención y el consumo de energía a intensidades máximas con implicación del metabolismo láctico:
- Producción máxima de energía anaeróbica láctica.
 - Máxima tolerancia a la hiperacidez.
 - Máxima capacidad de tamponamiento.
 - Máxima capacidad de eliminación de lactato durante las pausas.

- **Sustratos predominantes.-** El lactato se produce a partir del metabolismo de la glucosa y de monosacáridos, por lo que el sustrato prácticamente exclusivo es el glucógeno. Para que se puedan realizar esfuerzos que incidan en este nivel previamente deberán estar rellenos los depósitos. De todas formas, en las potencias más altas ya son reclamados con cierta incidencia los depósitos de fosfocreatina.

- **Parámetros de influencia.-** En este nivel inciden los parámetros relacionados con los procesos lácticos:
 - Deuda de oxígeno importante, aunque, dado que los esfuerzos son más cortos, no llega a los índices que se alcanzan en niveles inmediatamente inferiores.
 - Máxima acumulación de lactato e hiperacidez, con bajadas de pH tanto muscular como sanguíneo hasta límites que en deportistas especializados podrían suponer un grave riesgo para la salud.

- **Factores limitantes.-** Están relacionados con los procesos lácticos a potencias máximas:
 - **Metabólicos y derivaciones.-** El factor limitante principal es la hiperacidez muscular (por acumulación de protones H), que provoca interrupción de la actividad enzimática desencadenante del metabolismo láctico. Esta hiperacidez puede paliarse mediante las sustancias tamponantes que circulan por la sangre y que se alojan en el músculo, lo que permite más producción de energía con desprendimiento de lactato.

- **Sustratos.-** A pesar de que se consume glucógeno de manera muy acentuada, ante estos esfuerzos siempre prevalece el “freno” de la hiperacidez, lo que induce a pensar que no existe tiempo suficiente para agotar totalmente los depósitos de glucógeno.

- **Principales adaptaciones.-** A medida que se entrena a intensidades lácticas máximas, se producen adaptaciones que permiten que el organismo produzca más energía en unidad de tiempo por procesos lácticos. Al mismo tiempo, posibilita que sea capaz de tolerar más los síntomas que producen estas cargas:

- **Adaptaciones fisiológicas:**
 - Potenciamiento de procesos tamponantes ante las bajadas del pH.
 - Potenciamiento de la eliminación del lactato y de otros catabolitos durante las pausas.
 - Capacidad de tolerancia a los síntomas de fatiga específica que se producen ante este tipo de cargas.

- **Adaptaciones anatómico-funcionales:**
 - Potenciamiento de la especialización de las fibras St en producción de energía por procesos lácticos.
 - Potenciamiento de las fibras Ft 1.
 - Especialización de las fibras Ft II en producción de energía por el metabolismo láctico.

2.2.4 ZONA ANAERÓBICA ALÁCTICA

A priori “aláctica” puede sugerir que las potencias que inciden en esta zona no producirán lactato, pero nada más lejos de la realidad, ya

que incluso en esfuerzos de intensidad máxima y de muy corta duración (alrededor de 5 s) se producen cantidades importantes de lactato. En esta zona, en la que inciden las potencias máximas y submáximas totales, es utilizada la vía anaeróbica aláctica en sus máximas potencias, pero se simultanea con la producción de energía merced al metabolismo láctico. Dado que hay diferencias y a pesar de que el tiempo en el que se pueden mantener los esfuerzos a estas intensidades es muy reducido, se ha dividido esta zona en dos niveles: nivel aláctico extensivo e intensivo.

2.2.4.1 NIVEL 8: ALÁCTICO EXTENSIVO

En él inciden las potencias muy próximas a las máximas. Si se refiriese a la carrera, se ubicarían aquí los esfuerzos correspondientes a la resistencia a la velocidad máxima:

- **Límite superior de potencia.** No existe un límite definido para dividir en dos niveles la zona aláctica. Para poder distinguirlos se toma como referencia la intensidad máxima para el límite superior, es decir, que todos los esfuerzos que no lleguen al 100% de las máximas posibilidades de intensidad total incidirán en este nivel.
- **Límite inferior de potencia.-** Se encuentra bien definido por la potencia láctica máxima. Por lo tanto, las intensidades que la superan y no llegan a la potencia máxima total, que coincide con la PALM, se encuentran ubicadas en este nivel.
- **Escalas de medición.** Las únicas escalas que quedan para este nivel son las relativas al porcentaje de la potencia aláctica máxima, de modo que oscilarán entre el 98 y el 100% de ésta. Se puede hacer referencia igualmente a la PAM utilizando unos porcentajes de alrededor del 120 al 125%, aunque resulta más recomendable la referencia a la PALM, ya que se encuentra

más próxima. El resto de las escalas deja de tener utilidad, pues prácticamente todas llegaron a su máximo en niveles anteriores:

- **FC.** Al igual que en anteriores niveles, ya no supone una referencia válida.
 - **Consumo de oxígeno.** No puede tomarse en consideración al haberse saturado en el límite superior del nivel 5.
 - **Concentración de lactato sanguíneo.** Pese a que se producen los máximos en el nivel inmediatamente inferior, ante estos esfuerzos se originan grandes cantidades de lactato, especialmente a medida que aumenta la duración de la carga y baja ligeramente la potencia. Así pues, en esfuerzos próximos a los 40-45 s uno puede encontrarse con tasas de 15 a 20 mmol/l. De todas formas, no resulta una referencia válida, ya que a medida que aumenta la potencia y disminuye la duración, va decreciendo la concentración de lactato en la sangre.
- **Límites de tiempo esfuerzo a intensidad máxima posible.-** El tiempo que pueden mantenerse estas cargas oscila entre los 50 s y los 15 s.
- **Objetivos metabólicos de entrenamiento.-** De forma general, con las cargas que inciden en este nivel se pretende mejorar la capacidad del metabolismo aláctico:
- Desarrollar la capacidad de utilización y rápido rellenado de depósitos de fosfocreatina.
 - Desarrollar la capacidad de producción de grandes cantidades de energía por la vía anaeróbica aláctica.

- Indirectamente, desarrollar los procesos relacionados con el metabolismo láctico.
-
- **Sustratos predominantes.-** De forma prioritaria se utilizan los fosfágenos, aunque en potencias más bajas se emplea igualmente el glucógeno. La proporción es más favorable a los primeros a medida que aumenta la potencia.
 - **Parámetros de influencia.** Fundamentalmente incide la deuda de oxígeno, a pesar de ser menor que la que se produce en niveles inferiores.
 - **Factores limitantes.** Son los que obligan a interrumpir el ejercicio o, al menos, a bajar la intensidad; corresponden a los que producen fatiga a intensidades submáximas:
 - **Metabólicos y derivaciones.** No suponen el principal límite, ya que existen otros que obligan antes a interrumpir el ejercicio. De todas formas, la hiperacidez puede ser en ciertos casos un elemento bloqueante a potencias más bajas en este nivel.
 - **Sustratos.-** La depleción de depósitos de fosfocreatina puede ser el principal factor limitante.
 - **Principales adaptaciones.-** Son las que permiten mantener intensidades submáximas a lo largo del tiempo (capacidad a potencias submáximas):
 - **Adaptaciones fisiológicas:**
 - Aumento de la fuerza de contracción de las fibras Ft 1 y Ft II.
 - Rapidez de conducción nerviosa en estado de fatiga.

➤ **Adaptaciones anatómico-funcionales:**

- Potenciación de las fibras Ft I para utilizar y producir rápidamente ATP a partir de la fosfocreatina.
- Potenciación d las fibras Ft II para producir energía por el mecanismo anaeróbico láctico.
- Vaciamiento y relleno por supercompensación de depósitos de fosfocreatina.

2.2.4.2 NIVEL 9: ALÁCTICO INTENSIVO

Las cargas que inciden en este nivel suponen las de más alta potencia. Son las que precisan más cantidad de ATP en unidad de tiempo; simultáneamente, su duración resulta muy corta:

- **Límite superior de potencia.-** Por la parte superior aparece la PALM, que coincide con la máxima potencia que es capaz de utilizar el deportista. Si se refiere a la carrera, por ejemplo, supondrían los esfuerzos de velocidad máxima.
- **Límite inferior de potencia.-** Como límite inferior se puede considerar el momento en el cual se comienza a perder potencia. Por ejemplo: un atleta realiza cuatro repeticiones de 50 m saliendo de posición estática; en las tres primeras realiza un tiempo de 5,95 s y en la cuarta de 6,05. El sentido común induce a pensar que las tres primeras repeticiones han incidido en este nivel, pero la cuarta ha descendido un nivel. Se puede considerar que, en el momento en el que la potencia deja de ser del 100% de la máxima potencia total, se ha rebasado el límite inferior.
- **Escalas de medición.-** Aunque se puede utilizar alguna otra medida para determinar el nivel, la más empleada debería ser la de aplicar el porcentaje de la potencia aláctica máxima, ya que

con el resto de las escalas sucede lo mismo al haber llegado a su saturación. No obstante, se podría hacer referencia al porcentaje de la PAM o de la VAM en el caso de tratarse de desplazamiento. Sin embargo, no parece muy lógico, teniendo tan próximo el 100% de la máxima potencia posible, recurrir a otro dato que se ha quedado más alejado.

- **Límites de tiempo esfuerzo a intensidad máxima posible.**- La duración de estos esfuerzos es muy corta. Algunos autores indican que un esfuerzo de máxima intensidad se puede aplicar no más allá de 8 s, lo que depende de las características del deportista, pero en el PBE que se propone se establece un tope aproximado para esfuerzos de 5 s a menos de 15 s. No obstante, queda claro que las intensidades máximas estarían alrededor de los 5 s y que a partir de este período se comenzaría a acumular más lactato y se entraría en un proceso de resistencia a la intensidad máxima o de resistencia a la velocidad máxima, si se tratase de ejercicios de desplazamiento.

- **Objetivos metabólicos de entrenamiento.**- Cuando a través del entrenamiento las cargas inciden en este nivel, se buscan objetivos que conlleven el aumento de la potencia máxima posible, que pasan fundamentalmente por desarrollar la potencia del metabolismo aláctico y que se derivan, a su vez, en otros objetivos:
 - Aumentar la capacidad de relleno de depósitos de ATP libre.
 - Incrementar la capacidad de relleno de depósitos de fosfocreatina.

- **Sustratos predominantes.**- Aparte del ATP libre que resulta de utilización inmediata, el sustrato principal que se usa son los fosfágenos. No obstante, al generarse ciertas concentraciones de lactato, también se utiliza en parte el glucógeno.

- **Parámetros de influencia.**- En el nivel anaeróbico aláctico intensivo tiene un papel importante el aspecto neural, relacionado con la velocidad, intensidad y frecuencia de los impulsos.

- **Factores limitantes.**- Los límites de esfuerzo se refieren fundamentalmente a sustratos, pero no se puede olvidar que existe en este tipo de cargas un factor que, incluso existiendo suficiente “combustible” almacenado, puede evitar que se produzca el esfuerzo:
 - **Metabólicos y derivaciones.** Fundamentalmente se interrumpe el esfuerzo ante la falta de posibilidades de generar ATP de la manera tan rápida como se precisa. Este efecto se produce cuando se ve saturada la vía anaeróbica aláctica.
 - **Sustratos.** El factor limitante referido a los sustratos supone el agotamiento o, al menos, la depleción en la fibra muscular de depósitos de fosfocreatina y del ATP libre.

- **Factores nerviosos.** Este tipo de potencias precisa una intensidad y frecuencia de impulsos nerviosos máximos. El sistema nervioso puede verse disminuido por la fatiga o por alguna otra causa, como el estado de ánimo. No se puede olvidar que para que una carga incida en esta zona debe ser máxima en intensidad y, por lo tanto, tiene un gran papel la motivación.

- **Principales adaptaciones.-** Las adaptaciones que se producen al incidir con cargas en este nivel son todas aquellas que permiten al deportista aumentar la intensidad:
- **Adaptaciones fisiológicas:**
 - Capacidad de rápido relleno y ampliación de depósitos de ATP y fosfocreatina en la fibra muscular.
 - Aumento de la fuerza y velocidad de contracción de las fibras Ft II.
- **Adaptaciones nerviosas:**
 - Adaptaciones coordinativas. Reducción del tiempo de tránsito entre contracción y relajación.
 - Capacidad coordinativa ante esfuerzos de intensidad máxima, lo que supone al mismo tiempo velocidad de transmisión de impulsos, basados en adaptaciones por el mecanismo automático.
 - En consonancia con lo anterior, las adaptaciones pasan por una mejora de capacidades de coordinación intramusculares y la capacidad de reclutamiento.
- **Adaptaciones anatómico-funcionales:**
 - Especialización y potenciamiento de las fibras Ft la tanto en velocidad de contracción y relajación como en generación de fuerza rápida.

2.2.5 NIVEL 10: NEURAL

Para terminar con nuestro PBE hay que hablar del verdadero motor de arranque. Se sabe que ya antes de comenzar un movimiento se ponen en marcha los mecanismos que lo desencadenan. Este nivel no es excesivamente entrenable pero está claro que supone el

desencadenante de los procesos que originan el movimiento al permitir al deportista mantener la concentración, reaccionar más rápido que otros ante iniciativas de los adversarios o tomarlas por sí mismo anticipándose a los demás.

El sistema nervioso central es el responsable de que lleguen los impulsos a las placas motrices con la intensidad, frecuencia y velocidad necesarias, lo que cobra mayor importancia cuando se trata de realizar ejercicios a máxima potencia.

No existe correlación con las escalas que se han preestablecido ni puede ser cuantificado, pero no por ello debe dejar de entrenarse. Incluso en modalidades de resistencia de duración media o larga (RDM y RDL 1) aparecen momentos en competición en los que el deportista debe tomar iniciativas en centésimas de segundo.

Para mantener la misma metodología que se ha venido tratando en niveles anteriores, se repasan todos los apartados con el objetivo de aclarar mejor el concepto de este nivel.

- **Límite superior de potencia.-** No existe.

- **Límite inferior de potencia.-** Se puede establecer como en el que ha comenzado el movimiento.
- **Escalas de medición.-** No es mensurable por medios asequibles al entrenador:
 - **FC.** No correlaciona.

 - **Consumo de oxígeno.-** No se precisa al menos en proporciones significativas.

 - **Nivel de concentración de lactato sanguíneo.-** No aparece o lo hace en cantidades no dignas de consideración.

- **Límites de tiempo de esfuerzo a intensidad máxima posible.-**
Apenas 1-3 s.
- **Objetivos metabólicos de entrenamiento:**
 - Mejorar aspectos de coordinación inter e intramuscular.
 - Mejorar aspectos de conducción aferente y eferente, especialmente a través de la automatización.
- **Sustratos predominantes.-** ATP libre, principalmente.
- **Parámetros de influencia.-** Influencia directa del sistema nervioso central.
- **Factores limitantes.-** La fatiga nerviosa fundamentalmente, aunque puede ser provocada por diferentes motivos:
 - **Metabólicos y derivaciones.-** Fundamentalmente estriba en los procesos de intercambio a través de la membrana de iones de calcio y potasio.
 - **Sustratos.-** No resultan limitantes.
- **Principales adaptaciones.-** Van dirigidas hacia aspectos de velocidad de conducción y coordinativas a intensidades máximas” (García Verdugo, 2007)

2.3 ENTRENAMIENTO EN ALTURA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO.

El entrenamiento en la altura juega un papel importante en la preparación del deportista fundamentalmente en la etapa de preparación, constituye un medio esencial para el desarrollo de las capacidades físicas de los atletas y como elemento a destacar la

resistencia aumenta considerablemente con la aplicación adecuada de la metodología del entrenamiento de altura que se proponga.

2.3.1 ADAPTACIONES QUE SE PRODUCEN CON EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA.

“Las condiciones ambientales especiales que se producen en altitud, unidas a las modificaciones de la humedad ambiental (disminución del 50 % a los 2000 metros), temperatura, radiación solar (la exposición a la irradiación solar aumenta de un 2 % a un 4 % cada 100 metros hasta los 2000 metros y 1% cada 100 metros a partir de esta altura), etc., Son las causantes de las alteraciones funcionales que sufre el organismo de las personas que se someten a estancias en la altura, las cuales varían en función de la altura de trabajo, duración de la misma, experiencia previa, edad, nivel de entrenamiento, etc.” (García Manzo, Navarro, & Ruiz, 1996)

2.3.1.1 SISTEMA RESPIRATORIO

- Hiperventilación inicial que disminuye del tercer al quinto día
- Aumento de la capacidad normal de difusión de O₂ a través de la membrana pulmonar.
- Disminución del tiempo de apnea

2.3.1.2 SISTEMA CARDIOVASCULAR.

- Taquicardia inicial que desaparece a los pocos días en los que se incrementa la eficiencia del corazón con un aumento del volumen sistólico y la tensión arterial.
- Disminución inicial del gasto cardiaco (20 al 30 %), que se estabiliza de forma paralela al caso anterior.

2.3.1.3 SANGRE

- Notable disminución del grado de saturación de O₂ de la sangre arterial, lo que induce al incremento de la producción de la eritropoietina.

- Incremento en la producción de eritropoietina, especialmente durante las dos primeras semanas y en sujetos no entrenados, lo que lleva al incremento de glóbulos rojos (25%) y de la concentración de hemoglobina (50%).
- Disminución del volumen plasmático (25%) durante los primeros 8 a 10 días. Esta disminución inicial regresa a los valores normales a los 6 días de regresar al nivel del mar.
- Disminución del tiempo de coagulación, con reducción considerable de la protombina y aumento del fibrinógeno.
- Aumento de capilares y encimas oxidativas, mitocondrias.

2.3.1.4 SISTEMA ENDOCRINO-METABOLICO

- El metabolismo basal varía significativamente a partir de los 2700 metros aumenta la pérdida del líquido, lo que provoca deshidratación con disminución del peso corporal.
- Disminución del VO₂ máx. (reducción del 1.5% al 3,5 % por cada 305 metros sobre los 1500metros).
- El metabolismo de los hidratos de carbono muestra tendencia a la hipoglucemia.
- Aumento de la insulina con disminución de los glúcidos en musculo e hígado.

2.3.2 RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA

“La altura topográfica de un lugar influye en la capacidad de rendimiento de un deportista a través, fundamentalmente, de tres factores.

- La densidad del aire.
- Composición química de este por la disminución de la PO₂.
- El valor de la aceleración de la gravedad, valor que resulta influido conjuntamente por la altura y la latitud (aceleración de la gravedad disminuye 0.003086 m/seg. 2 por cada 1000 metros)” (García Manzo, Navarro, & Ruiz, 1996)

2.3.3 ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA

El entrenamiento en la altura se debe hablar desde 2 perspectivas

- La aclimatación a la altura para poder competir en ella.
- El entrenamiento realizado en altura para después competir a nivel del mar.

Antes de competir en la altura se precisa realizar un “stage” previo de aclimatación, especialmente en aquellos deportes en los que el componente de resistencia aeróbica es importante.

Esta aclimatación no se produce de una forma continua, sino que sigue un comportamiento ondulatorio característico. Estas oscilaciones son más marcadas cuando no se cumplen todos los requisitos metodológicos de trabajo durante la primera semana de estancia en la altura las cuales se conocen como periodos críticos entre el séptimo y noveno día.

El periodo de aclimatación nunca debe ser inferior a las dos semanas, siendo tres semanas el tiempo ideal (Alonso 1989).

En la primera semana es fundamental en el proceso de adaptación en donde la intensidad de trabajo debe ser baja, el volumen medio y el grado de dificultad técnica bajo.

La segunda semana constituye lo que se conoce como fase de “vuelta” a las cargas habituales. En ellas se eleva la intensidad y el volumen de trabajo, se disminuyen las pausas de recuperación que se habían aumentado en la fase anterior y se aumenta la dificultad de las tareas.

La tercera semana permite el trabajo con carga elevadas, pudiéndose incluso pensar en planificar microciclos de preparación directa a la competición.

La altura ideal de trabajo varía con la disciplina a entrenar. Las alturas consideradas bajas (1800-2300) se emplean para modalidades que requieran resistencia de velocidad, la velocidad y fuerza. Para disciplinas de mayor fondo se recomienda alturas entre 2300 y 3200.

Cuando se trata de utilizar la altura como modo de alcanzar mejoras en la capacidad, para después competir a nivel del mar, lo primero que debemos determinar es la altura en la que decide realizar el “stage.”

2.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESCUELA SUPERIOR MILITAR “ELOY ALFARO”



GRÁFICO 3: Ubicación geográfica de la ESMIL “Eloy Alfaro”

La Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro" (ESMIL) se encuentra ubicada en la antigua hacienda “Parcayacu”, al norte de la ciudad de Quito. Sus modernas instalaciones ofrecen al cadete nacional y extranjero una estadía de primer orden, así como la tranquilidad y concentración que requiere su formación. A 13 kilómetros de sus instalaciones se encuentra el Monumento a la Mitad del Mundo (Lat.0° 0 0”) que divide a la tierra en dos hemisferios.

Al encontrarse ubicada la Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro “ en la ciudad de Quito, su clima es templado de montaña debido a su ubicación en un estrecho y bonito valle, aunque todos los días el clima es templado y a veces muy caluroso; el clima de Quito se divide en 2, el invierno con un período de lluvias prolongado y una estación seca de

cuatro meses donde se presentan las temperaturas más altas, la temperatura anual promedio es de 10 a 26 °C.

Una de las principales características del clima es la corta duración de la estación seca, correspondiente al período de invierno austral y al verano en el hemisferio norte (durante los meses de junio a septiembre), en la cual las precipitaciones no superan los 70 mm de agua en promedio, siendo julio y agosto los meses más áridos con 20mm. El resto del año, en la temporada de lluvias (conocida como invierno) los índices promedian los 123mm, teniendo a los meses de marzo (150mm) y abril (170 mm) como los más húmedos.

2.4.1 METEOROLOGÍA EN QUITO

Humedad Relativa: 82%

Visibilidad: 10.0 km

Presión atmosférica: 1030.1mb.

Velocidad del viento: 10 km/h

Ráfagas de viento: N/A km/h

Dirección del viento en grados: 80°

Dirección del viento: E

Índice UV: 10

Punto de rocío: 11

Estado del cielo: Mayormente Nuboso” (Wikipedia)

2.5 PULSOMETRO

Es un instrumento de precisión, digital y electrónico (un reloj cronómetro), que funciona con pilas y que gracias a unos precisos y delicados sensores que se acoplan a una cinta elástica (a su vez se coloca en el pecho a la altura del corazón) es capaz de detectar, contabilizar y registrar las pulsaciones de la persona que lo utiliza. Puede mostrar el pulso por minuto casi de forma instantánea, a través de la pantalla del reloj".

El trabajo de investigación que nosotros realizamos fue efectuado con el pulsómetro de la fábrica POLAR.

2.5.1 RELOJ POLAR

Los monitores de ritmo cardíaco POLAR realizo su lanzamiento en el 1982 captando el interés de deportistas aficionados y de elite, siendo muy utilizado por entrenadores para el control de sus deportistas.

Hoy, los Monitores de Ritmo Cardíaco Polar están presentes en todo evento importante del deporte, así como en gimnasios, centros de fitness, centros de entrenamiento, y en ámbitos de investigación médica. La razón es simplemente que la gente reconoce la valiosa contribución que los Monitores de Ritmo Cardíaco Polar hacen a sus vidas, cualquiera sea su motivación o sus metas.



GRÁFICO 4: Monitor de frecuencia cardiaca Polar RCX5

FUENTE: Polar Protrainer 5 Software

2.5.1.1 FUNCIONAMIENTO

- El monitor es como un cuentarrevoluciones que ofrece una medición precisa de la intensidad del ejercicio.
- Individualizar los programas de entrenamiento para conseguir el ritmo ideal de cada individuo.
- Precisión. La medición directa del ritmo cardíaco durante el ejercicio es sin duda la forma más precisa de garantizar la consecución de los objetivos.
- Los avances pueden monitorizarse y medirse.
- Los progresos y la mejora siempre son factores de motivación.

- Maximiza las ventajas de la práctica de ejercicio en los períodos de tiempo limitados de que dispone la gente muy ocupada.
- Observación objetiva. ¿Está en el buen camino? ¿Está mejorando?
- Evaluación más precisa del rendimiento y ajuste del entrenamiento según sea necesario.
- El entrenamiento con un monitor del ritmo cardíaco es como contar con un entrenador personal a jornada completa que le ofrece información instantánea sobre las reacciones del organismo al ejercicio.
- El monitoreo del ritmo cardíaco es la clave para regular la duración intensidad del entrenamiento y el rendimiento de las carreras, ya que proporciona datos sobre la reacción del organismo.
- Observar la curva de comportamiento de la frecuencia cardiaca a través de un interface infrarrojo que permite descargar datos.

2.5.2 PROTOCOLO DE MEDICION DE FRECUENCIA CARDIACA

Para la medición de frecuencia cardiaca se utilizo los siguientes materiales:

- Reloj Polar
- Interfase para descargar datos al computador



GRÁFICO 5: Medición de la frecuencia cardiaca en entrenamiento

2.5.3 DATOS A TOMARSE

2.5.3.1 FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO

La frecuencia cardiaca en reposo la tomamos por la mañana antes de iniciar la sesión de entrenamiento diaria, el método que se utilizó fue la toma de pulso mediante el monitor de frecuencia cardiaca Polar.



GRÁFICO 6: Medición de la frecuencia cardiaca en reposo

2.5.3.2 FRECUENCIA CARDIACA DURANTE COMPETENCIA.

La frecuencia cardiaca durante la competencia fue tomada a través del reloj polar utilizando el siguiente procedimiento:

- Charla de forma de utilizar el reloj.
- Procedimiento de encendido y apagado.
- Colocación de la banda a la altura del pecho.
- Verificación de funcionamiento del reloj.
- Descargar los resultados a una base de datos.

El procedimiento nos permitirá observar la curva de frecuencia cardiaca, el pulso máximo durante la etapa, el pulso promedio de la misma y el gasto energético en calorías, estos datos se encuentran en la base de datos de cada deportista y del equipo.

2.5.4 RELACIÓN DE LACTATO Y FRECUENCIA CARDIACA

A medida que aumenta la carga aumenta la cantidad de lactato y la frecuencia cardiaca, cuando los atletas mejoran su forma física son capaces de realizar más trabajo con menor lactato y menor frecuencia cardiaca, toda esta relación depende del tipo de esfuerzo.

El entrenamiento puede provocar en el organismo algunos efectos en relación al lactato:

- Mejora la capacidad del organismo para metabolizar o eliminar el lactato de la sangre.
- Permite tolerar de mejor manera el lactato en los músculos.
- Correr al mismo ritmo con menor cantidad de lactato.

2.5.5 ACLARAMIENTO DE LACTATO

Numerosas investigaciones han demostrado que la curva de desaparición del lactato sanguíneo, es sensiblemente diferente y mucho más rápida con trabajo regenerativo activo que el pasivo como se puede observar en la figura.

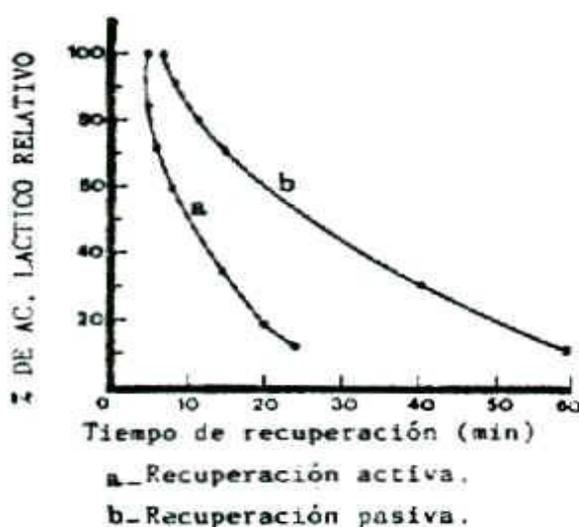


GRÁFICO 7: Aclaramiento de lactato

FUENTE: BOMPA, Tudor. Teoría del Entrenamiento Deportivo

2.5.6 CAUSAS PARA LA FATIGA

Para que el músculo se contraiga se necesita que el cerebro envíe una señal que va a través de la medula espinal y llega hasta un nervio periférico. Esta señal va por la conexión neuromuscular hasta llegar al músculo donde se contrae.

Estudios realizados afirman que todas las zonas mencionadas a excepción del nervio periférico contribuyen con la fatiga.

Hay varias razones para decir el sistema nervioso central contribuye a la fatiga

- Músculos fatigados por contracciones musculares voluntarias pueden continuar respondiendo a estimulación eléctricas.
- La actividad eléctrica que se origina en el S.N.C.
- El dolor y la motivación pueden contribuir a la fatiga.

En el músculo se cree que las principales causas que provocan la fatiga son

- Agotamiento de reservas de energía (ATP), (CP), glucógeno.
- Acumulación de ácido láctico que ya hablamos durante este capítulo.

Otros factores relacionados con la producción de fatiga son:

- Porcentaje de fibras de contracción rápido; entre mayor sea el porcentaje con mayor rapidez aparecerá la fatiga.
- La fatiga relacionada con el tiempo de duración de la actividad, en este caso como lo es el ciclismo de ruta que las etapas están entre 1-4 horas o más la causa principal es el gasto de glucógeno, la deshidratación también puede contribuir con este factor en especial en temperatura altas.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA

INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se realizará es de tipo cuasi experimental, en la que se obtendrá datos sobre la respuesta fisiológica del cuerpo humano ante el ejercicio físico, lo cual arroja información sobre la acumulación de lactato y frecuencia cardiaca en altura, de la preselección de cadetes del equipo de natación de la Fuerzas Armadas del Ecuador durante su periodo de entrenamiento previo a su participación en el mundial militar de cadetes en el 2014. Estos datos luego de un proceso de análisis constituirán una información de carácter científico, que determinen indicadores valiosos para los entrenadores y preparadores físicos, con el fin de desarrollar programas de entrenamiento eficientes en la altura.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población para el presente estudio está conformada por la preselección de cadetes del equipo elite de natación de las "Fuerzas Armadas del Ecuador".

El tipo de muestra para la investigación está conformado por 5 deportistas del equipo a quienes se les tomara las muestras de lactato y frecuencia cardiaca durante el entrenamiento y competencias.



GRÁFICO 8: Preselección de cadetes del equipo de natación de las FF.AA.

TABLA 2: Nómina de del equipo de trabajo y muestra seleccionada

GRADO	NOMBRES	FUNCIÓN
MSc.	MARIO VACA	DIRECTOR
MSc.	ALBERTO GILBERT	CODIRECTOR
CAPT.	JORGE ORTIZ	TESISTA
CAPT.	IGNACIO MALDONADO	TESISTA
KDTE.	JEFRY PAEZ	ENTRENADOR
KDTE.	CARLOS ALVAREZ	DEPORTISTA
KDTE.	JENNIFER DUQUE	DEPORTISTA
KDTE.	FERNANDO ESPINEL	DEPORTISTA
KDTE.	OSWALDO GARCÍA	DEPORTISTA
KDTE.	DARÍO LANDETA	DEPORTISTA
KDTE.	NELSON TORRRES	DEPORTISTA

3.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LACTATO

3.3.1 MEDICIÓN DE LACTATO

Los medios a utilizar para las tomas de muestras de lactato serán tomadas mediante las tiras reactivas BM-Lactate, y su procesamiento mediante el analizador Accutrend Plus Kit mg/dl.



GRÁFICO 9: Instrumentos de medición de lactato

3.3.2 MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA

El monitoreo de la frecuencia cardiaca se realizara a través del monitor de frecuencia cardiaca Polar RCX5 y el procesamiento de datos será realizado mediante el software **Polar Protrainer 5 TM**.



GRÁFICO 10: Software Polar Protrainer 5 TM
FUENTE: Polar Protrainer 5 Software

3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de la investigación están dadas por los resultados del análisis y comportamiento del lactato y frecuencia cardiaca en altura.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 3: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ITEMS
VI: FRECUENCIA CARDIACA	La frecuencia cardiaca se puede definir como el número de contracciones ventriculares por minuto efectuadas por el corazón, medida generalmente en pulsaciones por minuto o latidos por minuto.	En reposo Durante el ejercicio Después del ejercicio En competencia Luego de un Test	Número de latidos por minuto	Monitor de frecuencia cardiaca Polar RCX5	Frecuencia cardiaca en Reposo Frecuencia Cardiaca Máxima
VI: MEDICIÓN DE ACIDO LACTICO	Es un examen sanguíneo que permite medir la cantidad de lactato presente en la sangre en estado de reposo, antes, durante y una vez finalizado el entrenamiento.	Sistema energético anaeróbico láctico	Lacto en sangre	Analizador Accutrend Plus Tiras reactivas BM-Lactate	Producción Acumulación Tolerancia Desalojo
VI: RENDIMIENTO FÍSICO	La condición física desde el punto de vista del alto rendimiento deportivo, se define como la óptima combinación de las características físicas, fisiológicas, biomecánicas, biomédicas y psicológicas del individuo, que contribuyen al éxito competitivo. (Shephard 1992)	Marcas	Puntaje Logros deportivos	Pruebas de Natación	Libre Mariposa Espalda Pecho Combinado

3.6 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para el análisis de los datos obtenidos de las variables establecidas, se lo realizará mediante un enfoque cuantitativo-cualitativo. Estos datos serán reflejados en tablas y gráficos bajo un sistema informático, y de esta manera determinar conclusiones y recomendaciones sobre el estudio realizado.

CAPÍTULO 4

PROTOCOLO E

INSTRUMENTOS DE

MEDICIÓN

4.1 PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Un protocolo de medición es la estructura formal de plasmar los trabajos o estudios de campo. Básicamente consiste en desarrollar con datos precisos, necesarios lo que compete a un tema de investigación, desglosar los resultados obtenidos y contrastar con normas o leyes.

La toma de muestras de los indicadores a ser analizados en nuestra investigación (Lactato y Frecuencia Cardíaca), fueron realizadas mediante test de campo en condiciones de reposo, entrenamiento y competencias durante la planificación del entrenamiento del equipo de natación.

4.2 TOMA DE MUESTRAS DE LA FRECUENCIA CARDIACA.

Las muestras de frecuencia cardíaca fueron tomadas con los instrumentos, procedimientos y en los eventos que se detallan a continuación:

4.2.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

4.2.1.1 RELOJ POLAR

Es un pulsómetro o monitor de ritmo cardíaco que permite a un usuario medir, de forma gráfica y digital, su frecuencia cardíaca en tiempo real. Consta de dos elementos: una correa transmisora para el pecho y un receptor de muñeca

“Los reloj POLAR constan del visualizador, que normalmente es como un reloj de pulsera y la banda que se coloca en el pecho. La banda es una especie de cinturón que se coloca en el pecho que permite el conteo de los latidos y pasa la información al reloj” (Polar), existen numerosos beneficios para deportistas y entrenadores al utilizar el reloj POLAR ya que permite:

- Individualizar los programas de entrenamiento para conseguir el ritmo ideal de cada individuo.
- Precisión. La medición directa del ritmo cardíaco durante el ejercicio es sin duda la forma más precisa de garantizar la consecución de los objetivos.

- Evaluación más precisa del rendimiento y ajuste del entrenamiento según sea necesario.
- Observar la curva de comportamiento de la frecuencia cardíaca a través de un interface infrarrojo que permite descargar datos.

4.2.1.2 FUNCIONAMIENTO DEL RELOJ POLAR

- Coloque el transmisor de frecuencia cardíaca en el pecho de manera que se sienta cómodo.
- Presione OK para iniciar.
- Seleccione la opción de la actividad a realizar.
- Presione OK nuevamente para iniciar la medición de la frecuencia cardíaca.
- Para observar los datos monitoreados use el interface mediante el puerto USB y transfiera los datos del reloj a un ordenador.



GRÁFICO 11: Funcionamiento del reloj Polar RCX5
Fuente: Manual de usuario para Polar RCX5

4.2.2 PROTOCOLO DE FRECUENCIA CARDIACA

- Frecuencia cardiaca en reposo.
- Los deportistas deben estar acostados 10 minutos antes de iniciar con la toma de muestras.
- Monitoreo de la frecuencia cardiaca en reposo entre las 05:00am y 05:30am antes de iniciar la sesión de entrenamiento.
- Registro de frecuencia cardiaca al inicio, a los tres y a los cinco minutos.
- En el test de esfuerzo máximo se registrará la frecuencia cardiaca después de finalizado el test.
- Registro de la frecuencia cardiaca a los tres, cinco, ocho, diez, trece y quince minutos luego de terminado el test.
- Creación de una Base de datos y determinar cuadros estadísticos.



GRÁFICO 12: Monitoreo de la frecuencia cardiaca en reposo a la preselección de cadetes del equipo de natación de las FF.AA.

4.3 MAQUINA ANALIZADORA ACCUTREND PLUS.

“El sistema Accutrend Plus es el equipamiento adecuado para el monitoreo de Lactato en deportistas de alto desempeño. Por su facilidad de uso, Accutrend Plus es también un equipamiento adecuado para evaluaciones seriadas en curvas de evaluación de incremento de lactato por ejercicio físico y aclaramiento de lactato.

Este instrumento es apropiado para el uso profesional y para la medición por el propio sujeto.” (ACCUTREND, 2007)

4.4 TIRAS REACTIVAS BM-LACTATE.

Las tiras permiten determinar de manera cuantitativa del lactato en sangre debe ser utilizada exclusivamente con Accutrend Lactate, Accusport o Accutrend Plus.

“Cada tira reactiva tiene una zona reactiva que contiene los reactivos indicadores. Cuando se aplica la sangre capilar, se produce una reacción química y la zona reactiva cambia de color. El instrumento analizador registra este cambio de color y convierte la señal de medición en el resultado mostrado utilizando los datos introducidos previamente mediante la tira de codificación.

La sangre capilar aplicada se filtra a través de la malla protectora amarilla hasta la red de fibra de vidrio; los eritrocitos quedan retenidos y solo alcanza la película indicadora el plasma sanguíneo. El lactato se determina mediante fotometría de reflectancia a una longitud de onda de 657 nm en una reacción colorimétrica con el mediador lactato-oxidasa” (www), a continuación se detalla gráficamente el funcionamiento:



GRÁFICO 13: Tiras reactivas BM-Lactate

4.5 TOMA DE MUESTRAS DE LACTATO

Las muestras de sangre para su análisis fueron tomadas con los instrumentos, procedimientos y en los eventos que se detallan a continuación:

Instrumentos.

- Maquinas analizadoras de lactato Accutrend plus
- Tiras reactivas medidoras de lactato BM-Lactate.
- Lancetas Quirúrgicas.
- Alcohol
- Torundas de algodón.

4.6 PROTOCOLO Y MEDICIÓN DE LACTATO.

- Toma de muestras en reposo.
- Los deportistas deben estar acostados 10 minutos antes de iniciar con la toma de muestras.
- Recolección de muestras entre las 05:00am y 05:30am.
- Preparación del analizador con las tiras de reactivo BM-Lactate.
- Incisión con la lanceta quirúrgica en la yema del dedo
- Colocación de la muestra en las tiras reactivas BM-Lactate.
- Análisis de las muestras con las maquinas Accutrend Plus. (1 min).
- En el test de esfuerzo máximo se tomarán muestras después de finalizado el test.
- Toma de muestras a los tres, cinco, ocho, diez, trece y quince minutos luego de terminado el test.

a.- MATERIALES UTILIZADOS**GRÁFICO 14: Materiales utilizados para la medición de Lactato**

b.- Configurar la maquina Accutrend Plus en modo Lactato



GRÁFICO 15: Configuración de la máquina Accutrend Plus

c.- Insertar la tira reactiva del Código



GRÁFICO 16: Colocación de la tira reactiva del código

d.- Preparamos la lanceta para tomar la muestra de sangre del deportista

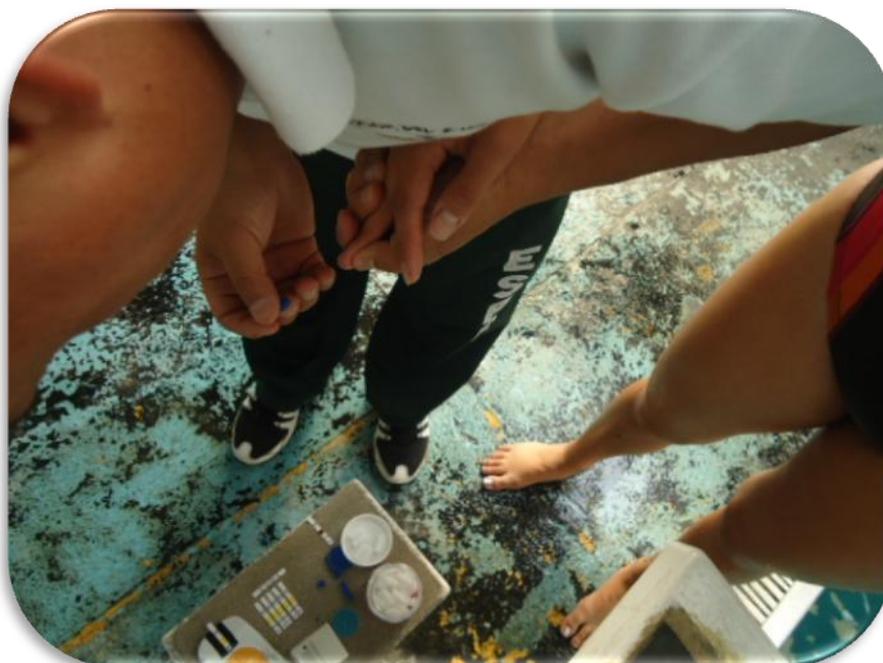


GRÁFICO 17: Toma de muestra de sangre

e.- Colocamos la muestra sanguínea en la tira reactiva



GRÁFICO 18: Colocación de la muestra de sangre para análisis

4.7.- TEST UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN

4.7.1 TEST 4x50 mts.

El propósito de la aplicación de este test es medir la máxima concentración de lactato, su aclaramiento y la capacidad anaeróbica láctica.

4.7.2 MATERIALES UTILIZADOS

El test de 40x50 mts. no conlleva el uso de materiales muy complicados, por ello para su aplicación se requiere únicamente lo siguiente:

- La tabla de control con los datos informativos del deportista.
- Las instalaciones de la piscina de la ESMIL “Eloy alfaro” de 50 mts.
- Medidores de frecuencia cardiaca que será usado por cada uno de los deportistas.
- Un silbato para da la señal de inicio de la prueba.
- Un lapiz o boligrafo para registrar los tiempos y la frecuencia cardiaca que registra el medidor de frecuencia cardiaca.



GRÁFICO 19: Instalaciones de la piscina de la ESMIL “Eloy Alfaro”

4.7.3 PROTOCOLO DEL TEST DE 40x50 mts.

El test se lo ha planificado establecer mediante un protocolo concreto. Se realizan cuatro esfuerzos de 50 metros con una pausa de 15 segundos entre cada uno; terminado el cuarto esfuerzo es el momento en que se monitorea durante 15 minutos la frecuencia cardiaca y se obtienen muestras de sangre para medir los niveles de lactato. Esto se lo realiza al momento de la llegada y a los tres, cinco, ocho, diez, trece y quince minutos luego de terminado el test.

4.7.3.1 INSTRUCCIONES Y CONSEJOS PRELIMINARES

Previo al inicio del test se debe impartir las indicaciones a los deportistas sobre su ejecución, mismas que deben ser los más resumidas y sencillas posibles. Esto permitirá que el deportista comprenda el protocolo y optimice su desempeño durante la prueba ya que se trata de un test de esfuerzo máximo.

4.7.3.2 PREPARACIÓN PREVIA

El test de 40x50 mts. puede ser ejecutado sin ningún inconveniente durante el proceso de entrenamiento de los deportistas, y un requerimiento importante es que el deportista realice un adecuado calentamiento previo al desarrollo de la prueba.

4.7.3.3 CALENTAMIENTO

El calentamiento previo lo ejecutarán los dos deportistas que serán sometidos al test con el respectivo monitoreo en función de tiempo y distancia. El propósito del calentamiento es que los sistemas energéticos del deportista sean activados y esté preparado como si se tratase de una competencia real.

4.7.3.4 DESARROLLO

- Antes de comenzar, el pulsómetro debe estar funcionando y mostrando la frecuencia cardiaca.

- Se realizan cuatro repeticiones de 50 mts. por parte del deportista.
- Se da la salida, al tiempo que se pone en funcionamiento el cronometro.
- El tiempo de la pausa de recuperación entre cada repetición de 50 mts. debe ser de 15 segundos.
- El atleta deberá realizar las repeticiones de forma progresiva, de tal manera que en la última repetición el incremento de velocidad determine la acumulación de lactato máximo así como también frecuencia cardiaca máxima.
- Al final del test se realizará la toma de muestras sanguíneas y registro de datos de frecuencia cardiaca.
- Además se recolectarán muestras sanguíneas y registro de datos de frecuencia cardiaca al momento de la llegada y a los tres, cinco, ocho, diez, trece y quince minutos luego de terminado el test.

CAPITULO 5

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN LOS DEPORTISTAS DE LA PRESELECCIÓN DE CADETES DEL EQUIPO DE NATACIÓN DE LAS FUERZAS ARMADAS DEL ECUADOR DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA

5.1.1. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO



TABLA 4: Análisis de la frecuencia cardiaca en reposo

APELLIDOS Y NOMBRES	MEDICIONES REALIZADAS EN LA ESMIL "ELOY ALFARO"						PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	
ALVAREZ SOLORZANO CARLOS JAVIER	54 ppm	56 ppm	54 ppm	58 ppm	54 ppm	48 ppm	54 ppm
DUQUE TINOCO JENNIFER LORENA	59 ppm	61 ppm	62 ppm	59 ppm	54 ppm	55 ppm	58 ppm
ESPINEL CRIOLLO FERNANDO SEBASTIAN	38 ppm	42 ppm	50 ppm	40 ppm	41 ppm	40 ppm	42 ppm
GARCIA PONCE OSWALDO SEBASTIAN	48 ppm	50 ppm	48 ppm	43 ppm	49 ppm	43 ppm	47 ppm
LANDETA CAZARES DARÍO XAVIER	60 ppm	73 ppm	57 ppm	61 ppm	57 ppm	61 ppm	62 ppm
TORRES ROBLES NELSON GUILLERMO	47 ppm	45 ppm	43 ppm	46 ppm	46 ppm	43 ppm	45 ppm
	PROMEDIO						51 ppm
	VALOR MÍNIMO						42 ppm
	VALOR MÁXIMO						62 ppm

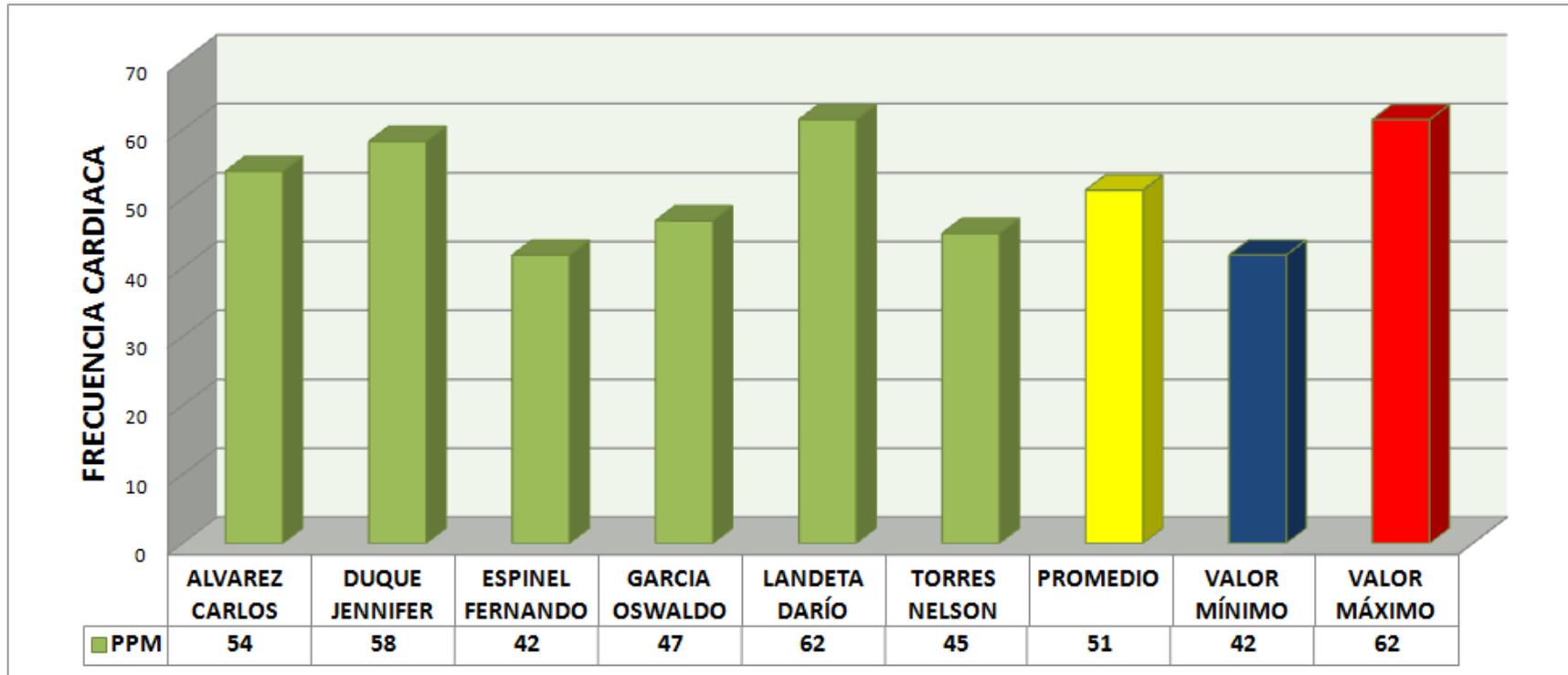


GRÁFICO 20: Comportamiento de la frecuencia cardíaca en reposo

ANÁLISIS: Luego del proceso de recolección de datos de la frecuencia cardíaca a la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que los niveles de frecuencia cardíaca en reposo y en altura alcanzan un valor promedio de 51 pulsaciones por minuto, un valor mínimo de 42 pulsaciones por minuto y un valor máximo de 62 pulsaciones por minuto.

.5.1.2. ANALISIS DE LA RECUPERACION DE LA FRECUENCIA CARDIACA



TABLA 5: Análisis de la recuperación de la frecuencia cardiaca

MEDICIONES REALIZADAS EN LA ESCUELA SUPERIOR MILITAR "ELOY ALFARO"									
APELLIDOS Y NOMBRES	REPOSO	LLEGADA	3 MIN	5 MIN	8 MIN	10 MIN	13 MIN	15 MIN	VEL.R PPM
ALVAREZ SOLORIZANO CARLOS JAVIER	54 ppm	176 ppm	109 ppm	104 ppm	98 ppm	95 ppm	97 ppm	93 ppm	6 ppm
DUQUE TINOCO JENNIFER LORENA	58 ppm	178 ppm	112 ppm	108 ppm	109 ppm	113 ppm	104 ppm	106 ppm	5 ppm
ESPINEL CRIOLLO FERNANDO SEBASTIAN	42 ppm	175 ppm	108 ppm	96 ppm	93 ppm	88 ppm	88 ppm	88 ppm	6 ppm
GARCIA PONCE OSWALDO SEBASTIAN	47 ppm	172 ppm	114 ppm	109 ppm	105 ppm	102 ppm	104 ppm	106 ppm	4 ppm
LANDETA CAZARES DARÍO XAVIER	62 ppm	163 ppm	105 ppm	106 ppm	104 ppm	104 ppm	100 ppm	101 ppm	4 ppm
TORRES ROBLES NELSON GUILLERMO	45 ppm	176 ppm	102 ppm	102 ppm	101 ppm	92 ppm	90 ppm	90 ppm	6 ppm
PROMEDIO	51 ppm	173 ppm	108 ppm	104 ppm	102 ppm	99 ppm	97 ppm	97 ppm	5 ppm
MÍNIMO	42 ppm	163 ppm	102 ppm	96 ppm	93 ppm	88 ppm	88 ppm	88 ppm	4 ppm
MÁXIMO	62 ppm	178 ppm	114 ppm	109 ppm	109 ppm	113 ppm	104 ppm	106 ppm	6 ppm

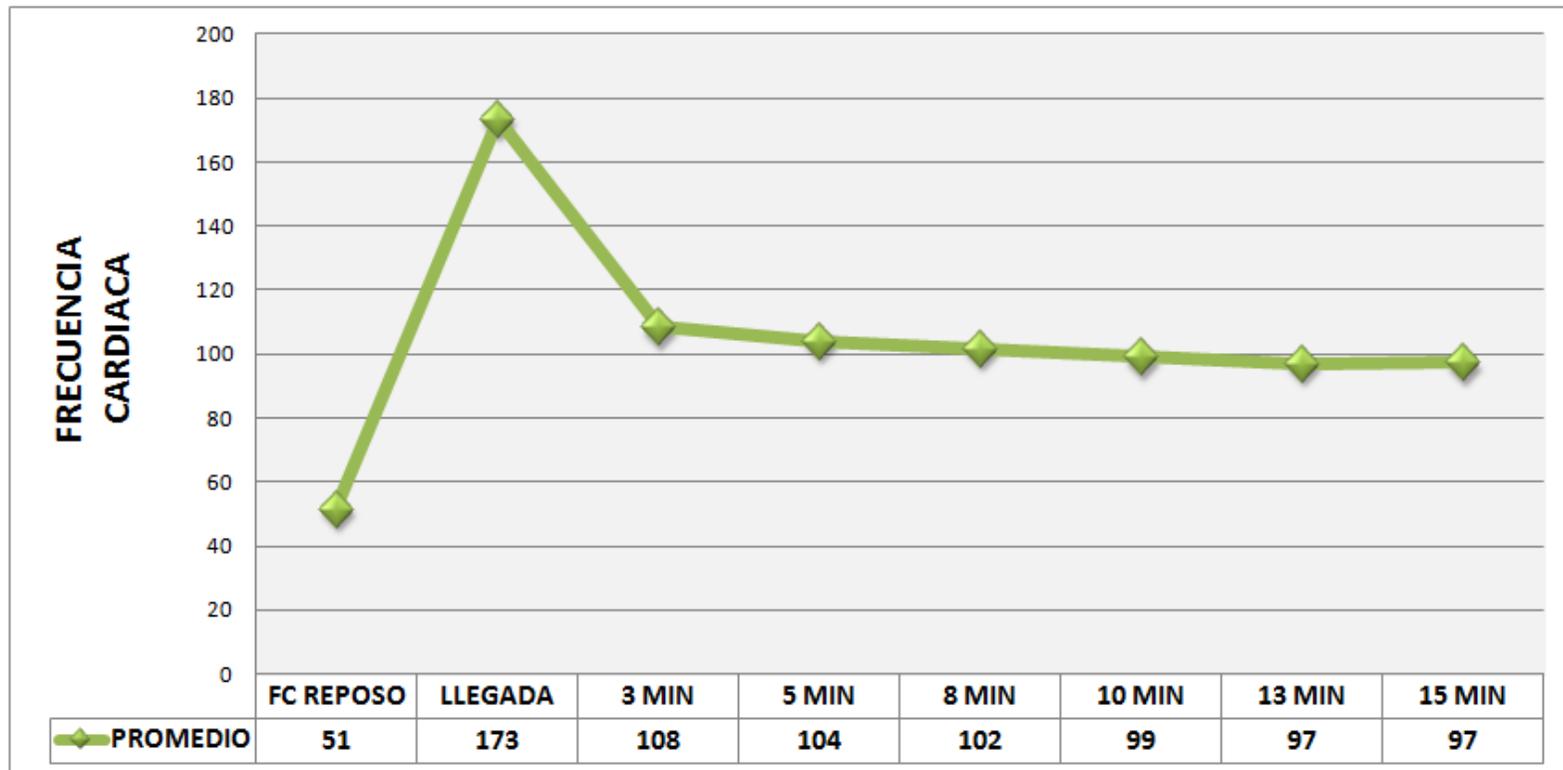


GRÁFICO 21: Recuperación de la frecuencia cardiaca

ANÁLISIS: Una vez de realizado el monitoreo de la frecuencia cardiaca durante el entrenamiento se determinó que la velocidad de recuperación promedio es de 5 ppm, con un valor mínimo de recuperación de 4 ppm un valor máximo de 6 ppm.

5.1.3 ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA Y LIMIAR



TABLA 6: Análisis de la frecuencia cardiaca máxima y limiar

APELLIDOS Y NOMBRES	FC MAX	LIMIAR	
		80%	85%
ALVAREZ SOLORZANO CARLOS JAVIER	176 ppm	141 ppm	150 ppm
DUQUE TINOCO JENNIFER LORENA	180 ppm	144 ppm	153 ppm
ESPINEL CRIOLLO FERNANDO SEBASTIAN	184 ppm	147 ppm	156 ppm
GARCIA PONCE OSWALDO SEBASTIAN	172 ppm	138 ppm	146 ppm
LANDETA CAZARES DARÍO XAVIER	176 ppm	141 ppm	150 ppm
TORRES ROBLES NELSON GUILLERMO	180 ppm	144 ppm	153 ppm
PROMEDIO	178 ppm	142 ppm	151 ppm
MÍNIMO	172 ppm	138 ppm	146 ppm
MÁXIMO	184 ppm	147 ppm	156 ppm

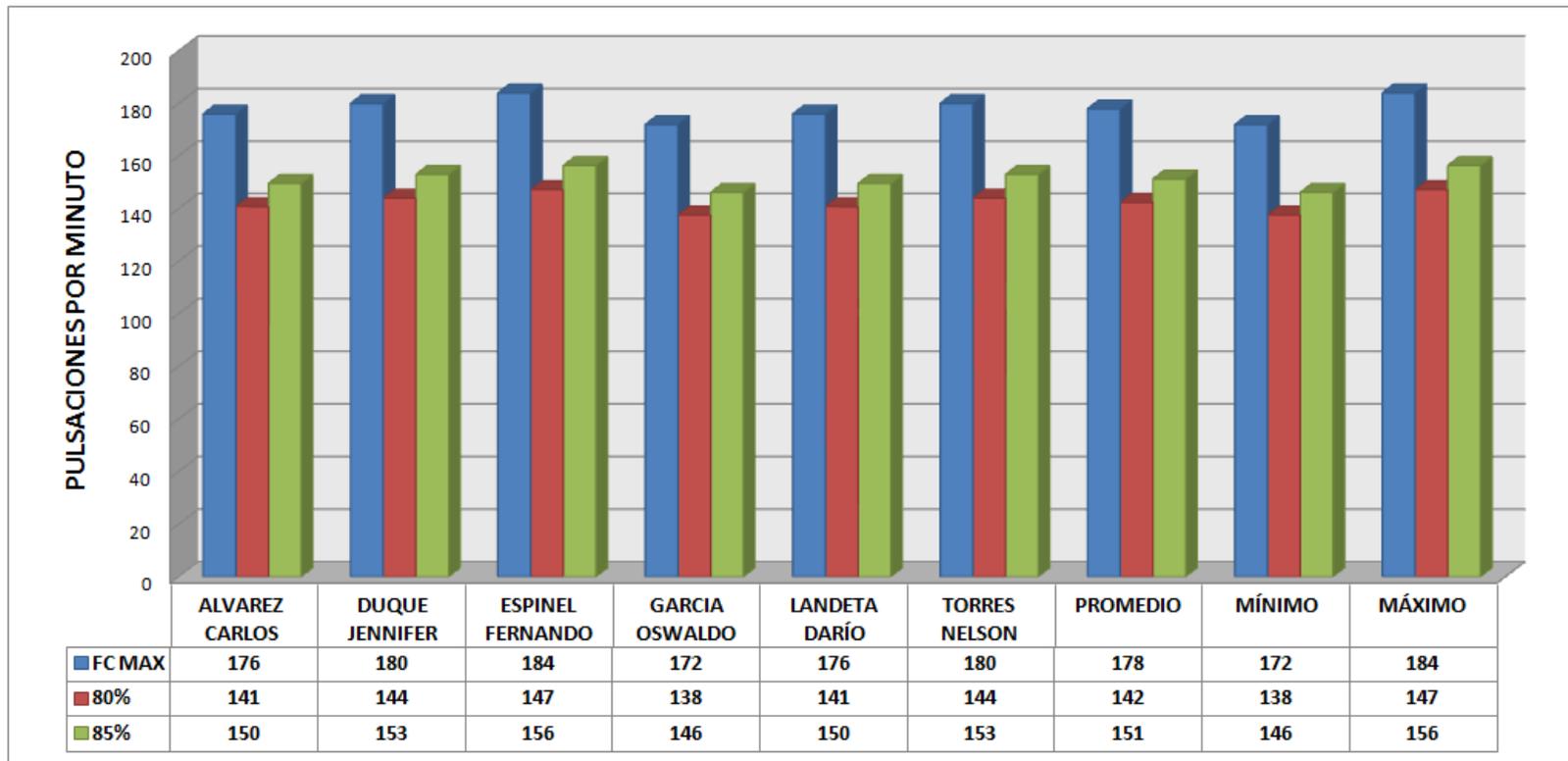


GRÁFICO 22: Frecuencia cardiaca máxima y limiar

ANÁLISIS: En base a la medición de la frecuencia cardiaca realizada a la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que los niveles promedio de frecuencia cardiaca máxima en altura del equipo son 178 ppm; con un valor mínimo de 172 ppm y un valor máximo de 184 ppm. También se obtuvo que el valor promedio de la frecuencia cardiaca limiar se encuentra ubicada en el rango de 142 ppm a 151 ppm, equivalente al 80% a 85% de la Frecuencia cardiaca Máxima respectivamente.

5.2 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LACTATO

5.2.1. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LACTATO EN REPOSO



TABLA 7: Análisis del comportamiento de lactato en reposo

APELLIDOS Y NOMBRES	MEDICIONES REALIZADAS EN LA ESMIL "ELOY ALFARO"						PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	
ALVAREZ SOLORZANO CARLOS JAVIER	3,3 mmol	6,8 mmol	3,4 mmol	3,4 mmol	2,4 mmol	3,2 mmol	3,8 mmol
DUQUE TINOCO JENNIFER LORENA	2,3 mmol	4,1 mmol	3,0 mmol	4,2 mmol	2,6 mmol	3,1 mmol	3,2 mmol
ESPINEL CRIOLLO FERNANDO SEBASTIAN	4,1 mmol	3,0 mmol	3,0 mmol	4,1 mmol	3,0 mmol	3,6 mmol	3,5 mmol
GARCIA PONCE OSWALDO SEBASTIAN	5,9 mmol	6,5 mmol	2,9 mmol	3,9 mmol	3,2 mmol	3,0 mmol	4,2 mmol
LANDETA CAZARES DARÍO XAVIER	3,5 mmol	6,7 mmol	3,6 mmol	4,1 mmol	3,5 mmol	3,1 mmol	4,1 mmol
TORRES ROBLES NELSON GUILLERMO	3,2 mmol	3,0 mmol	3,4 mmol	3,4 mmol	2,5 mmol	3,6 mmol	3,2 mmol
	PROMEDIO						3,7 mmol
	VALOR MÍNIMO						3,2 mmol
	VALOR MÁXIMO						4,2 mmol

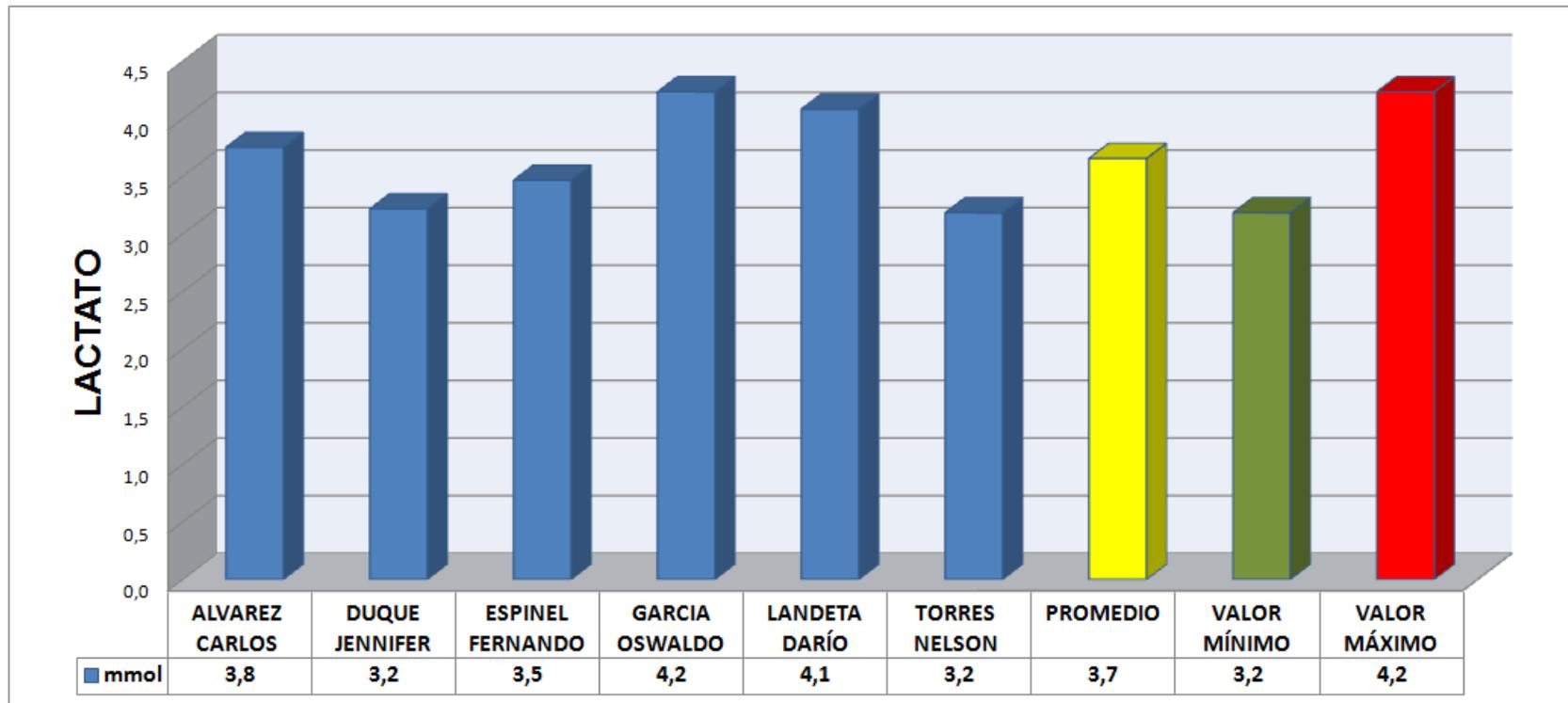


GRÁFICO 23: Comportamiento de lactato en reposo

ANÁLISIS: luego de realizar la toma de muestras sanguíneas y su respectivo análisis de los niveles de lactato a la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que los niveles de lactato en reposo y en altura alcanzan un valor promedio de 3,7 mmol/l, un valor mínimo de 3,2 mmol/l y un valor máximo de 4,2 mmol/l

5.2.2 ANALISIS DE LA ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO



TABLA 8: Análisis de la acumulación y aclaramiento de lactato

MEDICIONES REALIZADAS EN LA ESCUELA SUPERIOR MILITAR "ELOY ALFARO"										
APELLIDOS Y NOMBRES	REPOSO	LLEGADA	3 MIN	5 MIN	8 MIN	10 MIN	13 MIN	15 MIN	ACLA	
ALVAREZ SOLORZANO CARLOS JAVIER	3,8 mmol	11,3	12,9	12,6	11,8	11,0	10,8	9,8	0,10	
DUQUE TINOCO JENNIFER LORENA	3,2 mmol	12,2	13,5	13,7	12,9	11,9	14,7	11,0	0,08	
ESPINEL CRIOLLO FERNANDO SEBASTIAN	3,5 mmol	16,5	16,2	17,3	14,8	13,8	13,5	13,3	0,21	
GARCIA PONCE OSWALDO SEBASTIAN	4,2 mmol	14,8	17,9	18,0	17,3	15,8	16,1	14,4	0,03	
LANDETA CAZARES DARÍO XAVIER	4,1 mmol	16,5	12,9	12,8	11,0	10,2	10,9	10,2	0,42	
TORRES ROBLES NELSON GUILLERMO	3,2 mmol	11,8	14,0	13,9	12,9	12,7	11,4	11,6	0,01	
PROMEDIO	3,7 mmol	13,9	14,6	14,7	13,5	12,6	12,9	11,7	0,14	
MÍNIMO	3,2 mmol	11,3	12,9	12,6	11,0	10,2	10,8	9,8	0,01	
MÁXIMO	4,2 mmol	16,5	17,9	18,0	17,3	15,8	16,1	14,4	0,42	

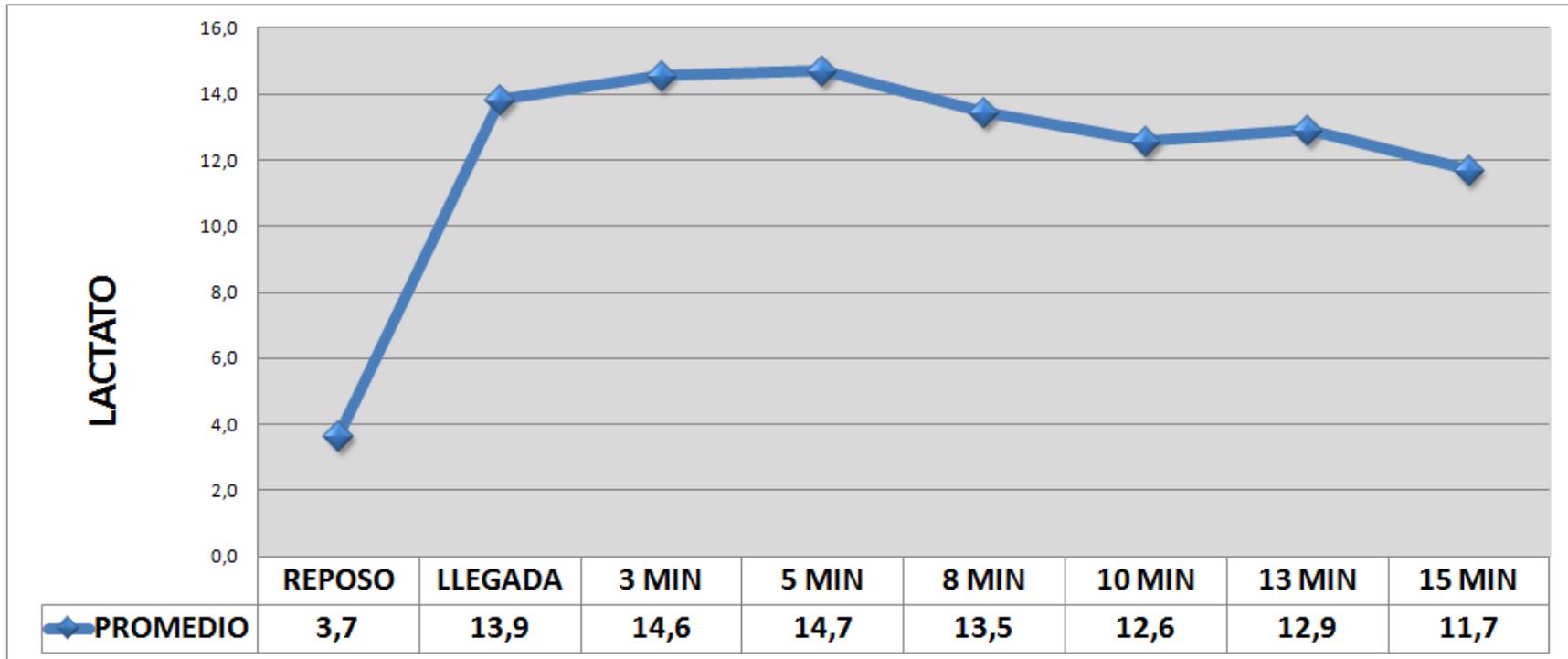


GRÁFICO 24: Acumulación y aclaramiento de lactato

ANÁLISIS: luego de realizar el análisis de lactato en sangre para determinar la acumulación y velocidad de aclaramiento a la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que la acumulación de lactato alcanzó un valor promedio de 13,9 mmol/l, un valor mínimo de 11,3 mmol/l, y un valor máximo de 16,5 mmol/l. Y la velocidad de aclaramiento de lactato alcanzó un valor promedio de 0,14 mmol/l / min, un valor mínimo de 0,01 mmol/l / min, y un valor máximo 0,42 mmol/l / min.

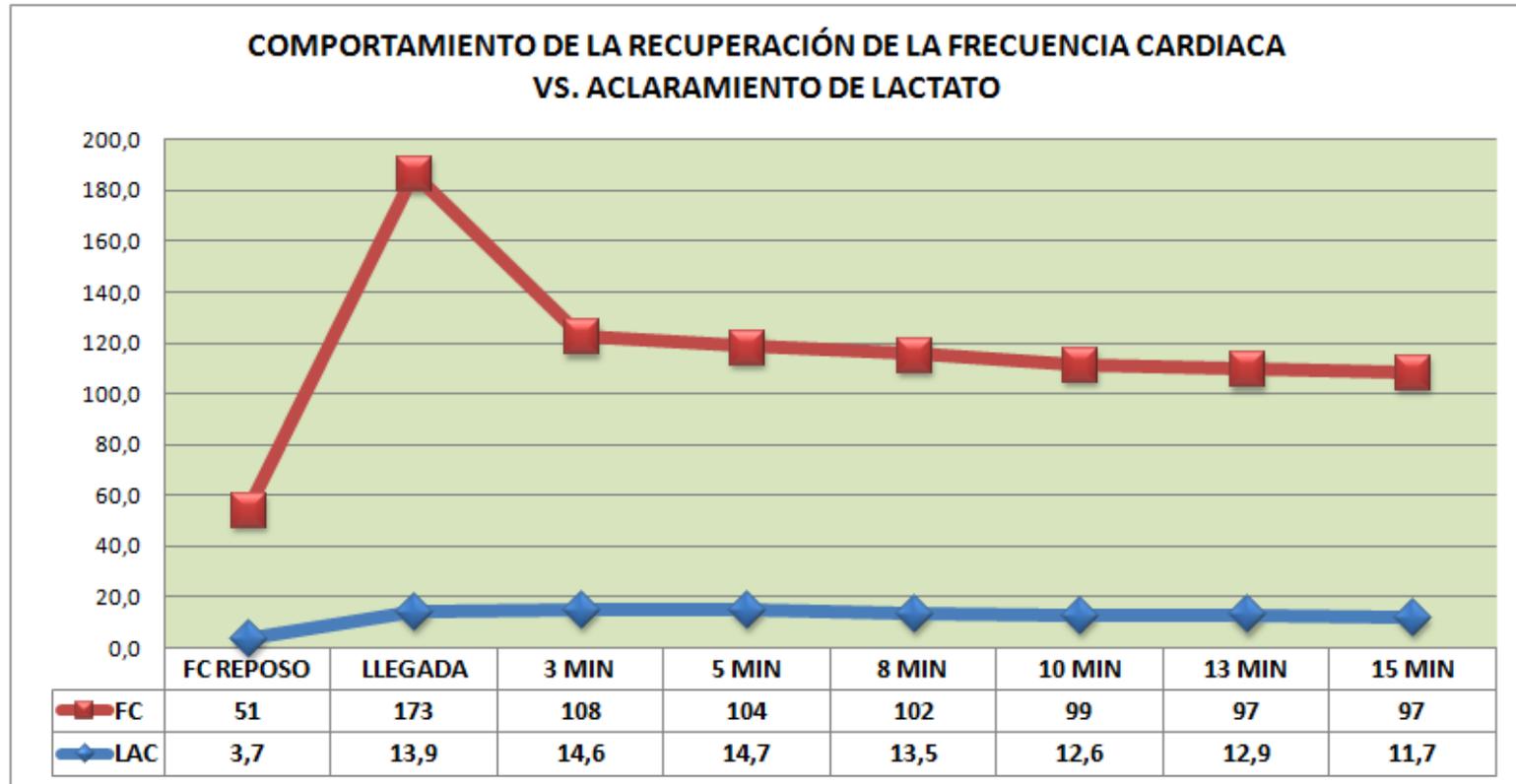


GRÁFICO 25: Comportamiento de la recuperación de la frecuencia cardiaca Vs. Aclaramiento de lactato

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.-

- El investigar y establecer los niveles de lactato en sangre, datos de frecuencia cardiaca, y su comportamiento en la altura durante los entrenamientos y competencias permite establecer bibliografía científica valiosa para futuros estudios y como base para planificar el entrenamiento.
- Luego del proceso de recolección de datos de la frecuencia cardiaca a la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que los niveles de frecuencia cardiaca en reposo y en altura alcanzan un valor promedio de 51 pulsaciones por minuto, un valor mínimo de 42 pulsaciones por minuto y un valor máximo de 62 pulsaciones por minuto.
- Una vez realizado el monitoreo de la frecuencia cardiaca durante el entrenamiento se determinó que la velocidad de recuperación promedio es de 5 ppm, con un valor mínimo de recuperación de 4 ppm un valor máximo de 6 ppm.
- En base a los valores anteriores, concluimos que la velocidad de recuperación de la frecuencia cardiaca del equipo es lenta, lo cual es un indicador de una deficiencia aeróbica de los deportistas.
- En base a la medición de la frecuencia cardiaca realizada a la preselección de cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que los niveles promedio de frecuencia cardiaca máxima en altura del equipo son 178 ppm; con un valor mínimo de 172 ppm y un valor máximo de 184 ppm.
- También se obtuvo que el valor promedio de la frecuencia cardiaca limiar se encuentra ubicada en el rango de 142 ppm a 151 ppm, equivalente al 80% a 85% de la Frecuencia cardiaca Máxima respectivamente.
- Luego de realizar la toma de muestras sanguíneas y su respectivo análisis de los niveles de lactato a la preselección de

cadetes del equipo de natación de las Fuerzas Armadas del Ecuador, se determinó que los niveles de lactato en reposo y en altura alcanzan un valor promedio de 3,7mmol/l, un valor mínimo de 3,2 mmol/l y un valor máximo de 4,2 mmol/l.

- Luego de realizar el análisis de lactato en sangre, se determinó que la acumulación de lactato alcanzó un valor promedio de 13,9 mmol/l, un valor mínimo de 11,3 mmol/l, y un valor máximo de 16,5 mmol/l.
- La investigación determinó además que la velocidad de aclaramiento de lactato alcanzó un valor promedio de 0,14 mmol/l / min, un valor mínimo de 0,01 mmol/l / min, y un valor máximo 0,42 mmol/l / min.
- Se determinó que la acumulación de lactato promedio en los deportistas en altura alcanza su nivel máximo entre los 3 y 5 min. Con valores de 14,6 mmol/min y 14,7 mmol/min; luego de terminado del test de esfuerzo máximo.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Permitir que el personal de alumnos de la CAFDER puedan dar continuidad al proceso de investigación que hemos realizado, para obtener datos científicos en otros deportes sobre el entrenamiento en altura.
- Incentivar en los estudiantes de nuestra carrera, el uso de medios tecnológicos como son las máquinas analizadoras de lactato y medidores de frecuencia cardíaca; para obtener datos científicos y que estén en condiciones de realizar análisis, interpretación de resultados, y planificación de entrenamiento en función de los estudios ejecutados.
- Buscar el apoyo económico por parte de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, para la adquisición de estos materiales, ya que este tipo de investigaciones demandan valores económicos significativos.
- Que los resultados obtenidos en esta investigación sean de gran ayuda para entrenadores y deportistas de natación, en especial para el equipo de cadetes de las Fuerzas Armadas del Ecuador con miras a su participación en los II Juegos Mundiales Militares de Cadetes.
- Se gestione para lograr el apoyo de las unidades administrativas encargadas de financiar los proyectos de investigación científica, para que la CAFDER cuente con proyectos de investigación valiosos y aporten en el proceso de formación académica.

6.3 BIBLIOGRAFIA

- (s.f.). Obtenido de www.rochediagnostics.es/.../prospecto_accutrend_lactato25%20tiras.pdf
ACCUTREND. (2007). ACCUTREND PLUS. *Manual del operador*. USA.
- Ahlborg, G., Hagenfeldt, L., & Wahren, J. (1976). *Influence of lactate infusion on glucose and FFA metabolism in man*.
- Barbany, J. (2002). *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Beaver, W., Wasserman, K., & Whipp, B. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*.
- Bouzas, J., & Delgado, M. (2007). *Empleo de ecuaciones para predecir la Frecuencia cardiaca máxima en carrera para jóvenes deportistas*.
- Buono, M., & Yeager, J. (1986). *Intraerythrocyte and plasma lactate concentrations during exercise in humans*.
- De Araujo, C., & Matos, L. (2005). *Maximal heart rate in exercise tests on treadmill and in a cycloergometer of lower limbs*.
- Dempsey, J., Vidruk, E., & Mastenbrook. (1980). *Pulmonary control exercise*. Ellestad. (1987).
- Fernandez, A., & Chicharro, J. (2001). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Panamericana.
- Garatachea, N. (2002). *Monitorización de la frecuencia cardiaca para la cuantificación de los requerimientos energéticos de la actividad física*. León.
- García Manzo, J., Navarro, M., & Ruiz, J. (1996). *Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo*.
- García Verdugo, M. (2007). *Resistencia y entrenamiento*.
- Hiilloskorpi. (1999).
- Holloszy, J., & Coyle, E. (1984). *Adaptations of skeletal muscle of endurance exercise and their metabolic consequences*.
- Inbar, O., Oten, A., Scheinowitz, M., Rotstein, A., Dlin, R., & Casaburi, R. (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise. *Med Sci. Sports Exercise*.
- Katz, S. (1993). Lactate turnover at rest and during submaximal exercise in patients with heart failure. *Journal of Applied Physiology*.
- Kent. (2003). *Diccionario Oxford de Medicina y Ciencias del Deporte*.
- López Chicharro, J., & Fernández Vaquero, A. (2003). *Fisiología del ejercicio II edición*. Madrid: Panamericana.
- Mc Ardle, W., Katch, F., & Katch, V. (2004). *Fisiología del ejercicio*. Madrid: McGraw Hill.
- McCullagh, K., Poole, R., Halestrap, A., O'Brien, M., & Bonen, A. (1996). *Role of the lactate transporter in skeletal muscles*.
- Platonov, V. (1991). *El entrenamiento deportivo Teoría y Metodología*.
- Polar. (s.f.). *Manual del Usuario*. Finlandia: Polar Electro Oy.
- Porter, R. (1981). *Human Muscle Fatigue Physiological Mechanism*.
- Radda, G. (1986). *The use of NMR spectroscopy for the understanding of disease*.
- Refoyo, I. (1999). *La relación táctica y su relación con la respuesta biológica de los jugadores*. Madrid.
- Robergs, R., & Landwehr, R. (2002). The surprising history of the HRMax.
- Shetler, K., Marcus, R., Froelicher, V., & Shefali, V. (2001). Heart rate recovery validation and Methodologic Sigues.
- Sjodin, B., & Jacons, I. (1981). *Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance*.
- Wasserman. (1984).
- Wikipedia. (s.f.). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Quito>
- Wilmore, J., & Costill, D. (2004). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*.
- Yoshida, T. (1990). Significance of the contribution of aerobic and anaerobic component to several distance running performances in female athlete.
- Yoshida, T., Suda, Y., & Takeuchi, N. (1982). Endurance training regimen based upon arterial blood lactate. *European Journal of Applied Physiology*, 223-230.