ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN

CON LA COLECTIVIDAD

MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

IV PROMOCIÓN

TESIS DE GRADO

TEMA: "INCIDENCIA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EL LACTATO EN EL RENDIMIENTO FÍSICO DE LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO EN EL AÑO 2012"

AUTORES:

PICO MEDINA, DAVID ELISEO

BRAZALES CERVANTES, DANIEL ANTONIO

DIRECTORA: DRA. CARMITA QUIZHPE M., PhD

SANGOLQUÍ, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

CERTIFICADO

DRA. CARMITA QUIZHPE M., PhD

CERTIFICA

Que el trabajo de investigación titulado: **"INCIDENCIA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EL LACTATO EN EL RENDIMIENTO FÍSICO DE LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO EN EL AÑO 2012",** realizado por los señores Lcdo. David Eliseo Pico Medina y Lcdo. Daniel Antonio Brazales Cervantes, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, establecidos en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

La presente investigación conjuga los conocimientos efectivos de quien lo realizó, por lo que se recomienda su publicación.

Sangolquí, septiembre de 2014

_____

DRA. CARMITA QUIZHPE M., PhD
DIRECTORA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Lcdo. David Eliseo Pico Medina
Lcdo. Daniel Antonio Brazales Cervantes

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de investigación titulado, **"INCIDENCIA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EL LACTATO EN EL RENDIMIENTO FÍSICO DE LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO EN EL AÑO 2012",** ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en los párrafos de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, septiembre de 2014

Lcdo. David Eliseo Pico Medina	Lcdo. Daniel Antonio Brazales Cervantes

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

AUTORIZACIÓN

Nosotros, David Eliseo Pico Medina y Daniel Antonio Brazales Cervantes, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la institución el trabajo de investigación titulado: **"INCIDENCIA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EL LACTATO EN EL RENDIMIENTO FÍSICO DE LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO EN EL AÑO 2012",** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, septiembre de 2014

Lcdo. David Eliseo Pico Medina

Lcdo. Daniel Antonio Brazales Cervantes

DEDICATORIA

A DIOS, QUE ME ACOMPAÑA DÍA A DÍA,
A MI ESPOSA JIMENA Y A MIS HIJAS DANIELA Y RUBI QUE SON EL PILAR FUNDAMENTAL Y MOTIVACIÓN DE MI TRABAJO.

DANIEL ANTONIO

A DIOS, QUE GUÍA E ILUMINA MI CAMINO DÍA A DÍA,
A MIS PADRES POR SU INAGOTABLE ENTREGA, A MI ESPOSA ELIZABETH Y A MIS HIJOS NICOLE Y SEBASTIÁN QUE SON MI FUENTE DE INSPIRACIÓN.

DAVID ELISEO

AGRADECIMIENTO

A nuestro glorioso Ejército Ecuatoriano por haber confiado en nosotros y designarnos para realizar la maestría de entrenamiento deportivo, así como por su apoyo para sacar adelante este trabajo.

A todos los docentes de la maestría por enseñarnos pacientemente, brindándonos sus conocimientos y su apoyo profesional a cada momento, de los cuales aprendimos a ser entusiastas y optimistas aún y en los momentos más difíciles.

Principalmente y gracias al grupo de atletas del equipo de orientación del Ejército, que con entusiasmo y arduo deseo participaron e hicieron posible la terminación de esta tesis.

¡Gracias a todos por brindarnos su apoyo y confianza!

DANIEL ANTONIO Y DAVID ELISEO

ÍNDICE

CERTIFICADO… i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD ii
AUTORIZACIÓN…. iii
DEDICATORIA…. iv
AGRADECIMIENTO v
RESUMEN…… xvii
ABSTRACT……..... xviii
CAPÍTULO I……..... 1
MARCO REFERENCIAL 1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2
1.3. OBJETIVOS 2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 2
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 3
1.5. HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 4
1.5.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN 4
1.5.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN 4
CAPÍTULO II ..……..……..……..7
MARCO TEÓRICO 7
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 7
2.1. LA ORIENTACIÓN 7
2.1.1. LA ORIENTACIÓN Y EL MAPA 8
2.2. FRECUENCIA CARDÍACA 10

2.2.1. FACTORES QUE AFECTAN LA FRECUENCIA CARDIACA..... 10
2.2.1.1. LA EDAD..... 10
2.2.1.2. LA HORA DEL DÍA 11
2.2.1.3. LA TEMPERATURA..... 11
2.2.1.4. LA ALTURA..... 11
2.2.1.5. LA CONTAMINACIÓN 11
2.2.1.6. LA GENÉTICA 12
2.2.1.7. EL GÉNERO 12
2.2.1.8. LA CONDICIÓN FÍSICA..... 12
2.2.1.9. SOMATOTIPO O COMPOSICIÓN CORPORAL..... 12
2.2.1.10. LAS PSICOLÓGICAS 12
2.2.1.11. MEDICACIONES, FÁRMACOS Y ENFERMEDAD..... 13
2.2.2. FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO 13
2.2.3. FRECUENCIA CARDÍACA EN EL EJERCICIO 13
2.2.4. FRECUENCIA CARDÍACA MÁXIMA 14
2.2.5. RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA 14
2.3. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL CORAZÓN..... 15
2.4. ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES AL ENTRENAMIENTO..... 19
2.4.1. TAMAÑO DEL CORAZÓN..... 20
2.4.2. VOLUMEN SISTÓLICO 21
2.4.3. DÉBITO CARDÍACO EN EJERCICIO..... 22
2.4.4. FLUJO SANGUÍNEO 24
2.4.5. TENSIÓN ARTERIAL..... 24
2.4.6. VOLUMEN SANGUÍNEO..... 25
2.5. LA FISIOLOGÍA DEL LACTATO Y EL ENTRENAMIENTO 26

2.5.1. ¿QUÉ ES EL LACTATO? 26
2.5.2. ¿DE DÓNDE PROVIENE EL LACTATO? 26
2.5.3. ¿POR QUÉ SE PRODUCE EL LACTATO? 26
2.5.4. ¿CUÁNDO SE PRODUCE EL LACTATO? 27
2.5.5. ¿A DÓNDE SE VA EL LACTATO? 27
2.5.6. ¿EL LACTATO ES DAÑINO? 28
2.5.7. ¿CÓMO SE MIDE EL LACTATO? 29
2.5.8. ¿EL LACTATO ES ALGO SOBRE EL CUAL EL DEPORTISTA DEBE PREOCUPARSE? 30
2.5.9. ¿QUÉ SIGNIFICA EL TÉRMINO “DESPEJAR” CON RELACIÓN AL LACTATO? 30
2.5.10. ¿QUÉ SIGNIFICA “ESTADO FIJO”? 31
2.5.11. ¿QUÉ SIGNIFICA LOS NIVELES DE LACTATO SANGUÍNEO PARA UN ATLETA? 32
2.5.11.1. EL SISTEMA AEROBIO 32
2.5.11.2. EL SISTEMA ANAEROBIO 32
2.5.11.3. LA RELACIÓN ENTRE EL SISTEMA ANAEROBIO Y EL SISTEMA AEROBIO 33
2.6. LAS ZONAS DE POTENCIA Y LOS NIVELES DE ENTRENAMIENTO 34
2.6.1. ZONA AEROBIA 34
2.6.1.1. NIVEL 1: AEROBIO REGENERATIVO 35
2.6.1.2. NIVEL 2: AEROBIO LIPOLÍTICO 37
2.6.1.3. NIVEL 3: AEROBIO GLUCOLÍTICO 39
2.6.2. ZONA MIXTA O AEROBIA – ANAEROBIA 42
2.6.2.1. NIVEL 4: MIXTO EXTENSIVO 43
2.6.2.2. NIVEL 5: MIXTO INTENSIVO 46

2.6.3. ZONA ANAEROBIA LÁCTICA 49
2.6.3.1. NIVEL 6: LÁCTICO EXTENSIVO 50
2.6.3.2. NIVEL 7: LÁCTICO INTENSIVO 52
2.6.4. ZONA ANAEROBIA ALÁCTICA 55
2.6.4.1. NIVEL 8: ALÁCTICO EXTENSIVO 56
2.6.4.2. NIVEL 9: ALÁCTICO INTENSIVO 58
2.6.5. NEUTRAL 61
2.7. LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA 62
2.8. RELACIÓN LACTATO Y FRECUENCIA CARDÍACA 65
2.9. ACLARAMIENTO DE LACTATO 66
2.10. ENTRENAMIENTO EN ALTURA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO 66
2.10.1. ADAPTACIONES GENERALES QUE SE PRODUCEN CON EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA 67
2.10.1.1. MEJORA CARDIOVASCULAR 67
2.10.1.2. MEJORA DE LA CAPACIDAD RESPIRATORIA 67
2.10.1.3. MEJORA DE CAPACIDAD MUSCULAR O PERIFÉRICA 67
2.10.1.4. MEJORA DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y MOVILIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS ENERGÉTICOS 68
2.10.2. RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA 68
2.10.3. ENTRENAMIENTO EN ALTURA 68
2.10.4. CAUSAS DE LA FATIGA EN EL DEPORTE DE ORIENTACIÓN. 70
CAPÍTULO III……..... 73
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 73
3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA... 73
3.2. RECURSOS HUMANOS..... 74
3.3. RECURSOS MATERIALES Y EQUIPO 74

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN 75
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA 76
3.5.1. POBLACIÓN 76
3.5.2. MUESTRA 76
3.6. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN 77
3.7. DESCRIPCIÓN DE LOS TEST 78
3.7.1. TEST DE FRECUENCIA CARDÍACA 78
3.7.1.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA…. 79
3.7.1.1.1.RELOJ POLAR 79
3.7.1.2. PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDÍACA...81
3.7.2. TEST DE LACTATO 83
3.7.2.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LAC TATO 84
3.7.2.1.1.MÁQUINA ANALIZADORA ACCUTREND PLUS 84
3.7.2.1.2.TIRAS REACTIVAS BM-LACTATE 85
3.7.2.2. TOMA DE MUESTRAS DE LACTATO 85
3.7.2.3. PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LACTATO 86
3.7.3. TEST DE VO2 MÁX 87
3.7.3.1. DETERMINAR EL VO2 MÁX 88
3.7.4. TEST DE COOPER 90
3.7.4.1. DETERMINAR EL RENDIMIENTO FÍSICO 90
3.7.4.2. TOMA DEL TEST DE COOPER 91
CAPÍTULO IV…. 94
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 94
4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS 94
4.1. ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE

ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA 95

4.1.1. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO…….. 95

4.1.2. ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN ENTRENAMIENTO..... 97

4.1.3. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA Y LIMIAR EN COMPETENCIAS DE POLIGONALES 100

4.1.4. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA EN EL PRETEST 103

4.1.5. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA EN EL POSTEST 106

4.1.6. VALORES PROMEDIO DE COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DEL PRETEST Y POSTEST 109

4.1.7. CORRELACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y EL RENDIMIENTO FÍSICO 111

4.2. ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LACTATO 112

4.2.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LACTATO EN REPOSO… 112

4.2.2. ANÁLISIS DE LA ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO EN DIFERENTES INTENSIDADES..... 114

4.2.2.1. PRETEST..... 114

4.2.2.2. POSTEST 117

4.2.2.3. VALORES PROMEDIO DE ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO EN EL PRETEST Y POSTEST 120

4.2.2.4. CORRELACIÓN DE LACTATO Y EL RENDIMIENTO FÍSICO……. 122

4.3. DETERMINAR LOS UMBRALES INDIVIDUALES DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO

ECUATORIANO DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA..... 123

4.3.1. DETERMINAR LA CAPACIDAD AEROBIA INDIVIDUAL DE LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA..... 125

4.3.1.1. PRETEST..... 125

4.3.1.2. POSTEST 128

4.3.1.3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD AEROBIA INDIVIDUAL VO2 MÁXIMO, TOMADOS DEL PRETEST Y POSTEST DE COOPER..... 131

CAPÍTULO V…… 136

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 136

5.1. CONCLUSIONES 136

5.2. RECOMENDACIONES 137

6. BIBLIOGRAFÍA 139

6.1. ANEXOS 141

6.1.2. DEFINICIONES CONCEPTUALES 142

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº 1. Variable Independiente: Frecuencia cardíaca y Lactato.....5

TABLA N° 2. Variable Dependiente: Rendimiento físico..... 6

TABLA N° 3. Volumen sistólico en entrenamiento..... 21

TABLA N° 4. Tiempos de regeneración fisiológica 71

TABLA N° 5. Nómina del Equipo de Orientación del Ejército 2012..... 77

TABLA N° 6. Frecuencia Cardíaca..... 78

TABLA N° 7. Análisis Lactácido 83

TABLA N° 8. Consumo Máximo de Oxígeno 87

TABLA N° 9. Rendimiento físico 90

TABLA N° 10. Frecuencia cardíaca en reposo 95

TABLA N° 11. Recuperación de la frecuencia cardíaca en entrenamiento..... 97

TABLA N° 12. Frecuencia cardíaca máxima y limiar en competencia-poligonales 100

TABLA N° 13. Comportamiento de la frecuencia cardíaca en el pretest.... 103

TABLA N° 14. Comportamiento de la frecuencia cardíaca en el postest ... 106

TABLA N° 15. Promedio de comportamiento de la frecuencia cardíaca del pretest y postest 109

TABLA N° 16. El lactato en reposo 112

TABLA N° 17. Acumulación y aclaramiento de lactato en el pretest..... 114

TABLA N° 18. Acumulación y aclaramiento de lactato en el postest 117

TABLA N° 19. Promedio de acumulación y aclaramiento de lactato del pretest y postest..... 120

TABLA N° 20. Umbrales individuales obtenidos del pretest 123

TABLA N° 21. Umbrales individuales obtenidos del postest..... 124

TABLA N° 22. Capacidad de trabajo de VO2 máx tomado del pretest 125

TABLA N° 23. Capacidad de trabajo de VO2 máx tomado del postest..... 128

TABLA N° 24. Promedio de VO2 máx del pretest y postest 131

TABLA N° 25. Resultados obtenidos por el equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano en el test de VO2 máx 133

TABLA N° 26. Resultados obtenidos por el equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano en el test de VAM..... 134

TABLA N° 27. Resultados obtenidos por el equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano en el test de Cooper..... 135

TABLA N° 28. Normas de evaluación para el control 135

TABLA N° 29. Coeficiente de correlación de variables 141

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. Pulso radial 14
FIGURA N° 2. Capas del corazón 16
FIGURA N° 3. Cavidades cardíacas 17
FIGURA N° 4. Arterias coronarias 17
FIGURA N° 5. Válvulas del corazón 18
FIGURA N° 6. Sistema eléctrico del corazón 18
FIGURA N° 7. Irrigación sanguínea del corazón 19
FIGURA N° 8. Manual del operador, programa polar protraining 79

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 1. Toma de muestras de sangre al finalizar el entrenamiento de poligonales 29
FOTOGRAFÍA N° 2. Equipo de orientación del Ejército ecuatoriano 2012 76
FOTOGRAFÍA N° 3. Funcionamiento del reloj Polar 80
FOTOGRAFÍA N° 4. Frecuencia cardíaca en reposo 82
FOTOGRAFÍA N° 5. Frecuencia cardíaca en recuperación 82
FOTOGRAFÍA N° 6. Frecuencia cardíaca máxima 83
FOTOGRAFÍA N° 7. Analizador Accutrend plus 84
FOTOGRAFÍA N° 8. Toma de muestra de lactato en reposo 86
FOTOGRAFÍA N° 9. Protocolo de medición de la muestra de lactato 87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1. Dimensiones del corazón. 21

GRÁFICO N° 2. Débito Cardiaco en entrenados y desentrenados..... 22

GRÁFICO N° 3. Zonas de potencia y niveles de entrenamiento 34

GRÁFICO N° 4. Teoría del Entrenamiento Deportivo 66

GRÁFICO N° 5. Fotografía de Latacunga..... 73

GRÁFICO N° 6. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) durante el entrenamiento..... 99

GRÁFICO N° 7. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en competencia 102

GRÁFICO N° 8. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en el pretest..... 105

GRÁFICO N° 9. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en el postest 108

GRÁFICO N° 10. Promedio de frecuencia cardíaca (FC) del pretest y postest 110

GRÁFICO N° 11. Correlación de la frecuencia cardíaca (FC) y el rendimiento físico en el pretest y postest 111

GRÁFICO N° 12. Acumulación y aclaramiento de lactato en el pretest..... 116

GRÁFICO N° 13. Acumulación y aclaramiento de lactato en el postest 119

GRÁFICO N° 14.Promedio de acumulación y aclaramiento de lactato en el pretest y postest 121

GRÁFICO N° 15.Correlación de lactato y el rendimiento físico en el pretest y postest 122

GRÁFICO N° 16. Capacidad de trabajo de VO2 máx. tomado del pretest 127

GRÁFICO N° 17. Capacidad de trabajo de VO2 máx. tomado del postest 130

GRÁFICO N°18. Promedio de la capacidad de trabajo de VO2 máx. tomados del pretest y postest..... 132

RESUMEN

El presente estudio recoge los aspectos más importantes que hay que tener en cuenta para determinar la incidencia de la Frecuencia Cardíaca y el Lactato en el Rendimiento Físico del corredor de orientación. Se eligió la muestra en n=13, de atletas del equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano comparando su desempeño físico mediante la aplicación del test de Cooper tomado en la fase inicial de su proceso de entrenamiento y al final del macrociclo. Aspectos como los sistemas aeróbico, anaeróbico y las zonas de entrenamiento son básicos en el rendimiento físico del corredor, por lo que es necesario conocer los fundamentos de estas cualidades; se prosigue con la instrumentación y protocolos empleados en la investigación y finaliza el estudio con el análisis e interpretación de los resultados. Los dos momentos se determinaron mediante un análisis siguiendo un protocolo de recolección de datos de las muestras tomadas en la frecuencia cardíaca y el lactato, y obteniendo valores del VO2 máx alcanzado por cada atleta. De los resultados se determinó medidas de tendencia central para las variables FCM (promedio 182 inicial y 179 final) y lactato máximo (promedio 14,5 inicial y 13,4 final) también se calculó el índice de correlación de las variables FC y RF para cada momento las cuales fueron (r= -0,27 inicial y r= -0,17 final) y de las variables AL y RF (r= 0,34 inicial y r= 0,35 final). Aplicando la técnica de t de Student se determinó el grado de desplazamiento entre el pretest y el postest el cual arrojó un 95 % de probabilidad. Se concluye que la frecuencia cardíaca y el lactato tras un test específico se mostraron como bajos indicadores del rendimiento en el deporte de orientación, sin embargo con el programa aplicado se logró una mejoría marcada del nivel aerobio de los deportistas.

PALABRAS CLAVE:

FRECUENCIA CARDÍACA, LACTATO, VO2 MÁX, RENDIMIENTO FÍSICO

ORIENTACIÓN.

ABSTRACT

This study shows the most important items to consider in order to determinate the incidence of the Heart Rate and the Lactate in the Physical Performance of the orienteering runner. It was chosen the sample n=13, from athletes of the Ecuadorian Army elite orienteering team. It was compared their physic performance through the Cooper Test at the initial period of their training and at the end of the macro cycle. Both performances were sent to an analysis according to a protocol of data collection of the samples taken with the Heart Rate and the Lactate, and obtaining the values of VO2 Max reached for each athlete. From the results, it was possible see the central tendency to the variants HR Max (initial average 182 and final average 179) and Lactate max (initial average 14,5 and finish average 13,4). It was also calculated the correlation index of the variants HR and PP to each moment those were (r= -0,27 initial and r=-0,17 final), and the variants L and PP (r=0,34 initial and r=0,35 final). Applying the Student t technique, it was found the displacement level between pre and posttest with a 95% of probability. The conclusion is that the Heart Rate and the Lactate after a specific test were low indicators of the performance in the orienteering sport, although with the specific training program, the athletes improved their cardiac and aerobic level.

KEYWORDS:

HEART RATE, LACTATE, VO2 MAX, PHYSICAL PERFORMANCE, ORIENTEERING.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo al Plan Olímpico para Fuerzas Armadas para el año 2012, el equipo de Orientación del Ejército Ecuatoriano iniciará el proceso de entrenamiento para la participación en el campeonato Inter-Fuerzas a desarrollarse en el mes de noviembre de 2012.

El problema es la no existencia de datos científicos acorde a nuestro biotipo y posición geográfica, los mismos que son de vital importancia durante el proceso de entrenamiento deportivo de los atletas, para de esta manera alcanzar el rendimiento óptimo previo a competencias nacionales e internacionales.

Es importante mencionar que el equipo de Orientación del Ejército Ecuatoriano actualmente no entrena basándose en estudios de frecuencia cardiaca y lactato para alcanzar un óptimo rendimiento, esta falta de estudios se debe a los altos costos que tienen las investigaciones, la limitada tecnología para la medición de ciertos parámetros fisiológicos del atleta durante los entrenamientos y en la competencia y por la falta de motivación por parte de dirigentes, entrenadores e investigadores para realizar este tipo de estudios.

Una vez realizado el análisis de estos factores que influyen en el rendimiento físico de los deportistas del equipo de Orientación Militar del Ejército, es necesario realizar un estudio que nos permita obtener y examinar estos factores dentro del proceso de entrenamiento previo a su

participación en el campeonato Inter-Fuerzas 2012 con miras a que algunos deportistas pasen a formar parte del equipo de Fuerzas Armadas que intervendrán en competencias a nivel internacional.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo inciden la frecuencia cardíaca y el lactato en el rendimiento físico de los atletas del equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano año 2012?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cómo incide el comportamiento de la frecuencia cardíaca y el lactato en el rendimiento físico de los atletas del equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el comportamiento de la frecuencia cardíaca en los atletas del equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano durante el proceso de entrenamiento.
- Analizar el comportamiento del lactato en los atletas del equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano durante el proceso de entrenamiento.
- Analizar las capacidades físicas individuales de los atletas del equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano durante el proceso de entrenamiento.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El Ejército Ecuatoriano a más de cumplir con su misión principal de defensa de la Patria, también se encuentra comprometido con el deporte militar a través del Comando de Operaciones Terrestre (COT).

Para este fin el COT cuenta con la sección Cultura Fisca, encargada del proceso de selección y entrenamiento de los mejores deportistas miembros de la institución. Uno de los deportes en los que interviene es la Orientación Militar.

La Orientación es un deporte que por su intensidad y duración en ella intervienen los sistemas energéticos, principalmente con predominio aeróbico.

Esta investigación es de importancia para la institución ya que se tendrá a mano un estudio del cual se pueda tomar de referencia para futuras generaciones de deportistas.

La investigación a realizarse es también importante ya que logrará determinar indicadores fisiológicos como la acumulación de lactato y el comportamiento de la frecuencia cardíaca de cada uno de los soldados deportistas, datos promedios del equipo durante el proceso de entrenamiento que serán utilizados como referencia, lo que permitirá comparar los datos luego de haber realizado un entrenamiento serio y constante que vaya de la mano con los avances científicos; y de esta manera poner a disposición los resultados obtenidos a entrenadores, preparadores físicos, deportistas.

Finalmente el presente estudio es factible de llevarlo a cabo, ya que intervienen los recursos humanos indispensables para su ejecución y se desarrollará con el asesoramiento de un profesional en el área deportiva.

1.5. HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

1.5.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La frecuencia cardiaca y el lactado inciden en el rendimiento físico del deportista del equipo élite de Orientación del Ejército Ecuatoriano.

Hn.- Ni la frecuencia cardiaca ni el lactato inciden en el rendimiento físico del deportista.

1.5.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables que intervienen en esta investigación son:

- Frecuencia cardíaca y Lactato.
- Rendimiento físico.

TABLA Nº 1

Variable Independiente: Frecuencia cardíaca y Lactato

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES DE LA VARIABLE	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La frecuencia cardíaca son las veces que late el corazón por unidad de tiempo. Normalmente se expresa en pulsaciones por minuto. (Meri, Fundamentos de la Fisiología, Actividad Física y el Deporte, 2005)	Referentes fisiológicos	Rangos de la F.C	Género	Reloj Polar R800CX
	Entrenamiento deportivo	Aerobio Anaerobio	Planificación	Test físicos (Test de Cooper)
Lactato, es un compuesto orgánico formado por carbón, hidrógeno y oxígeno. La fórmula química del lactato es C3H5O3 y se produce de forma natural en el organismo de cada persona.	Medición de lactato	Edad Género	Curva de lactato	Test físicos (Test de Cooper)
	Entrenamiento deportivo	Niveles de lactato		Accutrend plus (equipo de medición lactato)

TABLA N° 2

Variable Dependiente: Rendimiento físico

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES DE LA VARIABLE	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Desde el punto de vista del alto rendimiento deportivo, es la óptima combinación de las características físicas, fisiológicas, biomecánicas, biomédicas y psicológicas del individuo, que contribuyen al éxito competitivo. (Shepard, 1992)	Entrenamiento deportivo	VO2 máx	Planificación del entrenamiento	Test físicos (Test de Cooper)
		FC		Cierre de poligonales
	Capacidades físicas	Lactato		Fichas de datos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. LA ORIENTACIÓN

La orientación pedestre o militar es una disciplina que convina un gran esfuerzo físico y mental considerando por sobre todo el respeto a la naturaleza. (Vidal, Especificaciones Internacionales para la Elaboración de Mapas de Orientación, 2000).

En el año de 1918, un joven Sueco y líder el Mayor Killander conocido como el padre de la orientación, observando una caída en el número de participantes en carreras rústicas y cross country, decidió organizar las primeras competiciones en la propia naturaleza.

En 1927 se realiza el primer Campeonato distrital en SUECIA, las primeras competencias eran bien fáciles, los puntos de control estaban ubicados en lugares bien característicos, debido a la mala calidad de las cartas de esa época, las brújulas eran de cajas de madera.

En 1961 fue fundada la Federación internacional de orientación y ya en 1966 se realiza en Finlandia el Primer campeonato Mundial de Orientación. En 1972, 1973 y 1974, la Comisión Deportiva de FF.AA. Brasileñas, organizó campeonatos; el primero fue en Río de Janeiro y los otros en Brasilia. En el tercer campeonato fue de gran importancia, ya que se realizó con carta de orientación, es así que desde 1974 se viene difundiendo la orientación en Sudamérica y dictando cursos.

La orientación en el Ecuador Inicio en diciembre de 1983 con el Primer Campeonato del Ejército que fue organizado por la Brigada de Fuerzas Especiales No. 9 “PATRIA”.

Del 06 al 11 de junio 1984, el Ejército organiza el Primer CAMPEONATO INTER-FUERZAS DE ORIENTACIÓN MILITAR, en Latacunga como sede la BFE No. 9 “Patria”, pionera en la práctica de esta disciplina deportiva esencialmente de tipo Militar para lo cual el IGM elaboró cartas de 1:25.000 lo que sirvió para mejorar el nivel técnico y rendimiento de los atletas.

2.1.1. LA ORIENTACIÓN Y EL MAPA

La orientación es un deporte en el cual el corredor completa un recorrido, materializado por controles (balizas), en un orden establecido, siendo en competición vencedor el que lo realiza en el menor tiempo posible. El corredor se ayuda únicamente de un mapa (que le proporciona la organización) y una brújula (que lleva cada participante). Como en todos los deportes, es necesario asegurarse de que las condiciones de competición son las mismas para todos los participantes. Cuanto más preciso sea el mapa, existirá una mayor igualdad de oportunidades entre los corredores y serán mejores las condiciones en las que el trazador pueda planificar un recorrido bueno y justo.

Desde el punto de vista del corredor, un mapa detallado y legible es una guía segura para la elección del itinerario y le permite navegar por un tramo conjugando su destreza con su capacidad física. Sin embargo, esta destreza en la elección de la ruta pierde todo su significado si el mapa no es una verdadera fotografía del suelo, si es incorrecto, no está actualizado o es poco legible.

Cualquier elemento que afecte al desplazamiento es relevante para el corredor de orientación: cortados, agua, vegetación espesa, etc. La red de

caminos y pistas indican por donde es más fácil navegar. Una clasificación detallada del grado de penetración y visibilidad, ayudan al competidor a tomar las decisiones más adecuadas. El deporte de orientación se basa fundamentalmente en la realización de una buena navegación por medio de la lectura de mapas. Por lo tanto es necesario un mapa correcto para una buena y efectiva elección de ruta. Ningún corredor debe obtener ventaja o sufrir desventaja debido a fallos del mapa.

El objetivo del trazador es plantear un recorrido donde el factor decisivo para los resultados sea la habilidad de navegar del orientador; esto sólo se puede conseguir si el mapa es suficientemente preciso, completo y fiable, debiendo también ser legible en condiciones de competición. Cuanto mejor sea el mapa, mayores posibilidades tendrá el trazador para diseñar trazados lo más justos y bonitos posibles tanto para la categoría de elite como para la de iniciación.

Los controles son la base de un buen trazado. La elección de los emplazamientos, revisión de sus posiciones, localización de los controles durante la competición, todo conlleva unas exigencias al mapa debiendo para ello dar éste una imagen completa, precisa y detallada del terreno. Para un evento internacional, deberá estar actualizado en todas las zonas donde pueda afectar al resultado final de la competición. Si el plano no está actualizado habrá que actualizarlo.

La tarea del mapeador consiste en saber que elementos del terreno deben estar reflejados en el mapa y como representarlos. Ser practicante activo de este deporte es muy importante para el entendimiento básico de los requisitos del mapa de orientación, su contenido su nivel de detalles y sobre todo la legibilidad.

En los últimos años, la tecnificación del deporte así como la aparición de nuevas disciplinas han obligado a adaptar entre otras cosas los

equipamientos que permiten la práctica de cualquiera de sus modalidades que, por otra parte, han sido muy bien recibidas por nuestra sociedad. La orientación, deporte que ya posee una larga historia a sus espaldas, satisface las nuevas inquietudes del hombre al aunar actividad física, ocio, aventura y desarrollo personal; esta singular reunión de valores responde al concepto de modernidad y cultura. (Vidal, Especificaciones Internacionales Para la Elaboración de Mapas de orientación, 2000).

2.2. FRECUENCIA CARDÍACA

"La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Su medida se realiza en unas condiciones determinadas (reposo o actividad) y se expresa en latidos por minutos. La medida del pulso se puede efectuar en distintos puntos, siendo los más habituales, la muñeca, en el cuello (sobre la arteria carótida) o en el pecho". (Silva, 2002).

"La frecuencia cardíaca se puede definir como las veces que late el corazón por unidad de tiempo (pulsaciones por minuto)".

2.2.1. FACTORES QUE AFECTAN LA FRECUENCIA CARDIACA

Hay factores que afectan a la FC como son; la edad, la hora del día, la temperatura, la altura, la contaminación, la genética, el género, la condición física, la composición corporal, los factores psicológicos, medicaciones, fármacos y enfermedad.

2.2.1.1. LA EDAD

A medida que aumenta la edad existe una tendencia hacia la reducción regular de la frecuencia cardíaca para esfuerzos de igual intensidad. La

frecuencia cardíaca máxima también disminuye según va avanzando la edad.

2.2.1.2. LA HORA DEL DÍA

La frecuencia cardíaca varía a lo largo del día por estimulación del sistema nervioso: normalmente resulta más baja por la mañana y a lo largo del día tiende a elevarse. Por esta razón es aconsejable tomarse la FC basal por la mañana.

2.2.1.3. LA TEMPERATURA

El calor y el frío ambiental provocan vasodilatación y vasoconstricción respectivamente, por tanto, la frecuencia cardíaca se ve alterada, en ambientes cálidos se eleva y los fríos la descienden.

2.2.1.4. LA ALTURA

A medida que aumenta la altitud disminuye la presión barométrica, y en consecuencia también disminuye la presión parcial de oxígeno del aire, se genera una situación de hipoxia relativa con descenso de la tensión arterial de oxígeno, lo que origina un aumento en la actividad simpática con una mayor frecuencia cardíaca en reposo y en respuesta al ejercicio**.**

2.2.1.5. LA CONTAMINACIÓN

Algunos componentes de la contaminación como el monóxido de carbono empujan al oxigeno disminuyendo la cantidad de este en cada litro de aire. Por lo que el corazón actúa igual que si faltara oxigeno aumentando las pulsaciones para poder mantener el consumo del oxígeno.

2.2.1.6. 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.

2.2.1.7. EL GÉNERO

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

2.2.1.8. LA CONDICIÓN FÍSICA

Lógicamente, existe una clara relación entre la respuesta de la frecuencia cardíaca al ejercicio físico y la adaptación crónica al entrenamiento, de forma que la respuesta será diferente en función del grado de entrenamiento. Para una misma intensidad de ejercicio, la frecuencia cardíaca de un deportista entrenado es menor que en un desentrenado y, además, la recuperación será más rápida.

2.2.1.9. 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 de forma natural más que los no musculados.

2.2.1.10. 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 minutó, estos estados pueden ser el sueño, la relajación, la satisfacción o la calma.

2.2.1.11. MEDICACIONES, FÁRMACOS Y ENFERMEDAD

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

2.2.2. FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO

Es el número de latidos cardíacos por minuto mientras el cuerpo está en reposo. Esta variará en función de la genética, el estado físico, el estado psicológico, las condiciones ambientales, la postura, la edad y el sexo. En personas normales oscila entre 60 a 80 latidos por minuto. En un deportista entrenado se han hallado valores entre 28 a 40 latidos por minuto. Las estimaciones fiables de la verdadera frecuencia cardiaca en reposo deben hacerse solamente bajo condiciones de total relajación, al despertarnos, sin levantarnos de la cama y después de un sueño reparador durante la noche. (Silva, 2002).

2.2.3. FRECUENCIA CARDÍACA EN 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 oxigeno 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 oxigeno 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.

Existe una serie de factores tanto endógenos como exógenos que pueden modificar la respuesta de la frecuencia cardíaca al ejercicio. Los más importantes son: La edad, grado de entrenamiento, tipo de ejercicio, condiciones ambientales y condiciones patológicas.

2.2.4. FRECUENCIA CARDÍACA MÁXIMA

La frecuencia cardíaca máxima se incrementa directamente cuando aumenta la intensidad del ejercicio hasta llegar al punto de agotamiento. En este momento la frecuencia cardíaca comienza a estabilizarse indicando que se aproxima al valor máximo o FCM. Esta es el valor de la frecuencia cardíaca más alto que se alcanzará en un esfuerzo hasta el punto de agotamiento. (Gonzáles & Sánchez).

2.2.5. RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

El pulso o frecuencia cardíaca de recuperación, es una medida tomada para ayudar a determinar qué tan bien está funcionando el corazón. Se refiere a la capacidad del órgano de volver a un ritmo normal después de que la frecuencia cardíaca ha sido elevada durante el ejercicio.

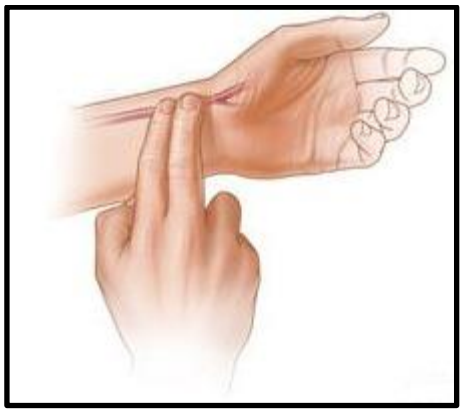

FIGURA N° 1. Pulso radial

Durante el ejercicio, el ritmo de nuestro corazón debe aumentar para satisfacer la demanda de nuestros músculos activos. Cuando la serie de ejercicios finaliza, nuestra frecuencia no vuelve instantáneamente a su nivel de reposo, sino que permanece elevada durante cierto tiempo y luego vuelve lentamente a su ritmo de reposo. El tiempo que necesita el corazón para volver al ritmo de reposo se llama periodo de recuperación de la frecuencia cardiaca.

Factores distintos al nivel de entrenamiento pueden afectar el periodo de recuperación de la frecuencia cardiaca. Por ejemplo, el ejercicio en ambientes calurosos o a grandes alturas puede prolongar la elevación de la frecuencia cardiaca. La curva de recuperación de la frecuencia cardiaca es una excelente herramienta para rastrear el progreso de una persona durante un programa de entrenamiento. Pero debido a la influencia potencial de otros factores, no debe usar para comparar a un individuo con otro.

“La recuperación de la frecuencia cardiaca después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento, por lo tanto el porcentaje de la misma aumentaría cuando se eleve el nivel de condición”. (Chicharro & Fernández, 2001).

Así, “la frecuencia cardíaca se recupera más rápido en sujetos entrenados que en sujetos no entrenados luego de realizar ejercicio a intensidades similares”. (Dennis, Noakes, Bunc, & Sediok, 2004; 2009).

2.3. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL CORAZÓN

El corazón es un órgano que tiene como principal función bombear la sangre los vasos para que llegue a todos los tejidos del organismo. Está situado en una región llamada mediastino*:* entre los pulmones, por encima del diafragma, detrás del esternón y por delante de la columna vertebral. La

forma del corazón se asemeja a un triángulo con su base hacia arriba y su vértice hacia abajo y a la izquierda, pesa aproximadamente entre 250 y 300 gramos y su tamaño es semejante a una mano cerrada.

Está formado por tres capas:

a) Endocardio.- Es una delgada capa que reviste la superficie interna de las cuatro cámaras cardíacas, las válvulas y los músculos.

b) Miocardio.- Es la capa media del corazón formada por músculo cardiaco, responsable del bombeo de la sangre a todo el cuerpo

c) Epicardio.- Es una membrana delgada y brillante que cubre la superficie externa del corazón.

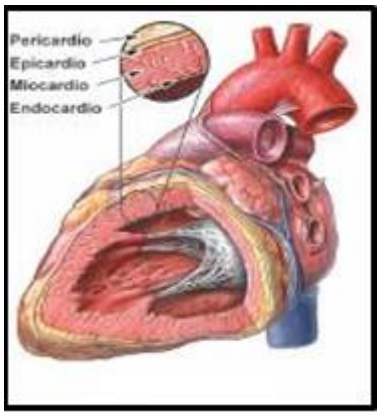

FIGURA N° 2. Capas del corazón

Está protegido por la caja torácica y por un saco llamado pericardio, que es un tejido fuerte formado de dos capas separadas por líquido lubricante que permite los movimientos del órgano.

Tiene cuatro cavidades: aurícula derecha, ventrículo derecho, aurícula izquierda y ventrículo izquierdo. El lado derecho del corazón es el responsable de la circulación de la sangre hacia los pulmones para que se oxigene y el izquierdo para enviar la sangre con oxígeno y nutrientes a todo el organismo.

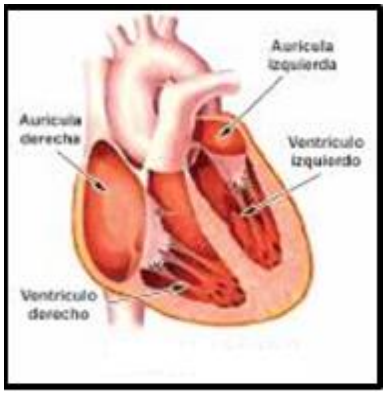

FIGURA N° 3. Cavidades cardíacas

El músculo cardíaco recibe sangre a través de las arterias coronarias, que son ramas de la aorta, el vaso más grande que sale del corazón. Las arterias coronarias principales son la descendente anterior (izquierda) y la descendente posterior (derecha).

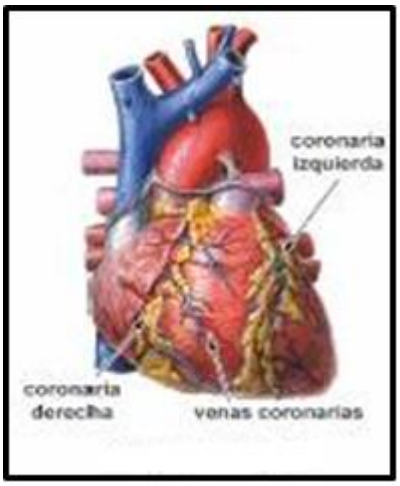

FIGURA N° 4. Arterias coronarias

Las válvulas son estructuras de compuerta entre las aurículas y los ventrículos. La válvula mitral es la compuerta entre aurícula y ventrículo izquierdos, mientras que la válvula tricúspide es la compuerta entre la aurícula y ventrículo derechos. Estas válvulas abren hacia los ventrículos y cierran en sentido opuesto. La aorta y la pulmonar tienen válvulas con la misma función.

FIGURA N° 5. Válvulas del corazón

El corazón es un órgano con un sistema de conducción eléctrica. El impulso eléctrico se origina normalmente en la aurícula derecha en el llamado marcapaso sinusal. Este impulso viaja por medio de las vías intraauriculares hacia otra subestación eléctrica llamada nodo atrioventricular, de donde la señal baja hacia el sistema eléctrico ventricular llamado fibras de His-Purkinje. El sistema de conducción permite que el impulso eléctrico origine el latido cardiaco coordinado, con una frecuencia normal de 70 +/- 5 latidos / minuto. Esta actividad eléctrica puede ser registrada a través del electrocardiograma.

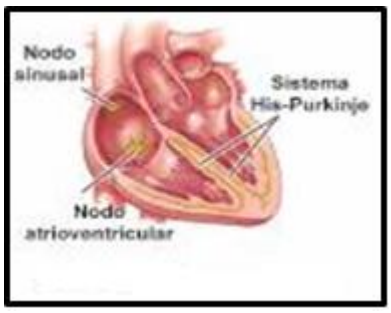

FIGURA N° 6. Sistema eléctrico del corazón

El corazón bombea sangre oxigenada a todo el cuerpo a través del vaso principal que se llama aorta, que se divide en muchas ramas que alimentan los diferentes órganos y sistemas del cuerpo.

El retorno de la sangre, ahora rica en CO2 (bióxido de carbono) y pobre en O2 (oxígeno) proveniente de todo el organismo, regresa al corazón a través de las venas cavas superior e inferior a la aurícula derecha, ventrículo

derecho y pulmón donde se reoxigena, retornando al corazón por las venas pulmonares, a la aurícula izquierda, ventrículo izquierdo, y nuevamente a la aorta reiniciando nuevamente el ciclo.

El sistema venoso en todo el cuerpo, y especialmente en las extremidades inferiores y pelvis, tiene una presión muy baja de retorno de la circulación, por lo que depende importantemente del tono muscular para poder retornar al corazón pero cuenta con un sistema de válvulas de retención de flujo que evitan el reflujo de la sangre.

En general, se puede decir que el árbol venoso se corresponde con el arterial, llevando el lado arterial los nutrientes y el oxígeno y el lado venoso los residuos del metabolismo y el bióxido de carbono.

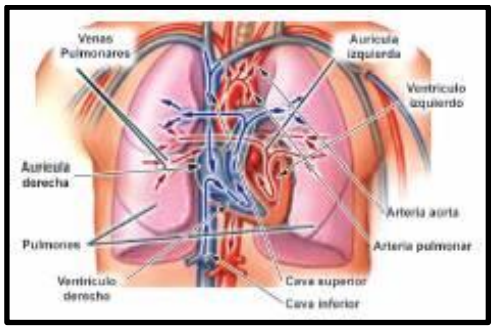

FIGURA N° 7. Irrigación sanguínea del corazón

2.4. ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES AL ENTRENAMIENTO

El entrenamiento cardiovascular crea varias adaptaciones al ejercicio modificando:

- Tamaño del corazón
- Volumen sistólico
- Débito cardíaco
- Flujo sanguíneo
- Tensión arterial
- Volumen sanguíneo

2.4.1. TAMAÑO DEL CORAZÓN

En respuesta a la mayor demanda de esfuerzo, el peso y el volumen del corazón y el grosor de la pared del ventrículo izquierdo, así como el tamaño de la cámara, aumentan como resultado del entrenamiento de resistencia. El musculo cardiaco, al igual que los músculos esqueléticos, experimentan hipertrofia como resultado del entrenamiento crónico de resistencia.

Con el entrenamiento de resistencia, el llenado del ventrículo izquierdo aumentaría, esto se debería en gran parte a una elevación inducida por el ejercicio del volumen plasma, que incrementaría el volumen ventricular y diastólico final izquierdo. Se postulaba que el corazón se adaptaría a esto incrementando las dimensiones internas del ventrículo izquierdo, y con ello el tamaño de la cámara.

“La resistencia cardiorrespiratoria hace referencia a la capacidad de nuestro cuerpo para sostener un ejercicio prolongado y rítmico. Guarda una estrecha relación con nuestro desarrollo aeróbico.” (Wilmore & David).

La mayoría de los científicos del deporte consideran el VO2 máx., el ritmo de consumo de oxigeno más elevado alcanzable durante la realización de ejercicios máximos o agotadores como el mejor indicador de la resistencia cardiorrespiratoria.

Diferencias en las dimensiones del corazón entre culturistas de élite y corredores de fondo altamente entrenados, expresadas como volumen cardiaco absoluto y en relación con el peso corporal.

GRÁFICO N° 1. Dimensiones del corazón. Urhausen y Kindermann (1989)

2.4.2. VOLUMEN SISTÓLICO

Durante la sístole, el volumen de sangre bombeado por cada latido (contracción) es el volumen sistólico (VS) del corazón.

El volumen de la sangre que contiene el ventrículo justo antes de la sístole se denomina volumen diastólico final o VDF y justo después de la contracción ventricular, el volumen de sangre restante en el ventrículo se denomina volumen sistólico final o VSF. Por tanto el volumen sistólico es el volumen de sangre que ha sido bombeado, y es la diferencia entre la cantidad que originariamente había y la restante después de la contracción. Así el volumen sistólico es simplemente la diferencia entre VDF y VSF (Gonzáles & Sánchez).

"VOLUMENES SISTÓLICOS TÍPICOS PARA DIFERENTES ESTADOS DE ENTRENAMIENTO" (Wilmore & David)

TABLA N° 3
Volumen sistólico en entrenamiento

SUJETOS	VS en reposo (ml)	VS máximo (ml)
No entrenados	55 – 75	80 – 110
Entrenados	80 – 90	130 – 150

2.4.3. DÉBITO CARDÍACO EN EJERCICIO

Débito cardíaco es definido como la cantidad de sangre bombeada por minuto por el corazón, o específicamente por el ventrículo izquierdo. En otras palabras es el resultado de la relación entre la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico por minuto. (Chávez).

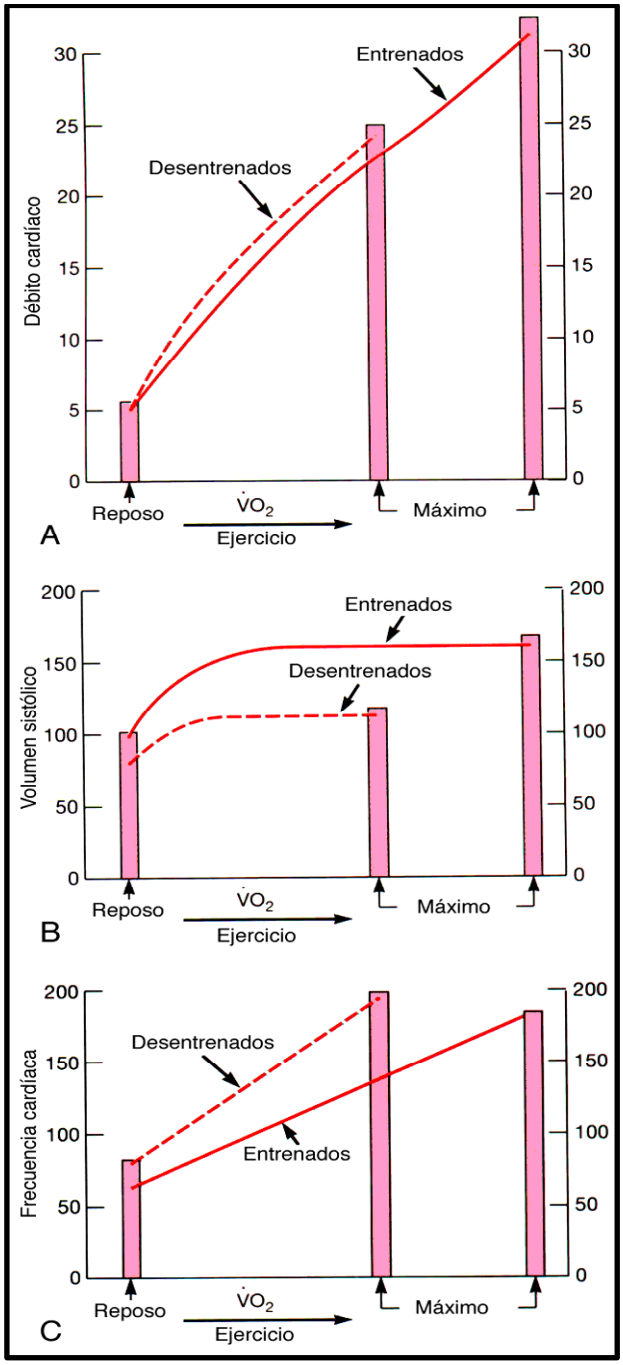

GRÁFICO N° 2. Débito Cardiaco en entrenados y desentrenados

Se lo calcula mediante la fórmula: **GC = VS X FC**
Y se expresa en litros por minuto (l/min).

En una persona adulta, se expulsan unos 70 ml a la circulación mayor en cada latido, que multiplicado por 75 ppm, nos da un gasto cardíaco de 5,250 ml/min o 5,3 l/min. Que es, más o menos, el volumen de sangre que tiene una persona adulta en total.

Como es lógico este aumento está relacionado íntimamente el VO2 y consecuentemente a la carga de trabajo desde el reposo hasta los valores máximos. En reposo existe poca diferencia en el débito cardíaco entre individuos entrenados y desentrenados, con valores medios oscilando entre 5 y 6 litros por minuto. Durante el ejercicio que requiere determinado VO2, los débitos cardíacos de individuos desentrenados algunas veces son ligeramente más altos y otras veces iguales que los individuos entrenados.

Los débitos cardíacos máximos en hombres entrenados puede alcanzar valores superiores a 30 litros por minuto, eso representa un aumento de 5 a 6 veces en relación a los valores de reposo, este hecho no es raro constatar en atletas altamente entrenados, que sobresalen en pruebas de resistencia y poseen capacidades aeróbicas excepcionalmente altas presentando débitos cardíacos máximos que se aproximan a los 40 litros por minuto.

Por las mismas razones hombres desentrenados poseen capacidades de trabajo aeróbica más bajas, exhibiendo débitos cardíacos menores entre 20 y 25 litros por minuto. En general podemos decir, que mientras más alto sea el débito cardíaco, mayor será la potencia aeróbica (VO2 max.) y viceversa.

Las alteraciones del débito cardíaco son semejantes tanto para hombres como para mujeres. Sin embargo, conviene mencionar que en comparación con los hombres las mujeres tienden a poseer un débito cardíaco

ligeramente más alto al realizar un trabajo en el mismo nivel de consumo de oxígeno.

Esta diferencia llega a ser de 1.5 a 1.75 litros por minuto, es decir que débito cardíaco será en promedio 1.5 a 1.75 litros por minuto más alto en las mujeres que en los hombres para determinado consumo de oxígeno. Una menor capacidad de transporte de oxígeno en la sangre de las mujeres se debe a que tienen menores niveles de hemoglobina. El débito cardíaco máximo en las mujeres tanto entrenadas como desentrenadas en general, es más bajo que los del sexo masculino. El débito cardiaco depende de 2 grandes magnitudes:

- El Volumen Sistólico
- La Frecuencia Cardiaca

2.4.4. FLUJO SANGUÍNEO

El flujo sanguíneo aumenta, ya que se incrementa el número de capilares que rodean cada fibra muscular. Además, estos capilares incrementan sus capacidades de vasodilatación consiguiendo una mejor distribución y disminución de la resistencia sanguínea, así como un mayor intercambio de dióxido de carbono-oxígeno, de aporte de nutrientes y de reparación, lo que permite mantener más tiempo contracciones repetidas y una mejor recuperación. Además, se potencian los mecanismos de redistribución de la sangre corporal, desde los órganos y del reservorio venoso hacia los tejidos que más lo soliciten. Esto es especialmente destacable en las fibras musculares, que pueden llegar a una demanda del 80% del flujo sanguíneo durante ejercicios muy intensos.

2.4.5. TENSIÓN ARTERIAL

Es la resistencia que oponen las arterias al paso del flujo sanguíneo a fin de equilibrar la presión que éste ejerce sobre sus paredes. Cada vez que el

corazón se contrae para vaciarse (sístole), la tensión sube (presión máxima); cada vez que se distiende para llenarse (diástole), disminuye (presión mínima). La lectura de la presión sanguínea se realiza por medio de dos números, tal como 180/80 la lectura normal clásica. El primer número o sistólica da la lectura de la fuerza máxima cuando el corazón se contrae y bombea la sangre a las arterias; el siguiente número, el más bajo o la presión diastólica mide la presión entre los latidos cuando el corazón está en descanso. Los valores varían de acuerdo a la posición del individuo. (Silva, 2002).

2.4.6. VOLUMEN SANGUÍNEO

El volumen de sangre en atletas altamente entrenados puede aumentar un 20-25% más que en personas no entrenadas. Los primeros cambios se producen en el plasma (ya en los primeros días), con un aumento del 8-10%. Se cree que es producto de la liberación de la hormona antidiurética y de la aldosterona, que harían que retuviésemos más agua y eso aumentaría el nivel de plasma. Seguidamente, se incrementarían las proteínas plasmáticas, sobre todo la albúmina, importante en los procesos osmóticos de intercambio de líquidos y que tendería a retener más fluidos en sangre. A las dos semanas, se producirá un aumento de glóbulos rojos, de hemoglobina y de mioglobina, que son los encargados de transportar el oxígeno, los dos primeros por el plasma sanguíneo y la mioglobina por el músculo (lleva el oxígeno para “quemar” las fuentes energéticas musculares y producir energía). Esto aumenta la capacidad de aporte de oxígeno a los tejidos, pero de no cambiar nada más, aumentaría el hematocrito y, con él, la viscosidad de la sangre y el esfuerzo del corazón. Al cabo del mes, se distribuirá correctamente ese mayor volumen de sangre, con lo que no aumenta el hematocrito o incluso puede sufrir un ligero descenso. Así, se consigue una disminución de la viscosidad y resistencia de la sangre, lo que comporta un menor esfuerzo para el corazón, mejor distribución del O2 y

nutrientes, y aumento del rendimiento. (Meri, Fundamentos de la Fisiología, Actividad Física y el Deporte, 2005).

2.5. LA FISIOLOGÍA DEL LACTATO Y EL ENTRENAMIENTO

2.5.1. ¿QUÉ ES EL 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.

2.5.2. ¿DE DÓNDE PROVIENE EL LACTATO?

La fuente primaria del lactato es la descomposición de un carbohidrato llamado ***glucógeno***. El glucógeno se descompone y se convierte en una sustancia llamada ***piruvato*** y durante este proceso produce energía. Muchas veces nos referimos a este proceso como energía anaeróbica porque no utiliza oxígeno. Cuando el piruvato se descompone aún más, produce más energía. Esta energía es aeróbica porque este proceso adicional utiliza oxígeno. Si el piruvato no se descompone, generalmente se convierte en lactato.

2.5.3. ¿POR QUÉ SE PRODUCE EL LACTATO?

Cuando se produce el piruvato, la célula muscular tratará de utilizarlo para energía aeróbica. Sin embargo, si la célula no tiene la capacidad para utilizar todo el piruvato producido, químicamente se convertirá en lactato. Algunas células tienen gran capacidad para utilizar el piruvato para energía aeróbica mientras otras tienen poca capacidad. Con el entrenamiento,

muchas células pueden adaptarse para utilizar más piruvato y por lo tanto, producen menos lactato.

2.5.4. ¿CUÁNDO SE PRODUCE EL LACTATO?

El lactato está presente en nuestro sistema mientras descansamos y mientras nos ocupamos con nuestras actividades cotidianas, aunque solo a niveles muy bajos. Mientras usted lee este documento está produciendo lactato. 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 para energía aeróbica. El exceso del piruvato se convierte en lactato. Es por esta razón que el lactato es una señal tan importante para el entrenamiento. Cuando es producido, indica que la energía aeróbica es limitada durante la actividad.

Existe otra razón por la cual se produce más lactato cuando se incrementa la intensidad del ejercicio. Cuando se incrementa el ejercicio, 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 fibras de “contracción rápida”. Éstas no tienen mucha capacidad de convertir el piruvato en energía aeróbica. Por lo tanto, mucho del piruvato se convierte en lactato.

2.5.5. ¿A DÓNDE SE VA EL LACTATO?

El lactato es una sustancia muy dinámica. En primer lugar, cuando se produce el lactato, él trata de salir de los músculos y entrar en otros músculos cercanos, el flujo sanguíneo o el espacio entre las células musculares donde hay una concentración menor de lactato. Puede acabar en otro musculo cercano o en algún otro lugar del cuerpo.

En segundo lugar**,** cuando el lactato es aceptado por otro músculo, probablemente será convertido nuevamente en piruvato y será utilizado para energía aeróbica. El entrenamiento incrementa las enzimas que rápidamente convierten el piruvato en lactato y el lactato en piruvato. El lactato también puede ser utilizado por el corazón como combustible o puede ir también al hígado y ser convertido nuevamente en glucosa o glucógeno. Puede viajar rápidamente de una parte del cuerpo a otra. Incluso existe evidencia de que algunas cantidades de lactato se vuelven a convertir en glucógeno dentro de los músculos.

Ordinariamente, un musculo que puede utilizar el piruvato para la energía lo obtendrá del glucógeno almacenado en el músculo. Sin embargo, si hay un exceso de lactato disponible en el flujo sanguíneo o en los músculos cercanos, mucho de este lactato será transportado al músculo donde será convertido en piruvato. La fibra muscular que puede utilizar el piruvato puede estar al lado de la fibra muscular que no lo puede utilizar. El lactato también circula en el flujo sanguíneo y puede ser colectado por otros músculos en otras partes del cuerpo. Algunos de los músculos que eventualmente utilizarán el lactato pueden estar relativamente inactivos, por ejemplo, los brazos de un corredor.

2.5.6. ¿EL LACTATO ES DAÑINO?

Sí y no, pero mayormente no. Cuando se produce lactato en los músculos, se producen iones de hidrógeno excesivos junto con el lactato. Si existe una acumulación sustancial, los músculos se vuelven muy ácidos. Estos iones de hidrógeno causan problemas con la contracción de los músculos durante el ejercicio. Los atletas describen una sensación de "quemar" o "apretar" en los músculos cuando se desintegra el desempeño. La mayoría de los iones originan con el lactato. Cuando el lactato es producido, el ion de hidrógeno es producido; cuando el lactato sale de la célula, los iones de hidrógeno salen de la célula con el lactato. Por lo tanto,

el lactato no es la causa de la fatiga muscular. Pero es directamente relacionado con la acidez que se cree ser la verdadera causa de ella.

Aunque a los atletas no les gusta esta sensación de quemar, realmente es un mecanismo de defensa contra daño al músculo. Demasiada acidez puede descomponer la fibra muscular. Se teoriza que una de las causas del entrenamiento excesivo (over-training) es demasiado entrenamiento en niveles que producen altos niveles de ácido.

2.5.7. ¿CÓMO SE MIDE EL 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 el 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 mantienen entre 1,0 mmol/l y 2,0 mmol/l. 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.

FOTOGRAFÍA N° 1. Toma de muestras de sangre al finalizar el entrenamiento de poligonales

2.5.8. ¿EL LACTATO ES ALGO SOBRE EL CUAL EL DEPORTISTA DEBE PREOCUPARSE?

Definitivamente y por dos razones importantes:

Primero, si los atletas pueden producir menos lactato o despejar el lactato más rápidamente de sus músculos, el proceso reducirá los iones de hidrógeno problemáticos que inhiben su desempeño. La investigación en los últimos años ha demostrado que aunque es importante una producción menor, la clave para el éxito atlético es poder despejar el lactato del músculo donde es producido. Si el atleta entrena bien, su cuerpo moverá o transportará el lactato a otro lugar rápidamente y resolverá el problema de tener niveles muy altos de lactato en los músculos. Esto significa que cuando un atleta compite en un alto nivel podrá mantener niveles altos de esfuerzo durante más tiempo si su cuerpo despeja el lactato rápidamente.

Segundo, para los eventos que duran menos de 10 minutos (por ejemplo, la natación, el remo, el ciclismo en pista, el patinaje, y muchos eventos de correr), la habilidad de producir grandes cantidades de energía hacia el final del evento es crítica para el éxito. El lactato sanguíneo es una indicación de cuánta energía ha sido generada. Por lo tanto, una de las mejores maneras para probar si el atleta ha generado niveles altos de energía hacia el final de un evento, es medir los niveles de lactato en la sangre después de un esfuerzo máximo. Mientras más alto, mejor.

2.5.9. ¿QUÉ SIGNIFICA EL TÉRMINO “DESPEJAR” CON RELACIÓN AL LACTATO?

El término **"**despejar" se utiliza para describir el efecto de dos procesos separados pero relacionados.

Primero, utilizamos el término "despejar" para referirnos al proceso mediante cual el lactato es removido o despejado de los músculos. Se puede

evidenciar esto por medio de la elevación de los niveles de lactato en la sangre cuando el lactato sale de los músculos. Es lo que se espera cuando el lactato se mueve de un lugar de alta concentración a otro de baja concentración. A veces se refiere a esto como la "aparición" de lactato.

Segundo, utilizamos el término "despejar" para referirnos al proceso mediante cual el lactato es removido del flujo sanguíneo. Algunas veces se refiere a esto como la "desaparición" de lactato. Cuando se mide el lactato en la sangre de un atleta, el entrenador está observando el efecto neto de los procesos de aparición y de desaparición. Durante una sesión de entrenamiento en estado fijo, cada uno de los procesos contrarresta al otro. El proceso de remover o despejar el lactato de la sangre ayuda con el despejo de lactato de los músculos que lo producen, que también es donde habrá el problema. Esto es uno de los conceptos más importantes para el entrenamiento.

2.5.10. ¿QUÉ SIGNIFICA “ESTADO FIJO”?

Si un atleta nada, corre, monta la bicicleta, rema, etc. en una velocidad constante o un esfuerzo constante durante un largo período de tiempo (más de 10 minutos), él o ella está ejecutando una sesión de ejercicio en estado fijo. Los niveles de lactato fluctuarán al principio, pero eventualmente el nivel de lactato se asentará en un nivel constante. Algunos entrenadores han definido las sesiones de entrenamiento en estado fijo como aquellas en cuales la taza de latidos del corazón es constante durante el entrenamiento. Sin embargo, esto puede ser engañoso porque los dos tipos de sesiones de entrenamiento no producen el mismo efecto de entrenamiento.

La velocidad o el esfuerzo máximo en estado fijo producen un nivel de lactato fijo que se llama el umbral de lactato.

2.5.11. ¿QUÉ SIGNIFICA LOS NIVELES DE LACTATO SANGUÍNEO PARA UN ATLETA?

La medición de lactato tiene dos usos muy importantes:

Primero, el lactato es una de las mejores señales para el éxito en el entrenamiento. Existen tres mediciones de lactato que se deben observar:

2.5.11.1. EL SISTEMA AEROBIO

Una de las mejores mediciones del sistema aerobio es el nivel de velocidad o esfuerzo en el umbral de lactato. Otro método sería utilizar un punto de referencia fijo de lactato, como 4.0 mmol/l. Muchos programas miden el esfuerzo o la velocidad que se necesita para producir 4.0 mmol/l y mantienen un registro de esto a lo largo del tiempo. Mientras mayor sea la velocidad o el esfuerzo para producir esta cantidad de lactato, más eficiente es el sistema aerobio.

2.5.11.2. EL SISTEMA ANAEROBIO

Se ha aceptado el nivel máximo de lactato como una medición de cuánta energía produce el sistema anaerobio. Cuando un atleta está trabajando en su máximo esfuerzo, él o ella generarán mucho lactato. El sistema anaerobio es más poderoso si está produciendo más lactato en un nivel máximo de esfuerzo. Por lo tanto, el lactato sanguíneo durante un máximo esfuerzo es una buena medida de la cantidad de energía que el sistema anaerobio ha sido entrenado a producir. Por ejemplo, si un atleta ha incrementado el lactato producido después de un esfuerzo máximo de 10,0 mmol/l a 13,0 mmol/l, entonces este atleta completará su carrera con un tiempo más rápido.

2.5.11.3. LA RELACIÓN ENTRE EL SISTEMA ANAEROBIO Y EL SISTEMA AEROBIO

Ésta medida es muy importante pero es menos conocida como una señal de adaptación atlética. La única manera en la cual se puede medir esta propiedad es mediante una prueba de ejercicio graduado. Es la taza en la cual el lactato se acumula en la sangre mientras la intensidad del ejercicio se incrementa. Dependiendo del evento, esta medida puede ser tan importante como las primeras dos descritas arriba. Dos atletas, mientras incrementan la intensidad, pueden generar incrementos en niveles de lactato sanguíneo a tazas muy diferentes. Para cualquier evento atlético que requiere de un componente anaeróbico sustancial, mientras más lentamente se acumula el lactato en el cuerpo, mejor será el desempeño atlético. Dos atletas que encuentran que sus primeras dos mediciones son iguales, pero que difieren en cuanto a la taza en la cual el lactato se acumula en la sangre, obtendrán diferentes resultados en cuanto a su desempeño. El atleta que acumula el lactato en una taza más lenta generalmente se desempeñará con mayor velocidad.

Segundo, el lactato es la mejor medición disponible para medir la intensidad de una sesión de entrenamiento. El lactato sanguíneo es una indicación de que el sistema aerobio no puede soportar la carga de ejercicio. Por lo tanto, el nivel de lactato indica cuánta presión la sesión está imponiendo sobre el sistema aerobio. El entrenador debe asegurar que la sesión de entrenamiento produce el nivel apropiado de estrés en el sistema, ni demasiado, ni muy poco.

Semejantemente, si el entrenador quiere presionar el sistema anaerobio, producir sesiones de tolerancia al lactato, etc., la cantidad de lactato producido es una indicación del éxito de una sesión de entrenamiento. (http://www.lactate.com/eslact1a.html., 2001).

2.6. 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 ayudarán 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 (tratados seguidamente) reúnen una serie de características que ayudan a identificarlos para su utilidad en la orientación de las cargas.

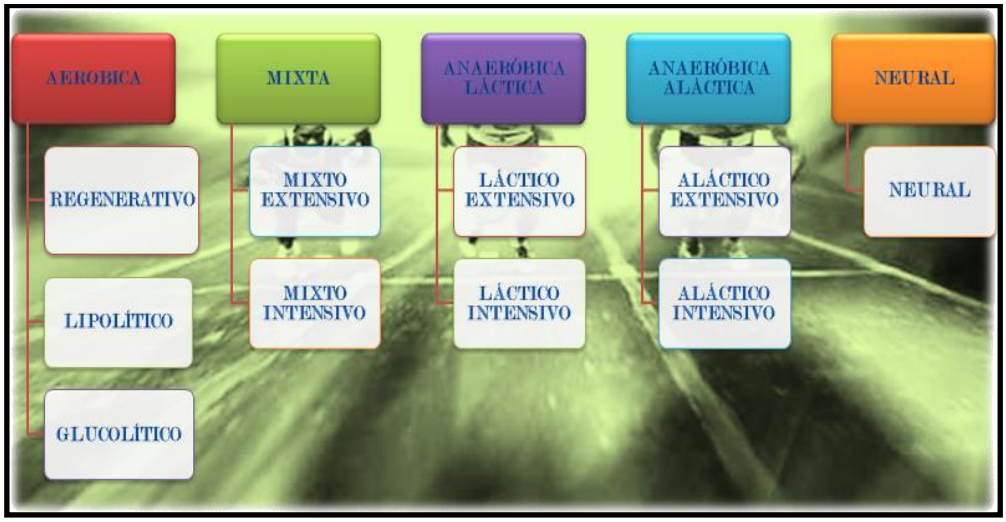

GRÁFICO N° 3. Zonas de potencia y niveles de entrenamiento

2.6.1. ZONA AEROBIA

Se caracteriza fundamentalmente porque en ella predomina el metabolismo aerobio. 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 que 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: aerobio regenerativo, aerobio lipolítico y aerobio glucolítico.

2.6.1.1. NIVEL 1: AEROBIO 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 aerobio.

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 200 p/min los trabajos que inciden en este nivel se encuentran con pulsos inferiores a las 130- 135 p/min.
- **Consumo de oxigeno.-** El que provocan las cargas en este nivel son muy bajas siempre inferior al 50 % del VO2 máx, 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 2 mmol/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 aerobio 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 máx relativo viene expresado con el peso corporal, de modo que un deportista se encuentra con sobrepeso, dispondrá de menor VO2 máx, 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.

2.6.1.2. NIVEL 2: AEROBIO LIPOLÍTICO

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 UMA 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 200 p/min, el nivel está comprendido entre las 130-135 correspondientes al límite inferior y aproximadamente 150 del límite superior, de forma aproximada.

- **Consumo de oxigeno.**- Oscila entre 50 y 55 ml/kg/min para un individuo con alto índice de VO2 máx. 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 UMA) 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 aerobio 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 aerobio, 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.

2.6.1.3. NIVEL 3: AEROBIO 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. Por ello en este nivel comienza a prevalecer el metabolismo aerobio 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 UMAN.

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 aerobio 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, oscila de forma aproximada entre las 150 del límite inferior y las 170 que coincidirían con el UMAN (límite superior).
- **Consumo de oxígeno.-** Se va haciendo más importante. Se utilizan valores en los 50-55 ml/kg/min, correspondientes al límite superior del nivel 2 y los 60-65 ml/kg/min. Si se refiere al porcentaje, estos valores oscilan entre el 65 y el 80% de VO2 máx.
- **Nivel de concentración de lactato sanguíneo.-** El indicador correspondiente a la lactacidemia oscila entre los valores inferiores del nivel aerobio lipolítico 2,5-3 y los 3-4 del UMAN. Ya se ha visto que lo que debe prevalecer es el UMAN individual (UMANL), 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 minutos.

Objetivos metabólicos de entrenamiento.- Son básicamente todos aquellos que permiten mejorar la resistencia aerobia 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 aerobia 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 UMAN. 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 aerobio 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 aerobia 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 anaerobio 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 aerobio del glucógeno.
  - Especialización más aeróbica de las fibras Ft 1.

2.6.2. ZONA MIXTA O AEROBIA –ANAEROBIA

Para potencias que superan el umbral anaerobio (UMAN), el metabolismo aerobio 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 aerobia como la anaerobia glucolítica 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 VO2 máx o la PAM.

Tanto el UMAN 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. Para definir mejor la orientación de las cargas, se ha dividido en dos niveles de potencia: nivel mixto extensivo y nivel mixto intensivo.

2.6.2.1. NIVEL 4: MIXTO EXTENSIVO

Pese a que intervienen ambas vías metabólicas, todavía prevalece la aerobia sobre la anaerobia. No obstante, al haberse superado la potencia correspondiente al UMAN, 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 aerobia sobre la anaerobia 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 UMAN. 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 VO2 máx o a la PAM.

- **Frecuencia cardíaca.-** Va llegando a niveles muy altos, ya que igualmente las necesidades del metabolismo aerobio 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 UMAN 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 UMAN y el 90% del VO2 máx 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 UMAN 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 minutos. Esta duración dependerá de la potencia de cada momento y de las características individuales del deportista.

Objetivos metabólicos de entrenamiento:

- Mejorar el UMAN 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 aerobias 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 aerobios como anaerobios.

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 una

acumulación 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 anaerobio 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 aerobios 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.- Están en aquellas que permiten mantener esfuerzos aerobios a potencias altas, así como las correspondientes a la producción de energía a través del metabolismo anaerobio 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 anaerobio láctico.
- Capacidad para mantener en el tiempo concentraciones de lactato moderadas (tolerancia láctica).
- Disminución de la viscosidad muscular.
- Aumento de la actividad enzimática tanto aerobia como anaerobia láctica.
- Depleción y rellenado 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 aerobios y anaerobios lácticos.
  - Especialización de las fibras Ft 1 en procesos aerobios.

2.6.2.2. NIVEL 5: MIXTO INTENSIVO

En la zona aerobia, anaerobia o mixta las potencias más altas se sitúan en un nivel próximo a las máximas prestaciones aerobias, es decir, a la PAM y al VO2 máx.

Límite superior de potencia.- Se encuentra bastante bien definido ya que se hace coincidir con la PAM y con el VO2 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 FCM, que se ha establecido en 200 p/min.
- **Consumo de oxígeno.-** Alcanza su máxima expresión pasando desde los 70 ml/kg/min hasta el máximo que se ha establecido, de 80 ml/kg/min, que a su vez coincide con la banda porcentual comprendida entre el 90 y el 100% del VO2 máx.

Nivel de concentración de lactato sanguíneo.- Pasa desde los 6 mmol/l que se estableció como tope en el nivel mixto extensivo, hasta el que coincide con el VO2 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 minutos (si la exigencia del ejercicio se encuentra próxima al 90% del VO2 máx y alrededor de los 8 minutos si el esfuerzo está próximo o coincide con el 100% del VO2 máx (límite superior).

Objetivos metabólicos de entrenamiento:

- Mejorar las prestaciones del VO2 máx aumentándolo de forma que mejore la posibilidad de consumir más oxígeno en unidad de tiempo.
- Mejorar la posibilidad de mantener más tiempo potencias aerobias 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 aerobia 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 VO2 máx, la velocidad aerobia 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 aerobio como el anaerobio 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 anaerobio 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 aerobio del glucógeno en las mitocondrias y del metabolismo anaerobio láctico en el sarcoplasma.
  - Aumento de actividad de las fibras Ft l en procesos aerobios.

2.6.3. ZONA ANAEROBIA LÁCTICA

A partir de la potencia en la que se ve reclamado el VO2 máx O la PAM, el metabolismo aerobio 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 anaerobio.

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 “anaerobia 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.

2.6.3.1. 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 VO2 máx.

Límite superior de potencia.- Se ha establecido de forma teórica tratando de repartir en dos niveles la zona anaerobia 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 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 VO2máx. Este límite se sitúa alrededor de los 14 mmol/l de concentración de lactato sanguíneo y alrededor del 115-120% del VO2 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 VO2 máx, la PAM, la FCM 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 VO2 máx se satura en el límite superior del nivel 5, las escalas de medición se limitan al porcentaje de la potencia equivalente al V02 máx. Así pues, se puede referir a los porcentajes de la potencia que exige este VO2 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. 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 minutos a potencias más bajas hasta los 3 minutos 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 anaerobio 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 anaerobio 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. 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 anaerobio 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 anaerobia.
  - Posibilidad de aumentar el VO2 máx trabajando a potencias ligeramente superiores a éste (puesta en crisis).
- **Adaptaciones anatómico-funcionales:**
  - Aumento de la actividad anaerobia glucolítica de, las fibras St.
  - Incremento de la potencia anaerobia en las fibras Ft 1 y Ft II.

2.6.3.2. 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 anaerobia 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 VO2 máx 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/min. En cambio, haciendo referencia a la potencia que reclama el VO2 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 minuto, pudiendo aumentar hasta llegar alrededor de los 3 minutos.

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 anaerobia 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 reclamadas 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.

2.6.4. ZONA ANAEROBIA 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 segundos) se producen cantidades importantes de lactato (Zouhal & Billat, 2001; 2002). En esta zona, en la que inciden las potencias máximas y submáximas totales, es utilizada la vía anaerobia aláctica en sus máximas potencias, pero es simultánea 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.

2.6.4.1. 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:

- **Frecuencia cardíaca.-** 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 segundos 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 15-50 segundos.

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 anaerobia 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 anaerobio láctico.
  - Vaciamiento y rellenado por supercompensación de depósitos de fosfocreatina.

2.6.4.2. 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 metros saliendo de posición estática; en las tres primeras realiza un tiempo de 5,95 segundos y en la cuarta de 6,05 segundos. 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 segundos, lo que depende de las características del deportista, pero en el PBE que se propone se establece un tope aproximado para esfuerzos de 5 segundos a menos de 15 segundos. No obstante, queda claro que las intensidades máximas estarían alrededor de los 5 segundos 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 rellenado de depósitos de ATP libre.
- Incrementar la capacidad de rellenado 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 anaerobio aláctico intensivo tiene un papel importare 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 anaerobia 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 rellenado 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 II tanto en velocidad de contracción y relajación como en generación de fuerza rápida.

2.6.5. NEUTRAL

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:

- **Frecuencia cardíaca.-** 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.- 1-3 segundos.

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).

2.7. LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

El deporte de orientación cubre algunas modalidades (sprint, media, larga distancia y relevo) y la producción de energía es distinta en algunas de ellas, también es distinta dependiendo del terreno, desnivel, etc.

Nuestro organismo funciona gracias al aporte que le hacemos mediante los alimentos que es el combustible para poner en marcha todos los sistemas. Si hay un gasto energético mayor, necesitaremos mayor aporte alimenticio y viceversa. Si es mayor el aporte que el gasto, habrá acumulación de sustratos energéticos y, si es al contrario, habrá una disminución de las reservas.

En cuanto a lo que se aporta al organismo mediante la alimentación, tenemos dicho de forma general, varios tipos de sustancias:

- **Sustancias energéticas.-** Son transformables en energía y son los glúcidos, lípidos y proteínas.
- **Sustancias no energéticas.-** Son fundamentales para el correcto funcionamiento del metabolismo: agua, electrólitos, minerales y vitaminas.

Las sustancias energéticas sintetizan unas moléculas llamadas ATP (adenosín trifosfato) y permiten el movimiento muscular al producirse la siguiente reacción:

ATP = ADP + P + energía

Las reservas de este ATP en el músculo son muy escasas, como para producir contracciones no más allá de 10 segundos. Por ello, los glúcidos, lípidos y proteínas van a ser los proveedores principales de ATP. También hay otro elemento energético llamado fosfocreatina (PC) que contribuirá a resintetizar más ATP, pero se almacena igualmente muy poco y sirve para producir esa energía inmediata de pocos segundos.

Al movilizarse los tres principios citados se dan dos grupos de reacciones o vías energéticas:

- **Vías aerobias.-** Necesitan oxígeno para poder producir energía. Para que el oxígeno llegue a las células (mediante el sistema de captación pulmonar y el de distribución cardiovascular) debe crearse un equilibrio entre el aporte y el gasto de ese oxígeno. Los sustratos energéticos que se pueden utilizar son los tres. Por todo ello, los esfuerzos aerobios se caracterizan por no ser muy intensos y poderse prolongar bastante en el tiempo.

- **Vías anaerobias.-** No necesitan oxígeno para producir energía. Los glúcidos son los únicos sustratos energéticos que se pueden metabolizar sin oxígeno, por lo que serán el combustible para este tipo de vías. Pero al metabolizarse éstos, se crea *ácido láctico*, cuya acumulación va a ser limitante en cuanto a la intensidad del ejercicio. Los esfuerzos anaerobios se van a caracterizar por ser intensos y relativamente cortos. El ácido láctico empieza a producirse a partir de esos 15 segundos iniciales en los que la energía proviene de las reservas de ATP y PC. Esto va a crear dos subdivisiones más dentro de las vías anaerobias:

- **Vía anaerobia aláctica.-** Esfuerzos intensos hasta esos 15 segundos por parte del ATP y la PC.

- **Vía anaerobia láctica.-** Esfuerzos intensos en los que hay mucha producción y acumulación de ácido láctico que va a limitar la duración y/o la intensidad del ejercicio hasta minuto y medio o dos minutos.

En el deporte de orientación las vías que se utilizan principalmente dependiendo de las modalidades actuales son:

- **Sprint.-** Con una duración aproximada de unos 13 a 15 minutos. El 90% de la energía vendrá de vías aerobias y el 10% de vías anaerobias, aproximadamente. Son carreras rápidas en las que el proceso aerobio se obtendrá principalmente de glúcidos por sus características de combustión rápida. A pesar de ser poco anaeróbicas, un porcentaje de ese tipo produce acumulación de ácido láctico y, por lo tanto, podrá limitar la intensidad del ejercicio.

- **Media.-** De 35 a 40 minutos. El 95% de la energía vendrá de las vías aerobias y el 5% de las anaerobias. Siguen siendo los glúcidos el principal sustrato energético, aunque en mucha menor proporción también se producen quema de lípidos para producir energía.

- **Larga.-** De 90 a 100 minutos o más en ocasiones. Energía proveniente casi en su totalidad de vías aerobias. Pueden agotarse las reservas de glucógeno y el organismo combustiona más lípidos. En el orientador entrenado el organismo tiende a “ahorrar” glúcidos y obtiene energía de los lípidos en mayor proporción que en el orientador no entrenado. De esa manera, para cuestas o tramos de carrera rápida el organismo va a disponer de esos glúcidos como energía más eficiente. Incluso pasada una hora de ejercicio, la bajada de glúcidos y la elevada intensidad del ejercicio va a provocar que el organismo se abastezca de disociación de proteínas (gluconeogénesis) en vez de la oxidación de los lípidos, por ser este proceso de combustión más eficiente.

De acuerdo a lo expuesto se plantean las siguientes observaciones:

- La orientación se basa en esfuerzos predominantemente aerobios en todas sus modalidades, por ello, la tendencia de los entrenamientos irá en este sentido.
- A mayor nivel de entrenamiento del orientador, mayor economía de los sustratos energéticos en forma de glucógeno, por lo que degradará más lípidos en largas distancias. De esto se deduce la importancia de entrenar largas distancias para desarrollar esta cualidad. (Minguez, 2008).

2.8. RELACIÓN LACTATO Y FRECUENCIA CARDÍACA

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.

2.9. 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.

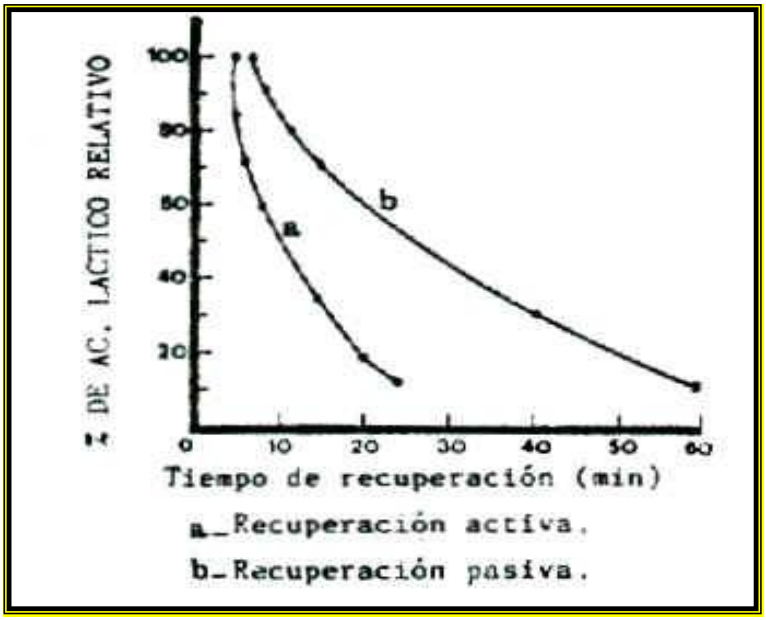

GRÁFICO N° 4. Teoría del Entrenamiento Deportivo

2.10. 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.

2.10.1. ADAPTACIONES GENERALES QUE SE PRODUCEN CON EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA

Vamos a hablar sobre las adaptaciones generales que se producen en los diversos sistemas del organismo con el entrenamiento de orientación y, en general, de resistencia.

2.10.1.1. MEJORA CARDIOVASCULAR

El transporte de oxígeno y nutrientes se realiza mediante el sistema cardiocirculatorio. El ejercicio de resistencia va a producir adaptaciones en corazón y sistema circulatorio. El corazón aumenta el volumen de sus cavidades y engrosa sus paredes, con el fin de bombear más sangre y de forma más potente. Los vasos sanguíneos aumentan su diámetro y se crean nuevos capilares en los músculos más demandados.

2.10.1.2. MEJORA DE LA CAPACIDAD RESPIRATORIA

Se produce un aumento de los volúmenes respiratorios debido a la movilización de grandes cantidades de aire y de intercambio gaseoso. No obstante, no se considera limitante el aparato respiratorio en el ejercicio de resistencia.

2.10.1.3. MEJORA DE CAPACIDAD MUSCULAR O PERIFÉRICA

Existe una mayor vascularización periférica, con lo que hay un mayor intercambio y transporte de gases y nutrientes. Además, las fibras

musculares se adaptan aumentando la capacidad de producir energía mediante un trabajo más eficiente de enzimas y mitocondrias.

2.10.1.4. MEJORA DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y MOVILIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS ENERGÉTICOS

Aumenta la capacidad muscular de almacenar glucógeno, que es fundamental para los deportes de resistencia. Pero, además, el corredor de orientación entrenado va a tener mayor capacidad para movilizar otros sustratos energéticos como son las grasas y las proteínas, dependiendo de las distancias a recorrer y del tiempo del ejercicio. (Minguez, 2008).

2.10.2. 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)" (Garcia Manzo, Navarro, & Ruiz).

2.10.3. ENTRENAMIENTO EN 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 aerobia 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 m.

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*."

2.10.4. CAUSAS DE LA FATIGA EN EL DEPORTE DE ORIENTACIÓN

Conocer los mecanismos de la fatiga es un aspecto muy importante para comprender los procesos de adaptación en los deportes de resistencia. La fatiga es un estado de aviso, de alarma del organismo ante estímulos exteriores.

La fatiga "es la necesidad insuperable de reducir el ritmo". (Shephard & Astrand, 1996). Esta sencilla definición es bastante significativa y se señalan cinco causas principales de fatiga fisiológica en la actividad física:

- Agotamiento de la PC en los músculos
- Acumulación de ácido láctico en los músculos
- Agotamiento del glucógeno en los músculos
- Agotamiento de la glucosa en la sangre
- Aumento de la relación en las concentraciones de triptófano (aminoácido esencial) y las de aminoácidos de cadena ramificada en la sangre.

Con estas cinco causas se engloban todos los sustratos energéticos y, por lo tanto, todas las actividades físicas.

Los errores que se cometen en orientación, en muchas ocasiones, se ubican al final de la carrera, ya que las capacidades perceptivas y cognitivas se ven mermadas por varias causas:

- La acumulación de ácido láctico reduce la capacidad de cognición. Esto va a influir sobre todo en tareas cognitivas más complejas. Las más

automatizadas por el orientador no se ven afectadas. (Match & Pablos, 1985; 2005).

- La pérdida progresiva de hidratación reduce el flujo no sólo a los músculos, sino también al cerebro, lo que da lugar a un deterioro de su funcionamiento. Esto será más acusado en días calurosos. (Shephard & Astrand, 1996).
- La acumulación de trabajo cognitivo a lo largo de la carrera produce fatiga.

El conocimiento del tiempo necesario para llevar a cabo el descanso óptimo, pasa por saber cómo se regeneran los distintos sistemas implicados en el proceso de entrenamiento. Unos estímulos aplicados incorrectamente pueden llevar a la fatiga o al sobreentrenamiento.

TABLA N° 4
Tiempos de regeneración fisiológica

TIEMPOS DE REGENERACIÓN FISIOLÓGICA	
cargas extensivas inferiores a 2-3 mm/l	De menos de 60´: 24 horas o menos. De más de 80´: entre 24 y 48 horas, por el vaciamiento de depósito de glucógeno y pérdida de líquidos.
Entrenamiento intenso Rondando el UMAN (4mM/l)	48 horas para asegurar el equilibrio hormonal de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina). Aseguraremos también la reposición de los depósitos de glucógeno (aunque con una alimentación adecuada podría hacerse en 24 horas).
Entrenamiento intenso anaerobio- láctico (normalmente trabajo interválico intenso y de repeticiones). Por encima de 4mM/l	48 - 72 horas, dependiendo de la duración y número de repeticiones y/o series. Es el tiempo mínimo para asegurar el equilibrio hormonal, el mitocondrial y el electrolítico.

Continúa >

Competición (normalmente de dos días o más)	De 3 a 5 días, dependiendo de si la competición ha sido especialmente intensa (tipo de terreno, distancia y duración). Se busca la regeneración de todos los sistemas nombrados anteriormente más el sistema nervioso y el estructural (proteínas de estructura muscular).

La fatiga fisiológica es propia de la actividad física dentro de un estado de equilibrio del organismo y para analizarla en orientación hemos de conocer qué causas pueden provocarla. Las más importantes son:

- Elevadas cargas de entrenamiento
- Elevada cantidad de competiciones

En cuanto al primer aspecto sería algo común a los demás deportes de resistencia. El segundo es algo específico a analizar en cada deporte. En nuestro caso nos encontramos con situaciones en las que las competiciones van muy juntas en el tiempo, como la situación de dos, tres o cinco días seguidos de competición. Todo ello hará que los procesos de recuperación sean fundamentales para que la fatiga sea lo más pequeña posible y el rendimiento sea el adecuado.

De igual manera existe la fatiga patológica cuando el organismo ha llegado a enfermar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA

GRÁFICO N° 5. Fotografía de Latacunga

Latacunga se encuentra en el centro de Ecuador, 89 km. al sur de Quito. Es una ciudad de Ecuador, capital de la provincia de Cotopaxi y cabecera cantonal del cantón homónimo. Se encuentra en la Sierra centro del país, en las estribaciones de la cordillera de los Andes en Ecuador, cerca del volcán Cotopaxi en la hoya de Patate.

El clima varía de muy húmedo temperado a seco en diferentes épocas del año, cuenta con un clima que va desde el gélido de las cumbres andinas hasta el cálido húmedo en el subtrópico occidental. La capital Latacunga está ubicada en las coordenadas 1°1'20" de latitud sur y 78°37'5" de longitud occidental, se encuentra en el huso horario ECT (UTC-5) y está a 2.750 metros sobre el nivel del mar, lo cual le determina un clima templado, a veces ventoso y frío. En General la provincia posee una temperatura media anual de 11 °C.

Junto al Parque Nacional Cotopaxi se encuentra el Área Nacional de Recreación El Boliche. Una de las condiciones más interesantes de esta área es el estar cubierto en un 50% por bosques de pino y su rango altitudinal es de 3.000 a 3.600 msnm (9.943 pies a 11.811 pies).

3.1. METEOROLOGÍA DE LATACUNGA

Condiciones climáticas actuales (Miércoles, 7 noviembre 2012 a las 18:00 hora de América/Guayaquil)

Temperatura: 15°C
Tiempo atmosférico: borrascasen las cercanías
Cielos: nublados
Humedad: 76%
Viento: desde el E a 19 km/h
Presión: 1026
Punto de rocío: 11°C

3.2. RECURSOS HUMANOS

En este trabajo de investigación intervinieron los maestrantes, director de tesis, ayuda del entrenador a cargo del equipo de orientación.

3.3. RECURSOS MATERIALES Y EQUIPO

- Laptop
- Máquina Accutrend plus
- Tiras reactivas BM lactate
- Lancetas
- Algodón
- Alcohol antiséptico
- Reloj polar RS800CX
- Cámara de fotos y video

- Impresora
- Material de escritorio
- CD-DVD
- Papelería
- Internet (Webgrafía)
- Libros (Bibliografía)
- Copias
- Proyector
- Transporte
- Fichas para observación y registro.

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio de investigación es de tipo CORRELACIONAL, que tiene como objetivo medir el grado de asociación entre dos o más variables mediante herramientas estadísticas de correlación. En este caso lo que se desea conocer es el grado de relación que existe entre la frecuencia cardíaca y lactato con el rendimiento físico de los deportistas sometidos al estudio.

Además en este estudio se realizará aplicación de campo ya que permitirá analizar parámetros fisiológicos, como la acumulación de lactato y frecuencia cardíaca en altura del equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano durante su período de entrenamiento a fin de alcanzar un nivel óptimo de rendimiento, con el propósito de tener datos científicos de la incidencia de estos factores fisiológicos en el entrenamiento de los atletas durante la competición y de esta manera determinar indicadores referenciales que permitan a los entrenadores y preparadores físicos planificar adecuadamente el entrenamiento.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. POBLACIÓN

La población que será sujeto de estudio está comprendida por todos los soldados deportistas de orientación seleccionados de las Brigadas del Ejército Ecuatoriano que se encuentran en edades comprendidas de 23 y 30 años, son de sexo masculino y femenino.

3.5.2. MUESTRA

El tipo de muestra para la investigación se aplicará al equipo élite de orientación del Ejército Ecuatoriano que se encuentra entrenando con miras al Inter-Fuerzas 2012, la misma que está conformada por 13 deportistas, a quienes se les tomará las muestras de lactato y frecuencia cardíaca durante los entrenamientos y competencia en los sectores asignados.

FOTOGRAFÍA N° 2. Equipo de orientación del Ejército ecuatoriano 2012

TABLA N° 5

Nómina del Equipo de Orientación del Ejército 2012

NÓMINA DEL EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO 2012			
ORD	**GRADO**	**NOMBRE**	**FUNCIÓN**
1	DRA.	CARMITA QUIZHPE	DIRECTORA
2	MAYO.	PICO MEDINA DAVID ELISEO	TESISTA
3	CAPT.	BRAZALES CERVANTES DANIEL A.	TESISTA
4	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN A.	ATLETA
5	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	ATLETA
6	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA E.	ATLETA
7	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	ATLETA
8	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	ATLETA
9	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS G.	ATLETA
10	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO A.	ATLETA
11	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	ATLETA
12	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	ATLETA
13	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	ATLETA
14	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	ATLETA
15	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	ATLETA
16	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	ATLETA

3.6. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La presente investigación se la realizó sobre la base de:

- Test físicos
- Fichas de registro
- Software informático.

3.7. DESCRIPCIÓN DE LOS TEST

3.7.1. TEST DE FRECUENCIA CARDÍACA

TABLA N° 6

Frecuencia Cardíaca

	FRECUENCIA CARDICA
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	La frecuencia cardiaca son las veces que late el corazón por unidad de tiempo. Normalmente se expresa en pulsaciones por minuto. Es un valor muy importante en el deporte ya que nos dice numéricamente, objetivamente y rápidamente las adaptaciones al ejercicio que se están produciendo en el atleta.
DEFINICIÓN OPERACIONAL	Será analizado de la siguiente manera: • Recolección del dato de frecuencia cardiaca en reposo antes y una vez finalizado el test, entrenamiento y competencia. • Introducir los datos en una base de datos. • Análisis del comportamiento de la frecuencia cardiaca en reposo. • Recolección de datos de la frecuencia cardiaca máxima durante la finalización del test, entrenamiento y competencia. • Introducir los datos en una base de datos. • Recolección de datos de la curva de comportamiento de la frecuencia cardiaca durante el test, entrenamiento y competencia. • Comparar los datos con la fisiología del atleta.

3.7.1.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

3.7.1.1.1. RELOJ POLAR

El monitoreo de la frecuencia cardíaca se realizó a través de RELOJ POLAR RS800CX y el procesamiento de datos mediante el software Polar Protrainer 5 TM.

FIGURA N° 8. Manual del operador, programa polar protraining

El reloj POLAR, es un pulsómetro electrónico que mide de forma gráfica y digital las pulsaciones del corazón por minuto. Consta del visualizador, que normalmente es como un reloj de pulsera y la banda que es una especie de cinturón se coloca en el pecho y que permite el conteo de los latidos y pasa la información al reloj, el cual nos permite entre otras cosas lo siguiente:

- 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.
- Garantiza una precisión en la medición directa del ritmo cardíaco durante el ejercicio.
- 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. (POLAR).

Para un correcto funcionamiento de este instrumento de investigación, con el fin de lograr precisión en la toma de la frecuencia cardíaca tanto en reposo, en los entrenamientos, test, competencia y en la recuperación se realizó el siguiente procedimiento:

FOTOGRAFÍA N° 3. Funcionamiento del reloj Polar

- Charla de la forma de utilización del reloj.
- Procedimiento de encendido y apagado.
- Humedecer la banda del transmisor con agua.

- Colocar el transmisor de frecuencia cardíaca en el pecho de manera que se sienta cómodo.
- Verificar el funcionamiento del reloj.
- Presionar OK para iniciar el reloj POLAR e iniciar la medición de la frecuencia cardiaca.
- Presionar nuevamente OK para iniciar el ejercicio.
- Apagar el reloj POLAR presionando STOP. Los datos quedarán guardados.
- Para observar los datos monitoreados usar el interface mediante el puerto USB y transferir los datos del reloj a un ordenador.

Este 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.

3.7.1.2. PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDÍACA

Para la toma de muestras de frecuencia cardiaca se mantuvo el siguiente protocolo, en relación a lo establecido en el macrociclo de entrenamiento.

Frecuencia cardíaca en reposo:

- Monitoreo de la frecuencia cardiaca en reposo entre las 7:30 am y 8:00 am antes de iniciar el test, la sesión de entrenamiento y competencia.
- Los atletas deben estar 10 minutos acostados antes de iniciar el test y/o sesión de entrenamiento para la toma de las muestras.
- Pasado 10 minutos se inicia la toma de muestras de frecuencia cardiaca en reposo.
- El método que se utilizó fue la toma de pulso en el cuello (arteria carótida) en 10 segundos y con la ayuda del polar.

FOTOGRAFÍA N° 4. Frecuencia cardíaca en reposo

Frecuencia cardiaca en recuperación:

- Se realiza la toma de muestras a los deportistas a la llegada del test, sesión de entrenamiento y competencia.
- Se realiza la toma de muestras cada minuto de la llegada del test, sesión de entrenamiento y competencia durante cinco minutos.

FOTOGRAFÍA N° 5. Frecuencia cardíaca en recuperación

Frecuencia cardiaca máxima:

- Se realiza la toma de las muestras en el test, sesiones de entrenamiento, y en la competencia según lo establecido en el macrociclo de entrenamiento entre las 7:30 am y las 9:00 am.

- Los deportistas entrenaron con los instrumentos de medición de la frecuencia cardiaca para determinar su frecuencia cardiaca máxima.

FOTOGRAFÍA N° 6. Frecuencia cardíaca máxima

Indicaciones generales:

- Verificación de funcionamiento del reloj POLAR previo al inicio de la sesión de entrenamiento o los test.
- Colocación de la banda de monitoreo de la frecuencia cardiaca en el pecho del atleta.
- Recopilación de datos a través del interface y dispositivo infrarrojo del reloj POLAR en un ordenador.
- Creación de una Base de datos y determinar cuadros estadísticos.

3.7.2. TEST DE LACTATO

TABLA N° 7
Análisis Lactácido

	ANÁLISIS LACTACIDO
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	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.

Continúa >

DEFINICIÓN OPERACIONAL	Será analizado de la siguiente manera: • Toma de muestra de lactato en reposo, antes de cada test, sesión de entrenamiento y competencia. • Introducir los resultados en una base de datos. • Analizar los resultados obtenidos. • Recolección de muestras de lactato durante la finalización del test, entrenamiento y competencia. • Introducir los datos en una base de datos. • Analizar los datos de la curva de comportamiento de lactato. • Comparar los niveles de lactato con la fisiología de cada atleta.

3.7.2.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LACTATO

3.7.2.1.1. MÁQUINA ANALIZADORA ACCUTREND PLUS

Las muestras de lactato fueron tomadas mediante TIRAS REACTIVAS BM – LACTATE, y su procesamiento mediante el analizador ACCUTREND PLUS.

"El instrumento Accutrend Plus se utiliza para la medición cuantitativa de cuatro parámetros sanguíneos: glucosa, colesterol, triglicéridos y lactato. Se realiza una medición fotométrica de la reflectancia utilizando tiras reactivas específicas para cada uno de estos parámetros sanguíneos. Este instrumento es apropiado para el uso profesional y para la medición por el propio sujeto." (http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/989/18/T-ESPE-027464-4.pdf).

FOTOGRAFÍA N° 7. Analizador Accutrend plus

3.7.2.1.2. TIRAS REACTIVAS BM-LACTATE

Las tiras permiten determinar de manera cuantitativa el lactato en sangre capilar y 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 mm en una reacción colorimétrica con el mediador lactato-oxidasa”. (www.rochediagnostics.es/.../prospecto_accutrend_lactato25%20tiras.pdf).

Además de estos instrumentos para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron materiales como: Lancetas quirúrgicas, guantes quirúrgicos, alcohol y algodón.

3.7.2.2. TOMA DE MUESTRAS DE LACTATO

El test de lactato es una prueba sencilla que se realiza sobre un tapiz rodante en un Laboratorio de Fisiología del Ejercicio o en el sitio de entrenamiento o competencia y consiste en obtener una micro muestra de sangre (generalmente capilar del pulpejo del dedo) para valorar la concentración de lactato a distintas intensidades (velocidad) de ejercicio, conformando una curva de lactato.

3.7.2.3. PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LACTATO

Toma de muestras en reposo:

- Recolección de muestras entre las 7:30am y 8:00am.
- Reposo de los deportistas por 10 minutos.
- Preparación del analizador con las tiras de reactivo BM-Lactate.
- Incisión de la lanceta quirúrgica en el pulpejo del dedo.
- Colocación de las muestra en las tiras de reactivo BM-Lactate.
- Análisis de las muestras con las maquinas Accutrend Plus. (1 minuto).

FOTOGRAFÍA N° 8. Toma de muestra de lactato en reposo

Toma de muestra antes de iniciar el test o la sesión de entrenamiento:

- Se toma la muestra de sangre el momento en el que el deportista inicia el test o la repetición.
- Se realiza el mismo protocolo para el tratamiento de la muestra que en el caso de las muestras de reposo.

Toma de muestra después de finalizado el test o sesión de entrenamiento:

- El momento que termina el test, repetición o sesión de entrenamiento.
- Al minuto de terminado el test o sesión de entrenamiento.

- A los tres minutos de terminado el test o sesión de entrenamiento.
- A los cinco minutos de terminado el test o sesión de entrenamiento.
- A los siete minutos de terminado el test o sesión de entrenamiento.
- A los diez minutos de terminado el test o sesión de entrenamiento.
- Se realiza el mismo protocolo para el tratamiento de la muestra que en el caso de las muestras de reposo.

FOTOGRAFÍA N° 9. Protocolo de medición de la muestra de lactato

3.7.3. TEST DE VO2 MÁX

TABLA N° 8

Consumo Máximo de Oxígeno

	CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	El consumo máximo de Oxígeno es la cantidad máxima de O2 que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. Se expresa normalmente en ml/kg/min. Es muy variable entre individuos, y depende fundamentalmente de la dotación genética, la edad, el sexo, el peso y el grado de entrenamiento o de condición física. Nos indica de manera objetiva la adaptación al ejercicio que se produce en el deportista.
	Pasos a seguir: • Realizar en pista de atletismo de 400 m.

Continuar >

DEFINICIÓN OPERACIONAL	• La duración del test es de 12 minutos y su inicio y final se darán con un pito. • Registro de la distancia recorrida por el atleta en metros durante los 12 minutos. • Determinar el VO2 máx de acuerdo a la fórmula del test. • Introducir los resultados en una base de datos. • Analizar los resultados obtenidos. • Comparar los valores de VO2 máx con la fisiología de cada atleta, inicio y final del proceso de entrenamiento.

3.7.3.1. DETERMINAR EL VO2 MÁX

Es fundamental para poder entender el proceso de entrenamiento en un deporte de resistencia como es la orientación.

Para producir energía se necesita oxígeno y cuanto más intenso sea el ejercicio, más oxígeno se necesitará para producir mayor energía. En un ejercicio aerobio creciente en intensidad, llegará un momento en el que se llegue a un tope de ese consumo de oxígeno y el aumento de intensidad se cubrirá con procesos anaerobios.

Hablamos entonces de haber alcanzado el VO2 máx, también llamado potencia aerobia que es un parámetro indicativo de la resistencia aerobia y medible en laboratorio de forma directa.

El VO2 máx va aumentando gradualmente con la edad y se alcanza el máximo entre los 18 y los 25 años. En cuanto al sexo, para cualquier edad, es mayor en los hombres. En estas diferencias parecen intervenir varios factores, como condicionantes genéticos, hormonales e incluso la menor cantidad de hemoglobina que las mujeres presentan debido a los ciclos menstruales.

Para obtener el VO2 máx en el grupo de atletas del equipo de orientación, se empleó la fórmula del ACSM (Colegio Americano de Medicina del Deporte), planteada de la siguiente forma:

VO2 máx = D / T (0,2) + 3,5

VO2 máx = Consumo máximo de Oxígeno
D = Distancia recorrida en metros
t = Tiempo de duración, equivalente a 12 minutos de carrera continua.
0,2 = Constante
3,5 = Constante
Ejemplo: VO2 máx = D /t (0,2) + 3,5
Atleta “X” VO2 máx= 3400 m / 12 (0,2) + 3,5
Atleta “X” VO2 máx = 60,17 ml/kg/min.

El VO2 máx depende del peso, especialmente del peso magro: a mayor masa muscular se evidencian mayores niveles de VO2 máx. El grado de entrenamiento de fuerza**,** puede inducir aumentos sustanciales en la misma. Si dos atletas tienen el mismo consumo de oxígeno, mejor condición física tendrá el que pese más, puesto que debe trasladar mayor peso corporal. Ejemplo:

Atleta “X”: VO2 máx = 3300 m / 12 (0,2) + 3,5
VO2 máx = 58,5 ml/kg/min
Como pesa 75 kilos debe multiplicar 58,5*75
VO2 máx = 4387 ml = 4,387 litros de consumo de oxígeno
Atleta “Y”: VO2 máx = 3300 m / 12 (0,2) + 3,5
VO2 máx = 58,5 ml/kg/min
Como pesa 60 kilos debe multiplicar 58,5*60
VO2 máx = 3510 ml = 3,510 litros de consumo de oxígeno.

3.7.4. TEST DE COOPER

TABLA N° 9

Rendimiento físico

	RENDIMIENTO FÍSICO
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	El rendimiento físico es la capacidad de realización de actividades físicas con la mayor performance y el menor gasto energético de las marcas a alcanzar. En los atletas del equipo de orientación lo determinamos a través del test de Cooper que consiste en recorrer la mayor distancia posible en 12 minutos.
DEFINICIÓN OPERACIONAL	Pasos a seguir: • Realizar en pista de atletismo de 400m. • Será necesario un cronómetro y un silbato. • El inicio del test se da con el sonido del pito. • El atleta finaliza el test con el sonido del pitazo y debe permanecer en el lugar que se encuentre. • Determinar la distancia recorrida por el atleta en metros. • Analizar y comparar la distancia recorrida por el atleta.

3.7.4.1. DETERMINAR EL RENDIMIENTO FÍSICO

Todo entrenamiento tiene que estar integrado bajo una estructuración de la planificación como punto de partida hacia los objetivos previstos. “la estructuración del entrenamiento deportivo, es hoy día, una de las principales condiciones para obtener buenos resultados deportivos en cualquier deporte”. (Forteza, 2010).

El rendimiento físico estaría en relación con la capacidad de producción de energía por parte de los músculos involucrados en la actividad, producción de energía que en función del deporte tendría unas características diferenciadas de potencia o de resistencia. Estas diferentes

características en la producción de energía vienen determinadas en gran parte genéticamente, pero su mejora y máximo nivel vienen dados por el entrenamiento físico. Dentro del conjunto de elementos que influyen en el rendimiento deportivo, uno de los más importantes en función del tipo de deporte es el relacionado con el rendimiento físico.

El sistema cardiovascular va a distribuir a los tejidos implicados en el ejercicio el oxígeno y nutrientes necesarios para desarrollar, en nuestro caso, la carrera. Cuanto mejor sea ese sistema de distribución y mejor sea la transformación en energía por parte de los músculos implicados, mayor será el rendimiento.

El rendimiento físico en el equipo de orientación lo determinamos a través del test de Cooper que es una prueba de exigencia, donde la distancia y el tiempo sugeridos buscan poner al máximo la capacidad física, respiratoria y cardiovascular del atleta, hasta llevarla a un punto cercano al agotamiento y dado que es una prueba en la cual el organismo está siendo probado, es necesario esforzarse al máximo.

3.7.4.2. TOMA DEL TEST DE COOPER

El objetivo del Test de Cooper es estimar la capacidad aerobia y el volumen máximo de consumo de oxígeno (VO2 máx) de los deportistas, para lo cual debemos considerar los siguientes pasos:

a. Instrucciones preliminares:

Debe realizarse a primera hora de la mañana o al final de la tarde y no consumir previamente comidas abundantes.

Antes de iniciar el test es recomendable mantener una conversación con el atleta en donde se haga conocer de forma clara y sencilla, la necesidad de

hacer un control para establecer intensidades de entrenamiento, el protocolo a seguir y todo lo que deberá hacer durante la prueba ya sea: Al finalizar el test el atleta debe evitar detenerse abruptamente y/o sentarse de inmediato, se recomienda mantenerse caminando a un ritmo cada vez más lento, hasta normalizar el ritmo respiratorio y cardiaco.

b. Preparación previa:

Realizarlo en condiciones normales de entrenamiento, no es preciso descansar el día anterior, sin embargo tampoco es recomendable un entrenamiento extenuante el día previo. Es importante que los depósitos de glucógeno estén suficientemente repletos ya que será este sustrato el más utilizado en la prueba, además que el atleta deberá estar suficientemente hidratado.

c. Calentamiento:

El calentamiento debe ser individual y el que se realiza para una competición. Se trata de que el atleta alcance un esfuerzo máximo y, por consiguiente, todos sus sistemas deben estar activados como si se tratase de una competición.

d. Desarrollo:

- Antes de comenzar, el pulsómetro debe estar funcionando y marcando la frecuencia cardiaca.
- Una vez ubicados los atletas en el punto de partida, el entrenador da la salida con un pitazo.
- El atleta debe mantener el ritmo de carrera dosificando el esfuerzo hasta llegar a los 12 minutos.
- El entrenador puede indicar en alta voz el tiempo que va transcurriendo desde que se inició el test.

- Al completar los 12 minutos, el entrenador da la señal acústica con el pito, para lo cual el atleta detiene la carrera y camina transversalmente en el lugar de la pista donde completó el tiempo.
- Determinar la distancia recorrida en metros de acuerdo a la marca impuesta.
- En el test realizado se colocaron marcas cada 50 metros de la pista de atletismo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

El enfoque analítico de los datos es mixto porque los resultados de las variables pueden analizarse de forma cuantitativa, ya que los datos numéricos obtenidos de los diferentes muestreos y test serán presentados en tablas y gráficos por medio del programa EXCEL y WORD, que nos permitan clarificar y entender mejor los resultados obtenidos, y cualitativamente porque en base al sustento científico los resultados arrojados serán interpretados por los investigadores para establecer las conclusiones y recomendaciones.

4.1. ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA

4.1.1. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO

TABLA N° 10
Frecuencia cardíaca en reposo

FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO (lat/min)

EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	PISTA SINT. ESMIL	POLIGONAL ESMIL	PISTA TIER ESMIL	POLIGONAL ESMIL	POLIGONAL BALVINA	PROMEDIO lat/min
ORD	GRADO	NOMBRE		M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	59	68	56	56	67	61
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	57	68	58	52	54	58
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	57	62	63	68	53	61
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	58	58	58	61	51	57
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	60	60	58	59	55	58
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	60	60	60	60	47	57
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO A.	M	55	53	53	48	42	50
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	70	72	66	68	57	67
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	57	56	57	62	61	59
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	56	57	56	58	52	56
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	55	54	48	54	48	52
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	64	66	65	59	59	63
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	53	54	54	54	57	54

Continúa >

PROMEDIO EQUIPO	**58**
FC MAX EQUIPO	67
FC MIN EQUIPO	50
FC MAX VARONES	67
FC MIN VARONES	50
FC MAX DAMAS	61
FC MIN DAMAS	58

ANÁLISIS:

Luego de realizar la medición de la frecuencia cardiaca al equipo elite de orientación del Ejército ecuatoriano se determinó que los niveles de frecuencia cardiaca en reposo y en altura alcanzan un promedio del equipo de 58 lat./min; la frecuencia máxima promedio en reposo es de 67 lat./min; la frecuencia mínima promedio en reposo es de 50 lat./min; la frecuencia cardiaca máxima promedio en reposo varones es de 67 lat./min; la frecuencia cardiaca mínima promedio en reposo varones es de 50 lat./min; la frecuencia cardiaca máxima promedio en reposo damas es de 61 lat./min; la frecuencia cardiaca mínima promedio en reposo damas es de 58 lat./min.

4.1.2. ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN ENTRENAMIENTO

TABLA N° 11

Recuperación de la frecuencia cardíaca en entrenamiento

RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN ENTRENAMIENTO (lat/min)											
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	REPOSO	LLEGADA	MIN 1	MIN 2	MIN 3	MIN 4	MIN 5	V/RX MIN.
ORD	GRADO	NOMBRE									
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	61	190	154	121	111	109	105	17
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	59	131	123	124	126	126	120	2
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	62	128	123	111	111	113	94	7
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	57	172	165	123	113	109	106	13
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	58	182	113	112	107	102	100	16
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	56	146	142	120	116	120	116	6
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	51	165	126	117	114	104	99	13
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	67	180	147	135	120	115	109	14
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	59	166	132	120	116	116	100	1
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	56	166	124	119	116	111	108	12
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	53	145	117	106	110	115	108	7
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	63	178	126	106	106	100	97	16
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	54	180	132	130	120	120	110	14

Continúa>

	REPOSO	LLEGADA	MINUTO 1	MINUTO 2	MINUTO 3	MINUTO 4	MINUTO 5	V/RX MIN.
PROMEDIO EQUIPO	58	164	133	119	114	112	106	12
FC MAX EQUIPO	67	190	165	135	126	120	120	17
FC MIN EQUIPO	51	128	113	106	106	100	94	2
FC MAX VARONES	67	190	165	135	120	120	116	17
FC MIN VARONES	51	145	113	106	106	100	97	6
FC MAX DAMAS	62	131	123	124	126	126	120	7
FC MIN DAMAS	59	128	123	111	111	113	94	2

ANÁLISIS:

Luego de realizar la medición de la frecuencia cardíaca durante el entrenamiento se determinó que la velocidad de recuperación promedio del equipo es de 12 lat./min; la frecuencia máxima promedio en recuperación es de 17 lat./min; la frecuencia mínima promedio en recuperación es de 2 lat./min; la frecuencia cardiaca máxima promedio en recuperación varones es de 17 lat./min; la frecuencia cardiaca mínima promedio en recuperación varones es de 6 lat./min; la frecuencia cardiaca máxima promedio en recuperación en damas es de 7 lat./min; la frecuencia cardiaca mínima promedio en recuperación mujeres es de 2 lat./min.

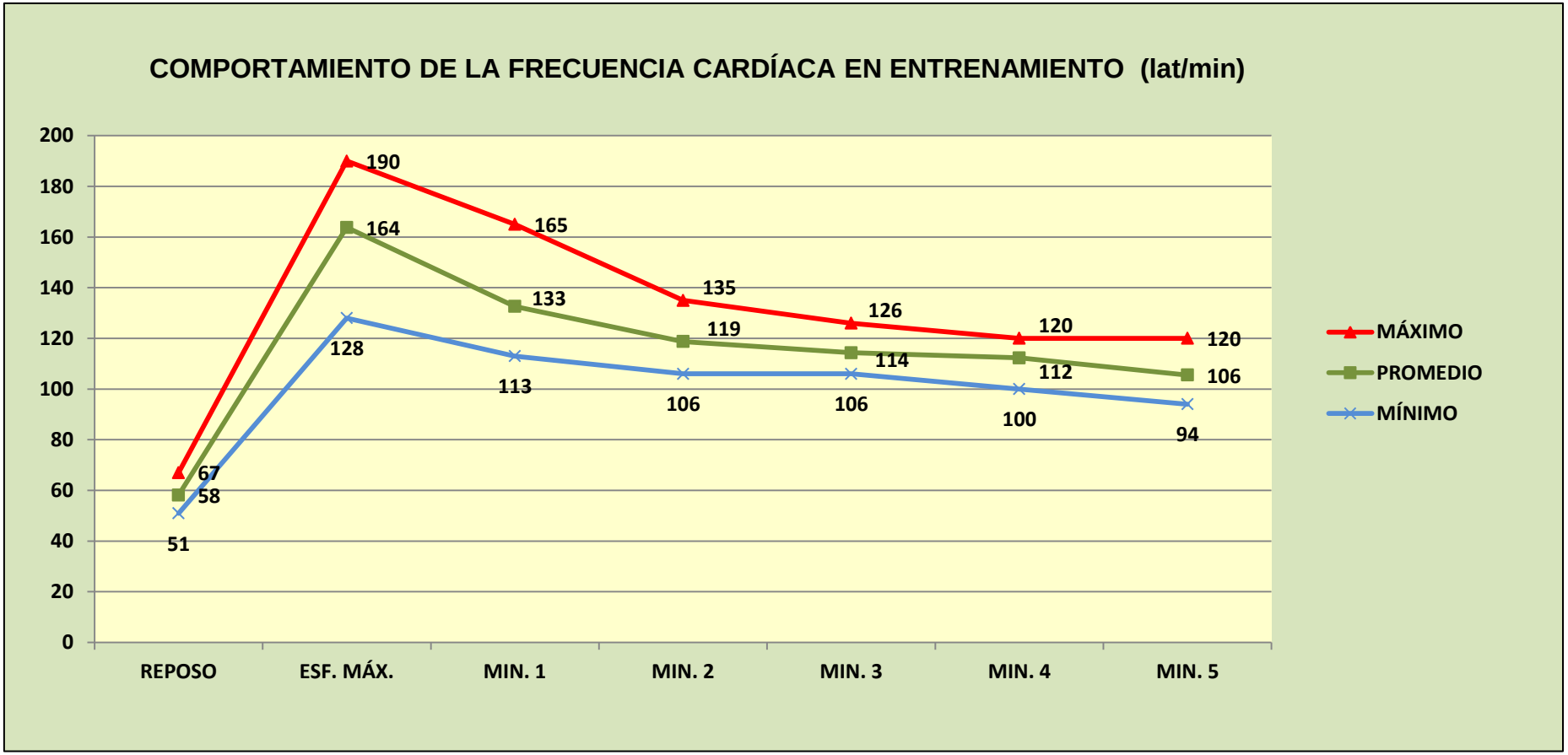

GRÁFICO N° 6. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) durante el entrenamiento

4.1.3. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA Y LIMIAR EN COMPETENCIAS DE POLIGONALES

TABLA N° 12

Frecuencia cardíaca máxima y limiar en competencia-poligonales

FRECUENCIA CARDÍACA MÁXIMA Y LIMIAR EN COMPETENCIA-POLIGONALES (lat/min)						
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉNERO	LLEGADA	LIMIAR F.C. MÁX	%
ORD	GRADO	NOMBRE				
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	192	182	95%
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	180	171	95%
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	198	188	95%
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	185	176	95%
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	183	174	95%
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	169	161	95%
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	180	171	95%
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	184	175	95%
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	172	163	95%
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	170	162	95%
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	176	167	95%
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	187	178	95%
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	180	171	95%

Continúa >

	LLEGADA	LIMIAR F.C. MÁX	%
PROMEDIO EQUIPO	181	172	95%
FC MÁXIMA EQUIPO	198	188	95%
FC MÍNIMA EQUIPO	169	161	95%
FC MÁXIMA VARONES	192	182	95%
FC MINIMA VARONES	169	161	95%
FC MÁXIMA DAMAS	198	188	95%
FC MÍNIMA DAMAS	180	171	95%

ANÁLISIS:

Luego de realizar la medición de la frecuencia cardiaca al equipo élite de orientación del Ejército ecuatoriano se determinó que el promedio de la frecuencia cardiaca máxima del equipo es de 181 lat. /min; la frecuencia cardiaca máxima en varones es de 192 lat. /min, la frecuencia cardiaca máxima de mujeres es de 198 lat/min.

El limiar de la frecuencia cardiaca máxima del equipo es de 172 lat/min que equivale al 95,% de la FC Max; El limiar de los varones es de 182 lat/min que equivale al 95% de la FC Max; El limiar de las mujeres es de 188 lat/min que equivale al 95% de la FC Max.

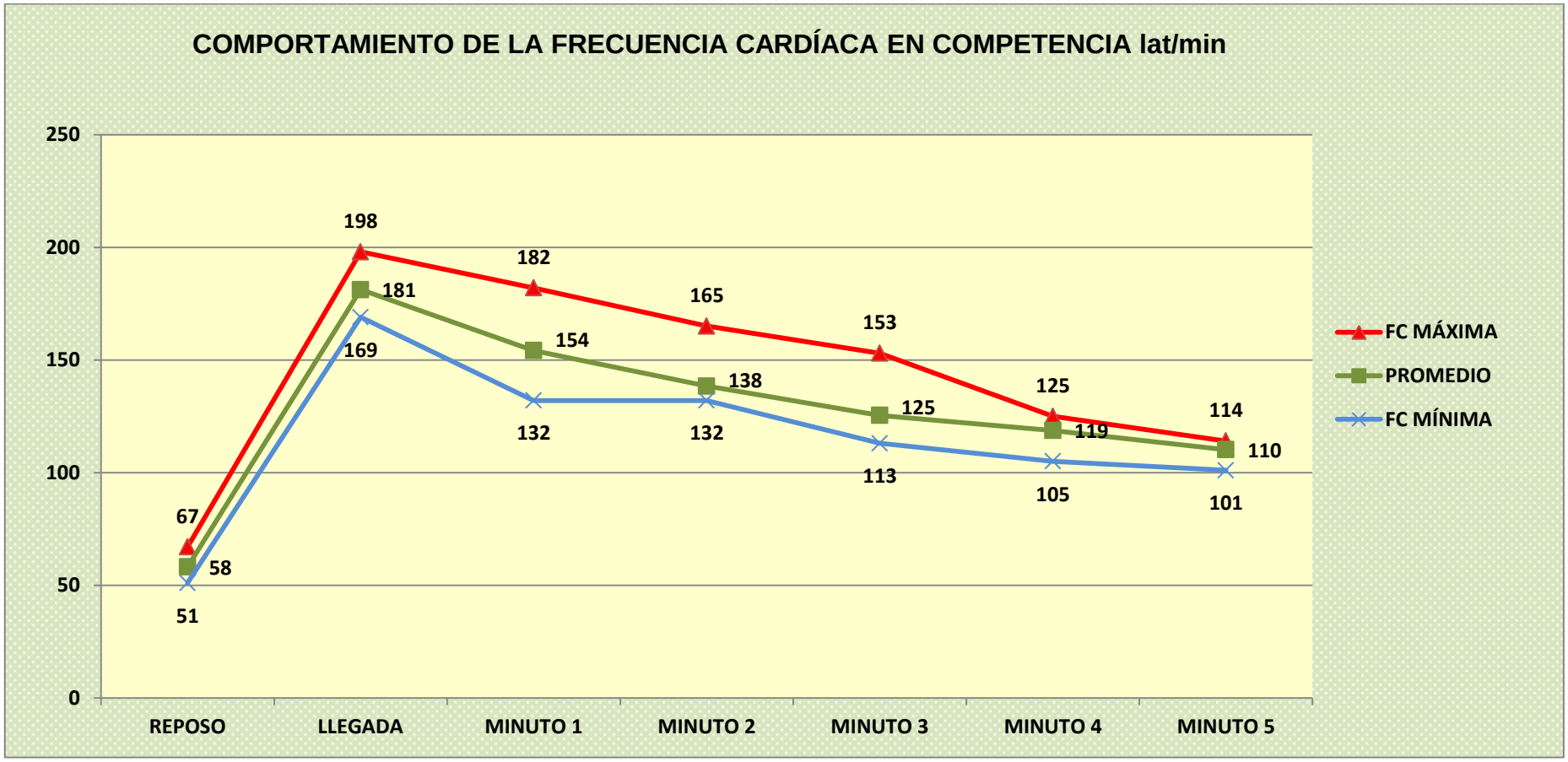

GRÁFICO N° 7. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en competencia

4.1.4. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA EN EL PRETEST

TABLA N° 13

Comportamiento de la frecuencia cardíaca en el pretest

COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN EL PRETEST (lat/min)										
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	REPOSO	LLEGADA	MIN 1	MIN 2	MIN 3	MIN 4	MIN 5	V/RX MIN
ORD	GRADO	NOMBRE									
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	61	190	154	121	111	109	105	17
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	59	190	143	131	125	108	105	17
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	62	178	157	138	128	114	110	14
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	57	189	177	135	125	116	112	15
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	58	182	153	130	121	114	111	14
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	56	183	155	141	129	123	110	15
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	51	179	147	125	119	117	113	13
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	67	180	170	135	119	114	109	14
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	59	182	115	114	110	106	102	16
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	56	176	133	121	110	110	104	14
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	53	179	154	129	116	111	107	14
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	63	178	128	119	118	111	105	15
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	54	180	146	128	120	116	110	14

Continúa >

	REPOSO	ESF. MÁX.	MIN. 1	MIN. 2	MIN. 3	MIN. 4	MIN. 5	V/RX MIN.
PROMEDIO	58	182	149	128	119	113	108	15
MÁXIMO	67	190	177	141	129	123	113	17
MÍNIMO	51	176	128	114	111	109	102	13
FC MAX VARONES	67	190	177	141	129	123	113	17
FC MIN VARONES	53	176	128	114	111	109	102	13
FC MAX DAMAS	62	190	157	138	128	114	110	17
FC MIN DAMAS	59	178	143	131	125	108	105	14

ANÁLISIS:

Luego de realizar la medición de la frecuencia cardiaca al equipo élite de orientación del Ejército ecuatoriano se determinó que el promedio de Frecuencia cardíaca máxima del equipo es de 182 lat/min; con un valor máximo de Frecuencia cardíaca de 190 lat/min; y un valor mínimo de 176 lat/min; con un valor máximo en varones de 190 lat/min; y un valor mínimo de 176 lat/min; un valor máximo de frecuencia cardíaca en damas de 190 lat/min; y un valor mínimo de 178 lat/min.

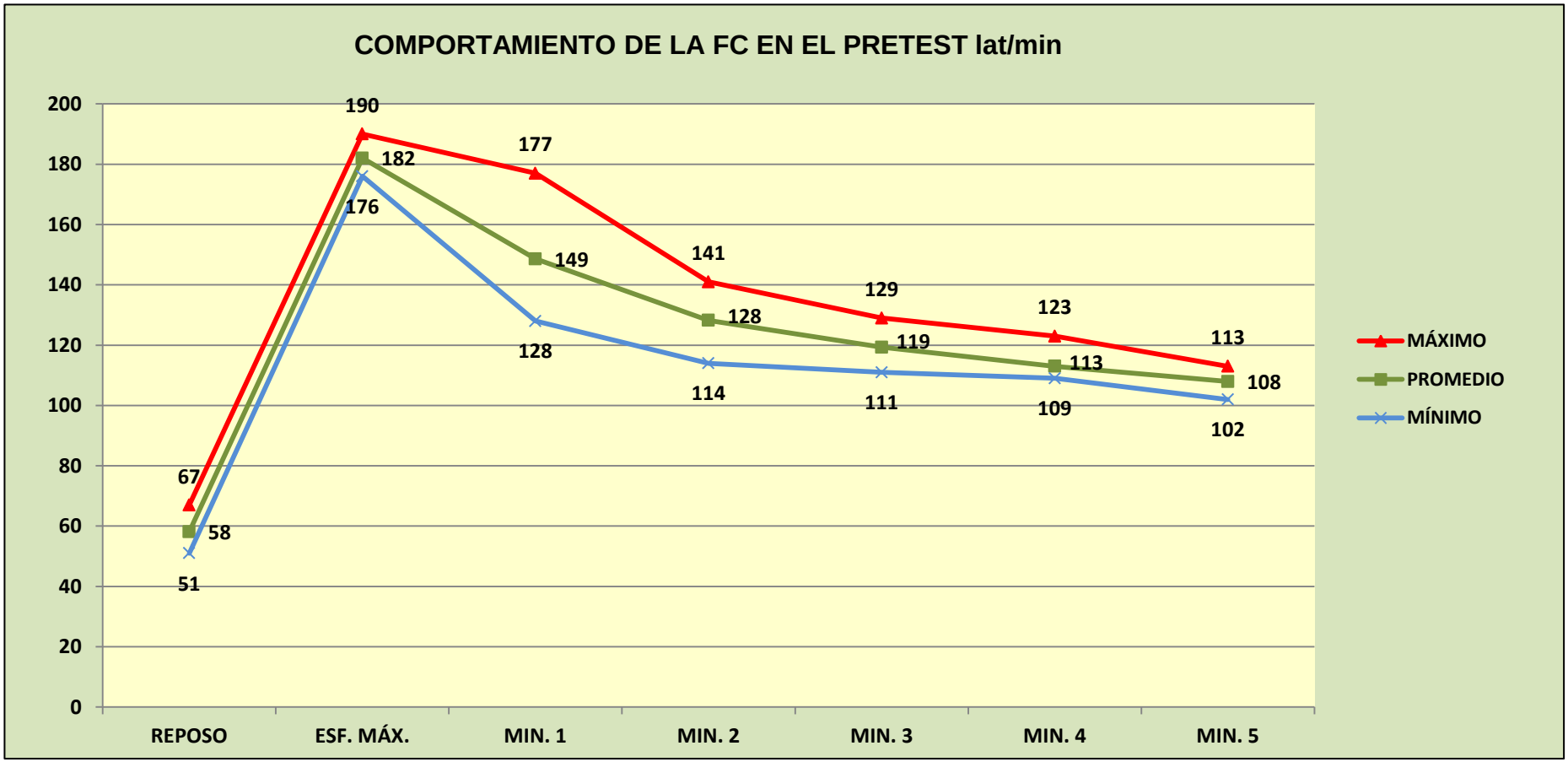

GRÁFICO N° 8. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en el pretest

4.1.5. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA EN EL POSTEST

TABLA N° 14

Comportamiento de la frecuencia cardíaca en el postest

COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN EL POSTEST (lat/min)											
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	REPOSO	LLEGADA	MIN 1	MIN 2	MIN 3	MIN 4	MIN 5	V/RX MIN.
ORD	GRADO	NOMBRE									
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	59	186	137	111	100	96	96	18
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	56	191	139	125	120	106	100	18
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	57	170	154	136	123	116	107	13
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	55	178	165	123	113	109	106	14
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	56	179	148	125	115	110	107	14
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	56	185	143	122	125	120	106	16
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	53	178	143	125	115	111	112	13
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	59	172	165	123	113	109	106	13
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	57	182	113	112	107	102	100	16
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL B.	M	52	169	108	100	99	103	101	14
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	53	178	150	133	114	102	100	16
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN D.	M	60	178	137	126	113	106	99	16
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON L.	M	52	177	143	128	114	111	103	15

Continúa >

	REPOSO	ESF. MÁX.	MIN. 1	MIN. 2	MIN. 3	MIN. 4	MIN. 5	V/RX MIN.
PROMEDIO	56	179	142	122	113	108	103	15
MÁXIMO	60	191	165	136	125	120	112	17
MÍNIMO	52	169	108	100	99	96	96	2
FC MAX VARONES	56	191	165	136	125	120	112	17
FC MIN VARONES	52	169	108	100	99	96	96	6
FC MAX DAMAS	57	191	154	136	123	116	107	7
FC MIN DAMAS	56	170	139	125	120	106	100	2

ANÁLISIS:

Luego de realizar la medición de la frecuencia cardiaca al equipo élite de orientación del Ejército ecuatoriano se determinó que el promedio de Frecuencia cardíaca máxima del equipo es de 179 lat/min; con un valor máximo de Frecuencia cardíaca de 191 lat/min; y un valor mínimo de 169 lat/min; con un valor máximo en varones de 191 lat/min; y un valor mínimo de 169 lat/min; un valor máximo de frecuencia cardíaca en damas de 191 lat/min; y un valor mínimo de 170 lat/min.

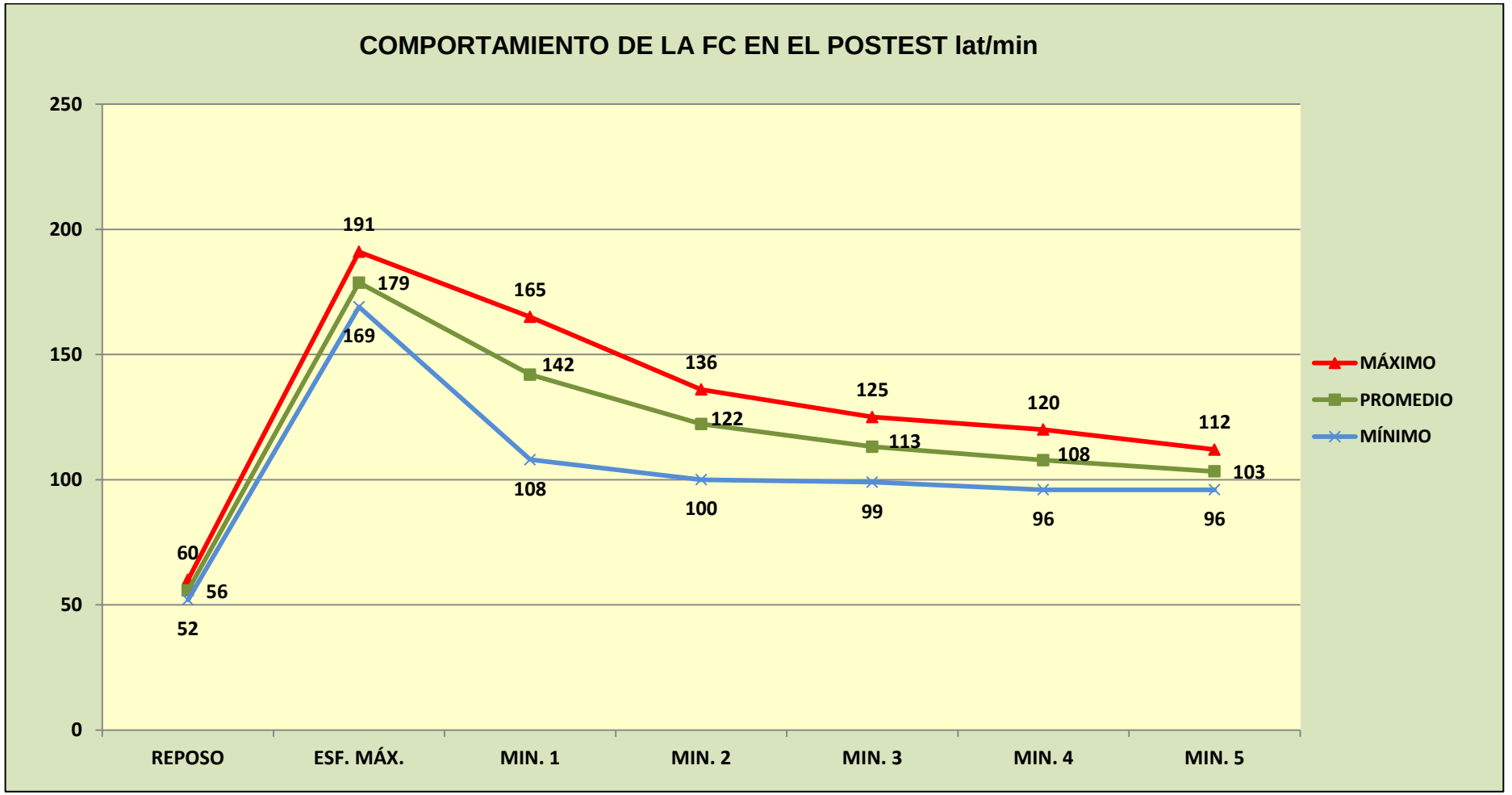

GRÁFICO N° 9. Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en el postest

4.1.6. VALORES PROMEDIO DE COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DEL PRETEST Y POSTEST

TABLA N° 15

Promedio de comportamiento de la frecuencia cardíaca del pretest y postest

	REPOSO	ESF. MÁX.	MIN. 1	MIN. 2	MIN. 3	MIN. 4	MIN. 5	V/RX MIN.
INICIO	58	182	149	128	119	113	108	15
FINAL	56	179	142	122	113	108	103	15

ANÁLISIS:

Luego de obtener los valores promedio de Frecuencia Cardíaca al realizar el test de Cooper con el equipo élite de orientación del ejército ecuatoriano, determinamos que los valores en el test final fueron menores, lo que significa en porcentajes que disminuyó: Reposo (inicio 58, final 56), esfuerzo máximo (inicio 182 final 179), minuto 1 (inicio 149 final 142), minuto 2 (inicio 128 final 122), minuto 3 (inicio 119 final 113), minuto 4 (inicio 113 final 108), minuto 5 (inicio 108 final 103). Esto determina que la recuperación de la Frecuencia Cardíaca fue mucho mejor.

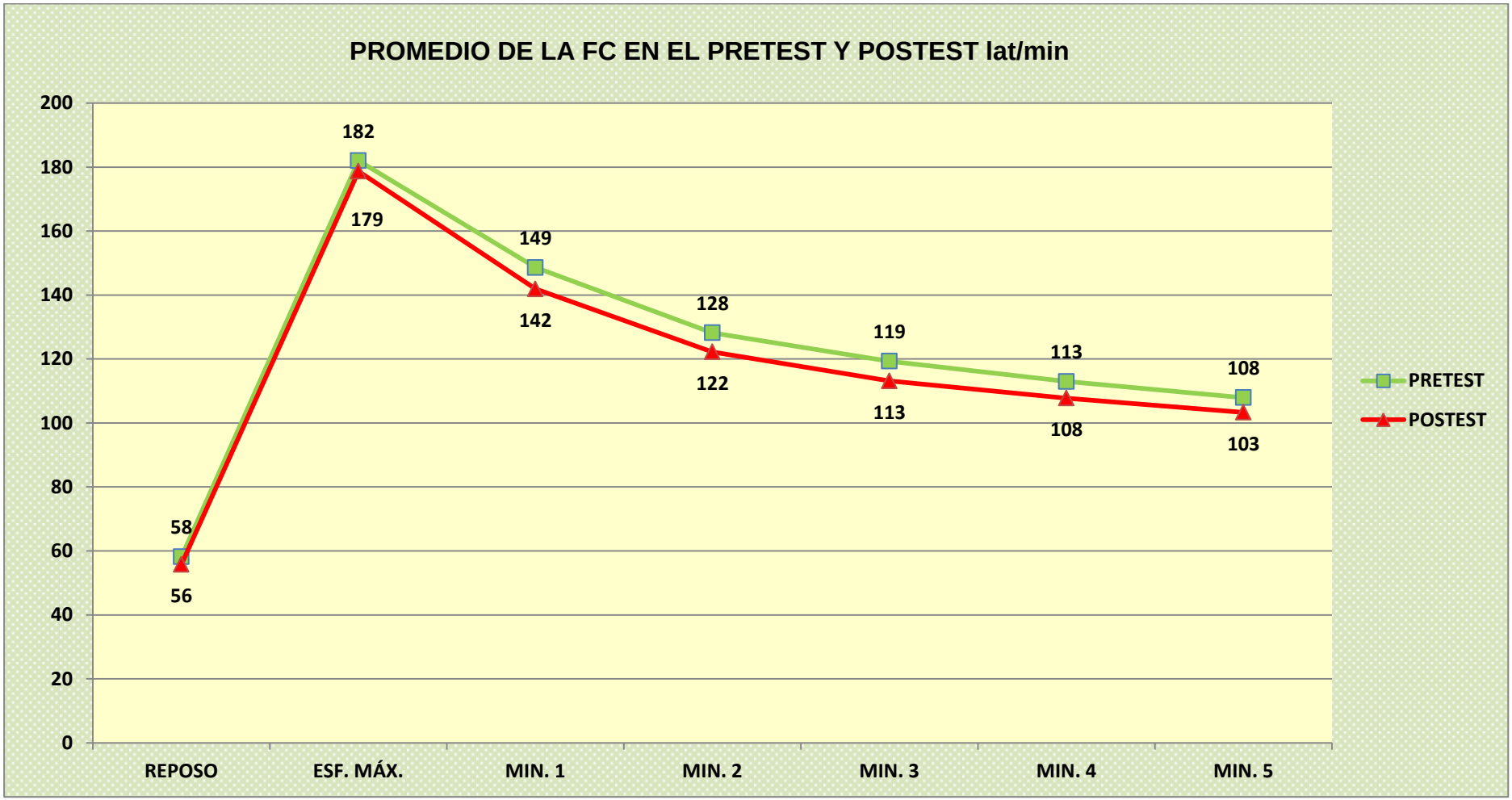

GRÁFICO N° 10. Promedio de frecuencia cardíaca (FC) del pretest y postest

4.1.7. CORRELACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y EL RENDIMIENTO FÍSICO

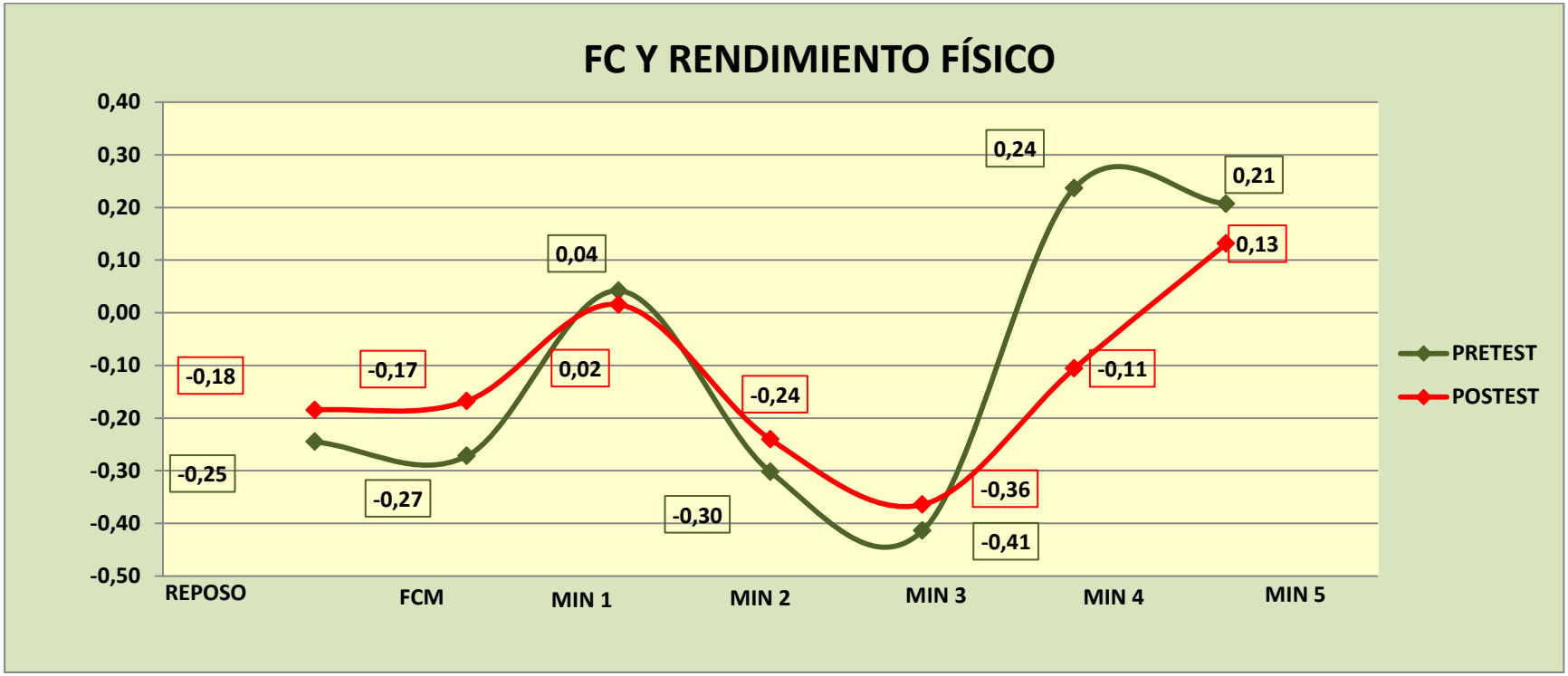

GRÁFICO N° 11. Correlación de la frecuencia cardíaca (FC) y el rendimiento físico en el pretest y postest

Los resultados para esta muestra determinan que entre la FC y el rendimiento físico el comportamiento de los valores en los dos momentos no tienen correlación alta.

4.2. ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LACTATO

4.2.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LACTATO EN REPOSO

TABLA N° 16

El lactato en reposo

LACTATO EN REPOSO (mmol/l)									
	EQUIPO DE	ORIENTACIÓN DEL EJERCITO	GÉN	PISTA SINT. LATAC	POLIGONAL ESMIL	PISTA TIER ESMIL	POLIGONAL LATACUNGA	POLIGONAL LATACUNGA	PROMEDIO mmol/l
ORD	GRADO	NOMBRE		M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	3,4	3,7	4,6	3,6	3,1	3,7
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	3,8	3,6	3,2	4,7	3,7	3,8
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	4,1	3,8	3,3	2,9	1,7	3,2
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	3,3	2,9	2,8	4,2	6,5	3,9
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	4,8	2,7	3,7	3,2	2,9	3,5
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	4,6	3,9	3,7	4,1	3,9	4,0
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	3,7	2,8	2,8	2,6	1,8	2,7
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	4,4	3,7	3,1	2,5	1,4	3,0
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR F.	M	3,3	2,6	2,7	3,1	5,5	3,4
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	2,7	7,8	3,3	2,9	3,1	4,0
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	2,5	2,9	3,4	4,8	2,8	3,3
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	4,1	3,3	3,5	3,1	3,6	3,5
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	3,9	2,7	2,6	2,9	2,5	2,9

Continúa >

PROMEDIO EQUIPO	3,5
LACTATO MÁX EQUIPO	4,0
LACTATO MÍN. EQUIPO	2,7
LACTATO MÁX VARONES	4,0
LACTATO MÍN VARONES	2,7
LACTATO MÁX DAMAS	3,8
LACTATO MÍN DAMAS	3,2

ANÁLISIS:

Luego de realizar la medición de lactato al equipo elite de orientación del Ejército ecuatoriano, se determinó que los niveles de lactato en reposo y en altura alcanzan un promedio del equipo de 3,5 mmol/l; el lactato máximo en reposo es de 4,0 mmol/l; el lactato mínimo promedio en reposo es de 2,7 mmol/l; el lactato máximo promedio en reposo en varones es de 4,0 mmol/l; el lactato mínimo promedio en reposo varones es de 2,7 mmol/l; el lactato máximo promedio en reposo damas es de 3,8 mmol/l; el lactato mínimo promedio en reposo damas es de 3,2 mmol/l.

4.2.2. ANÁLISIS DE LA ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO EN DIFERENTES INTENSIDADES

4.2.2.1. PRETEST

TABLA N° 17

Acumulación y aclaramiento de lactato en el pretest

ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO EN EL PRETEST

EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	LACTATO REPOSO	LACTATO LLEGADA	MIN 1	MIN 3	MIN 5	MIN 7	MIN 10	ACLAR. mmol/l
ORD	GRADO	NOMBRE									
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	3,8	17,7	15,8	14,2	9,2	8,9	7,7	1,00
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	3,5	13,6	12,4	12,6	11,7	11,2	10,8	0,28
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	3,9	12,5	12,1	12,3	11,5	10,4	8,2	0,43
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	3,7	13,5	9,5	11,6	12,1	11,8	11,5	0,20
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	4,0	18,6	17,8	18,1	17,9	16,7	16,3	0,23
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	2,7	12,0	11,6	12,1	11,8	10,3	8,9	0,31
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	3,7	15,4	14,6	16,2	15,3	15,2	14,7	0,07
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	2,9	10,1	9,9	10,6	9,7	8,9	7,8	0,23
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	4,6	9,4	9,2	9,4	8,9	8,5	6,4	0,30
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL B.	M	3,3	16,6	15,5	15,3	14,9	12,6	10,5	0,61
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	3,6	14,8	13,4	13,1	11,6	11,2	9,4	0,54
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	3,1	17,5	15,2	16,6	15,7	14,3	13,8	0,37
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	0,0	16,7	15,5	16,8	15,9	14,3	12,1	0,46

Continúa>

	LACTATO REPOSO	LACTATO LLEGADA	MIN 1	MIN 3	MIN 5	MIN 7	MIN 10	ACLARAM. mmol/l
PROMEDIO LACTATO EQUIPO	3,4	14,5	13,3	13,8	12,8	11,9	10,6	0,39
LACTATO MÁX EQUIPO	4,6	18,6	17,9	18,1	17,8	16,7	14,7	1,00
LACTATO MÍN. EQUIPO	2,7	9,4	9,2	9,4	9,2	8,5	6,4	0,07
LACTATO MÁX VARONES	4,6	18,6	17,9	18,1	17,8	16,7	14,7	1,00
LACTATO MÍN. VARONES	2,7	9,4	9,2	9,4	9,2	8,5	6,4	0,07
LACATO MÁX. DAMAS	3,8	13,6	12,4	12,6	11,7	11,2	10,8	0,43
LACTATO MÍN. DAMAS	3,5	12,5	12,1	12,3	11,5	10,4	8,2	0,28

ANÁLISIS:

Luego de realizar la toma de lactato para determinar la acumulación y velocidad de aclaramiento al equipo elite de orientación del Ejército se determinó que el promedio de acumulamiento máximo de lactato del equipo se produce entre los 3 y 5 minutos de finalizada la prueba con un valor de 13,8 mmol/l; el aclaramiento del lactato empieza a partir del minuto 7 con un valor promedio de 11,9 mmol/l, llegando al minuto 10 con un valor promedio de 10,6 mmol/l; determinando que el promedio de aclaramiento del equipo es de 0,39 mmol/l; con un valor máximo de aclaramiento de 1,00 mmol/l; y un valor mínimo de 0,07 mmol/l; con un valor máximo de aclaramiento en varones de 1,00 mmol/l; y un valor mínimo de 0,07 mmol/l; un valor máximo de aclaramiento en damas de 0,43 mmol/l; y un valor mínimo de 0,28 mmol/l.

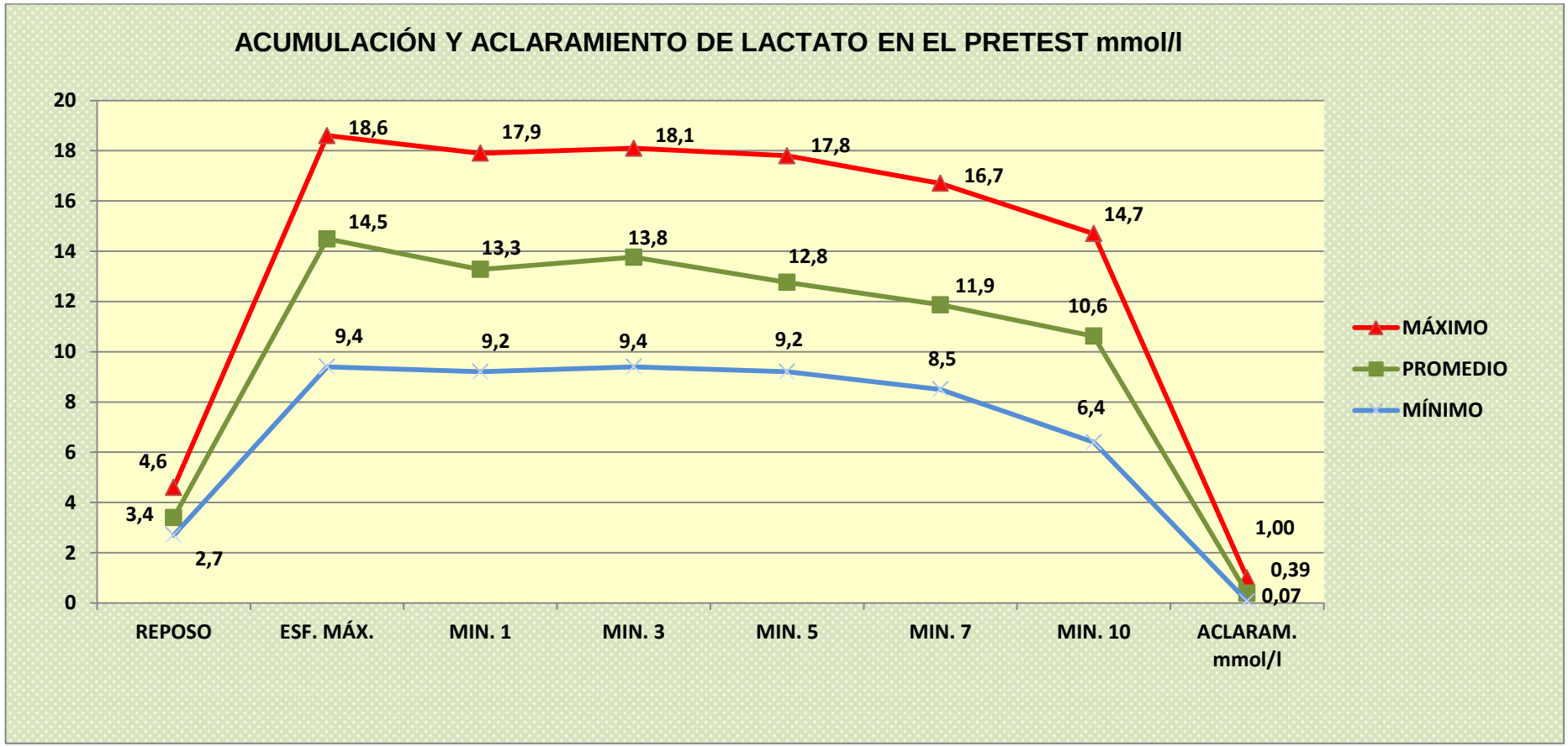

GRÁFICO N° 12. Acumulación y aclaramiento de lactato en el pretest

4.2.2.2. POSTEST

TABLA N° 18

Acumulación y aclaramiento de lactato en el postest

ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO EN EL POSTEST										
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	LACTATO REPOSO	LACTATO LLEGADA	MIN 1	MIN 3	MIN 5	MIN 7	MIN 10	ACLR mmol/l
ORD	GRADO	NOMBRE									
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	2,7	15,8	14,6	14,2	10,3	8,9	6,8	0,90
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	2,8	11,5	10,9	11,1	9,5	8,6	8,1	0,34
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	3,2	12,1	11,2	11,6	10,8	9.8	8,2	0,39
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	2,7	13,2	9,8	10,9	10,6	9,9	7,9	0,53
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	3,3	16,8	16,7	17,1	15,3	14,9	14,1	0,27
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	2,5	13,2	11,7	12,3	11,8	11,2	9,1	0,41
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	3,0	16,4	15,2	16,1	15,5	14,9	14,7	0,17
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	2,8	9,9	9,7	10,2	9,2	8,3	7,1	0,28
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	3,0	10,1	8,7	8,8	8,2	7,9	6,1	0,40
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	2,8	13,2	14,1	14,8	12,3	11,6	9,9	0,33
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	2,1	11,1	10,6	11,2	8,7	8,3	7,5	0,36
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	1,9	15,7	14,7	14,8	13,6	12,9	12,1	0,36
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	2,1	16,3	15,3	16,1	15,2	14,4	12	0,43

Continúa >

	REPOSO	ESF. MÁX.	MIN. 1	MIN. 3	MIN. 5	MIN. 7	MIN. 10	ACLARAM. mmol/l
PROMEDIO	2,7	13,5	12,6	13,0	11,6	11,0	9,5	0,4
MÁXIMO	3,3	16,4	16,7	17,1	15,5	14,9	14,7	0,90
MÍNIMO	1,9	9,9	8,7	8,8	8,2	7,9	7,1	0,17
LACTATO MÁX VARONES	3,3	16,4	16,7	17,1	15,5	14,9	14,7	0,90
LACTATO MÍN. VARONES	1,9	9,9	8,7	8,8	8,2	7,9	7,1	0,17
LACATO MÁX. DAMAS	3,2	12,1	11,2	11,6	10,8	9,8	8,2	0,39
LACTATO MÍN. DAMAS	2,8	11,5	10,9	11,1	9,5	8,6	8,1	0,34

ANÁLISIS:

Luego de realizar la toma de lactato en el test final para determinar la acumulación y velocidad de aclaramiento al equipo elite de orientación del Ejército se determinó que el promedio de acumulamiento máximo de lactato del equipo se produce entre los 3 y 5 minutos de finalizada la prueba con un valor de 13,0 mmol/l; el aclaramiento del lactato empieza a partir del minuto 7 con un valor promedio de 11,0 mmol/l, llegando al minuto 10 con un valor promedio de 9,5 mmol/l; determinando que el promedio de aclaramiento del equipo es de 0,4 mmol/l; con un valor máximo de aclaramiento de 0,90 mmol/l; y un valor mínimo de 0,17 mmol/l; con un valor máximo de aclaramiento en varones de 0,90 mmol/l; y un valor mínimo de 0,17 mmol/l; un valor máximo de aclaramiento en damas de 0,39 mmol/l; y un valor mínimo de 0,34 mmol/l.

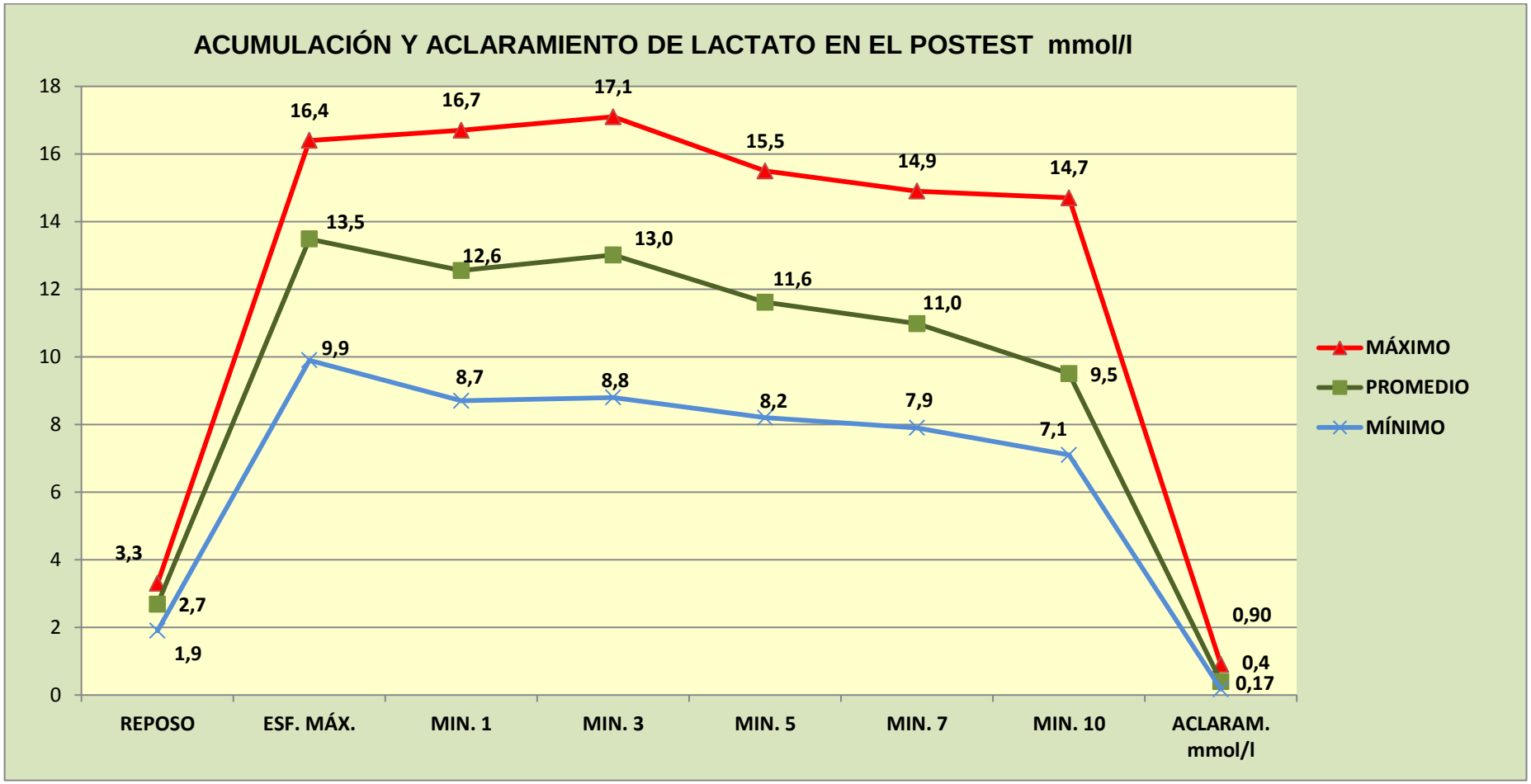

GRÁFICO N° 13. Acumulación y aclaramiento de lactato en el postest

4.2.2.3. VALORES PROMEDIO DE ACUMULACIÓN Y ACLARAMIENTO DE LACTATO EN EL PRETEST Y POSTEST

TABLA N° 19

Promedio de acumulación y aclaramiento de lactato del pretest y postest

	REPOSO	ESF. MÁX.	MIN. 1	MIN. 3	MIN. 5	MIN. 7	MIN. 10	ACLARAM. mmol/l
PROMEDIO INICIAL	3,4	14,5	13,3	13,8	12,8	11,9	10,6	0,4
PROMEDIO FINAL	2,7	13,5	12,6	13,0	11,6	11,0	9,5	0,4

ANÁLISIS:

Luego de obtener los valores promedio de Acumulación de Lactato al realizar el test de Cooper con el equipo élite de orientación del ejército ecuatoriano, determinamos que los valores en el test final fueron menores, lo que significa en porcentajes que disminuyó: Reposo (inicio 3.40, final 2,7), esfuerzo máximo (inicio 14,5 final 13,5), minuto 1 (inicio 13,3 final 12,6), minuto 3 (inicio 13,8 final 13,0), minuto 5 (inicio 12,8 final 11,6), minuto 7 (inicio 11,9 final 11,0), minuto 10 (inicio 10,6 final 9,5). Esto determina que la remoción de ácido láctico fue mucho mejor.

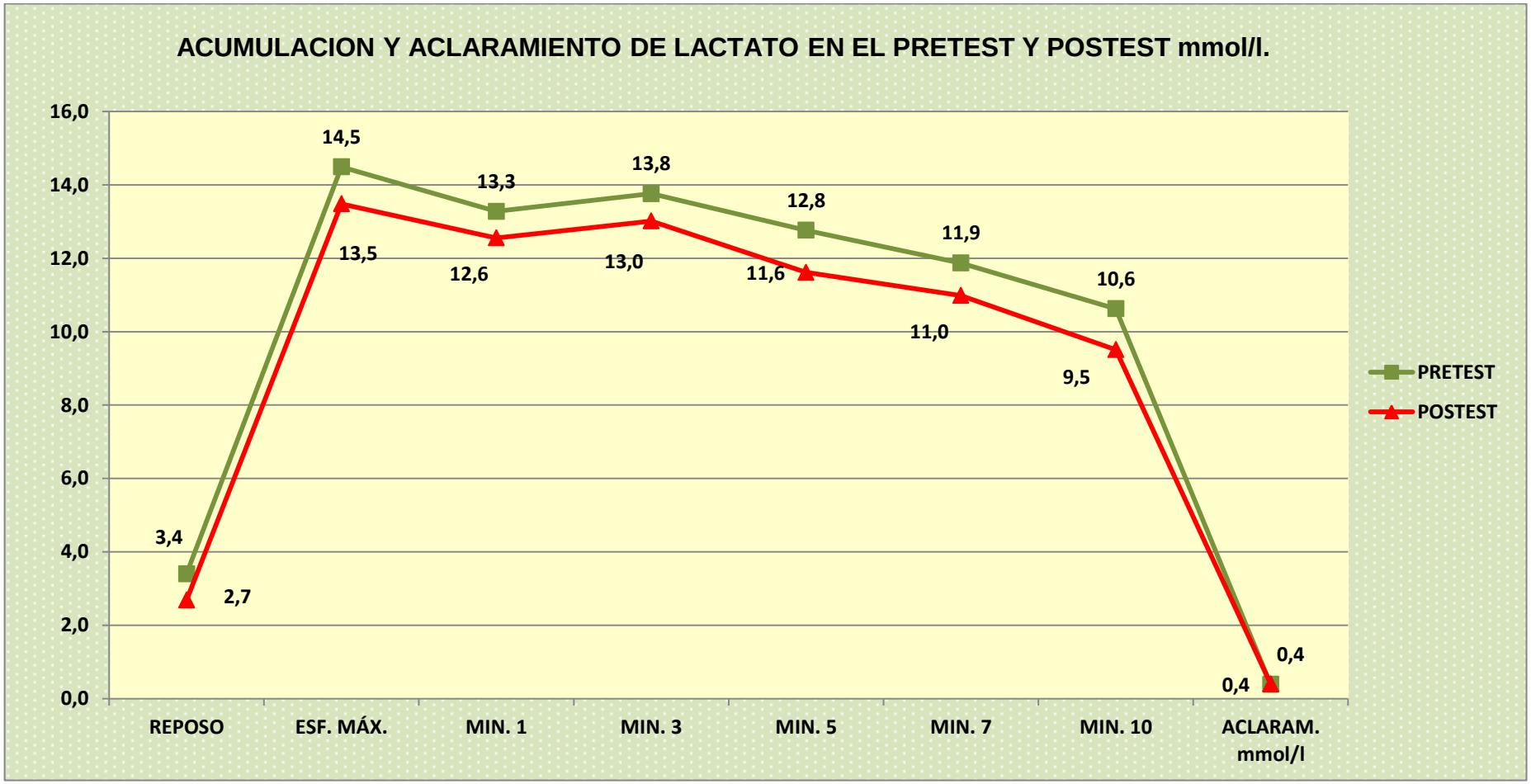

GRÁFICO N° 14. Promedio de acumulación y aclaramiento de lactato en el pretest y postest

4.2.2.4. CORRELACIÓN DE LACTATO Y EL RENDIMIENTO FÍSICO

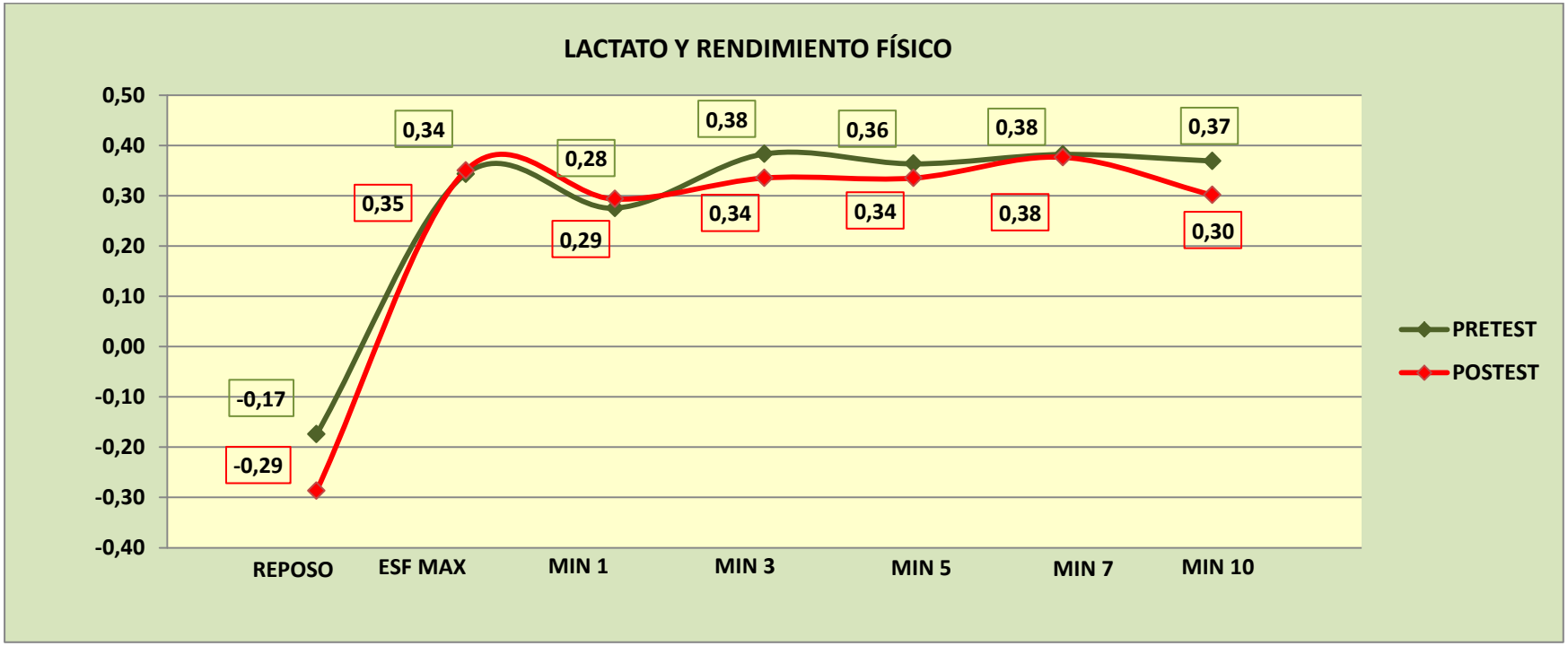

GRÁFICO N° 15. Correlación de lactato y el rendimiento físico en el pretest y postest

Los resultados para esta muestra determinan que entre el ácido láctico y el rendimiento físico el comportamiento de los valores en los dos momentos no tienen correlación alta.

4.3. DETERMINAR LOS UMBRALES INDIVIDUALES DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA

TABLA N° 20

Umbrales individuales obtenidos del pretest

UMBRALES DEL PRETEST (COOPER)														
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	VAM	ZONA MIXTA			GLUCOLÍTICO			LIPOLÍTICO			REGENE-RATIVO	
ORD	GRADO	NOMBRE		100 %	95 %	90 %	85 %	80%	75 %	70 %	65 %	60 %	55 %	50 %	45 %
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	4,17	3,96	3,75	3,54	3,33	3,13	2,92	2,71	2,50	2,29	2,08	1,88
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	3,33	3,17	3,00	2,83	2,67	2,50	2,33	2,17	2,00	1,83	1,67	1,50
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	3,40	3,23	3,06	2,89	2,72	2,55	2,38	2,21	2,04	1,87	1,70	1,53
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	4,31	4,09	3,88	3,66	3,44	3,23	3,01	2,80	2,58	2,37	2,15	1,94
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	4,38	4,16	3,94	3,72	3,50	3,28	3,06	2,84	2,63	2,41	2,19	1,97
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	4,10	3,89	3,69	3,48	3,28	3,07	2,87	2,66	2,46	2,25	2,05	1,84
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	4,38	4,16	3,94	3,72	3,50	3,28	3,06	2,84	2,63	2,41	2,19	1,97
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	4,31	4,09	3,88	3,66	3,44	3,23	3,01	2,80	2,58	2,37	2,15	1,94
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	4,10	3,89	3,69	3,48	3,28	3,07	2,87	2,66	2,46	2,25	2,05	1,84
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	4,19	3,98	3,78	3,57	3,36	3,15	2,94	2,73	2,52	2,31	2,10	1,89
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	4,32	4,10	3,89	3,67	3,46	3,24	3,02	2,81	2,59	2,38	2,16	1,94
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	4,39	4,17	3,95	3,73	3,51	3,29	3,07	2,85	2,63	2,41	2,19	1,98
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	4,36	4,14	3,93	3,71	3,49	3,27	3,05	2,83	2,62	2,40	2,18	1,96

TABLA N° 21

Umbrales individuales obtenidos del postest

UMBRALES DEL POSTEST (COOPER)														
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉN	VAM	ZONA MIXTA		GLUCOLÍTICO				LIPOLÍTICO			REGENE-RATIVO	
ORD	GRADO	NOMBRE		100 %	95 %	90 %	85 %	80%	75 %	70 %	65 %	60 %	55 %	50 %	45 %
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	4,61	4,38	4,15	3,92	3,69	3,46	3,23	3,00	2,77	2,54	2,31	2,08
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	3,65	3,47	3,29	3,10	2,92	2,74	2,56	2,37	2,19	2,01	1,83	1,64
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	3,76	3,57	3,38	3,19	3,01	2,82	2,63	2,44	2,25	2,07	1,88	1,69
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	4,69	4,46	4,23	3,99	3,76	3,52	3,29	3,05	2,82	2,58	2,35	2,11
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	4,77	4,53	4,29	4,06	3,82	3,58	3,34	3,10	2,86	2,62	2,39	2,15
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	4,69	4,46	4,23	3,99	3,76	3,52	3,29	3,05	2,82	2,58	2,35	2,11
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	4,78	4,54	4,30	4,06	3,82	3,58	3,34	3,11	2,87	2,63	2,39	2,15
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	4,72	4,48	4,24	4,01	3,77	3,54	3,30	3,06	2,83	2,59	2,36	2,12
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	4,58	4,35	4,13	3,90	3,67	3,44	3,21	2,98	2,75	2,52	2,29	2,06
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	4,58	4,35	4,12	3,89	3,66	3,43	3,20	2,97	2,75	2,52	2,29	2,06
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	4,72	4,49	4,25	4,01	3,78	3,54	3,31	3,07	2,83	2,60	2,36	2,13
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	4,60	4,37	4,14	3,91	3,68	3,45	3,22	2,99	2,76	2,53	2,30	2,07
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	4,76	4,52	4,28	4,04	3,81	3,57	3,33	3,09	2,85	2,62	2,38	2,14

4.3.1. DETERMINAR LA CAPACIDAD AEROBIA INDIVIDUAL DE LOS ATLETAS DEL EQUIPO ÉLITE DE ORIENTACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO DURANTE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA

4.3.1.1. PRETEST

TABLA N° 22

Capacidad de trabajo de VO2 máx tomado del pretest

CAPACIDAD DE TRABAJO VO2 máx TOMADO DEL PRETEST (COOPER)							
		EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO	GÉNERO	TIEMPO min	DISTANCIA m	VO2 MÁX ml/kg/min	VAM m/seg
ORD	GRADO	NOMBRE					
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	12	3000	53,50	4,17
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	12	2400	43,50	3,33
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	12	2450	44,33	3,40
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	12	3100	55,17	4,31
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	12	3150	56,00	4,38
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	12	2950	52,67	4,10
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	12	3150	56,00	4,38
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	12	3100	55,17	4,31
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	12	2950	52,67	4,10
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	12	3020	53,83	4,19
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	12	3110	55,33	4,32
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	12	3160	56,17	4,39
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	12	3140	55,83	4,36

Continúa >

	TIEMPO	DISTANCIA	VO2 MÁX	VAM
	min	m	ml/kg/min	m/seg
PROMEDIO	12	2975	53,09	4,13
MÁXIMO	12	3160	56,17	4,39
MÍNIMO	12	2400	43,50	3,33
MÁX VARONES	12	3160	56,17	4,39
MÍN. VARONES	12	2950	52,67	4,10
MÁX. DAMAS	12	2400	44,33	3,40
MÍN. DAMAS	12	2450	43,50	3,33

ANÁLISIS:

Luego de realizar el test maximal inicial para establecer el consumo de oxígeno del equipo élite de orientación del Ejército ecuatoriano se determinó que el promedio de VO2 máx. en altura del equipo es de 53,09 ml/kg/min, con un VO2 máximo de 56,17 ml/kg/min y un valor mínimo de 43,50 ml/kg/min; con un VO2 máximo en varones de 56,17 ml/kg/min y un mínimo de VO2 máx. de 52,67 ml/kg/min; con un VO2 máximo en damas de 44,33 ml/kg/min y un mínimo de VO2 máx. de 43,50 ml/kg/min.

La VAM promedio del equipo es de 4,13 m/s, con una VAM del equipo de 4,39 m/s y una VAM mínima de 3,33 m/s; con un valor máximo en varones de 4,39 m/s y un valor mínimo de 4,10 m/s; con un valor máximo en damas de 3,40 m/s y un valor mínimo de 3,33 m/s.

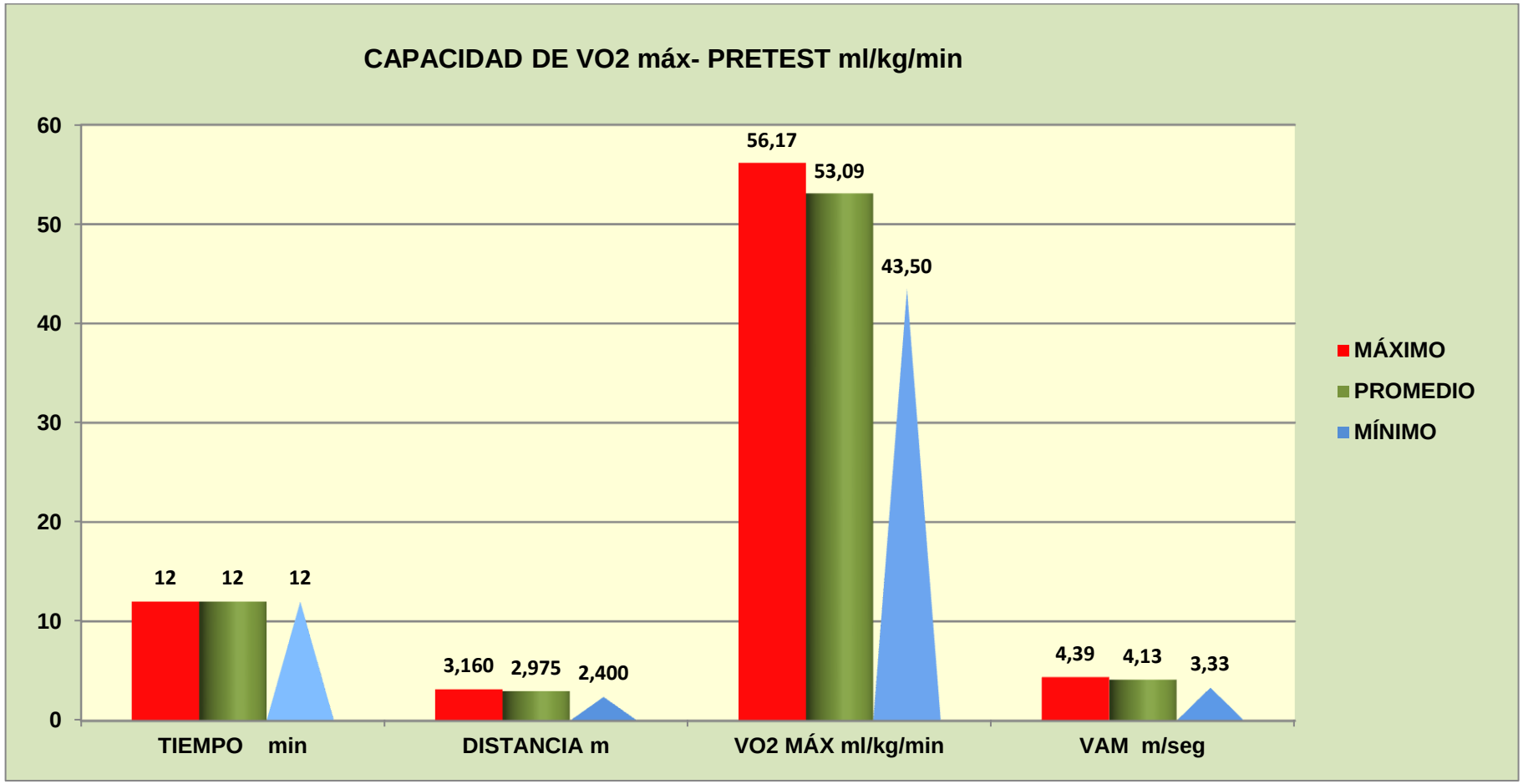

GRÁFICO N° 16. Capacidad de trabajo de VO2 máx. tomado del pretest

4.3.1.2. POSTEST

TABLA N° 23

Capacidad de trabajo de VO2 máx tomado del postest

CAPACIDAD DE TRABAJO VO2 máx TOMADO DEL POSTEST(COOPER)							
EQUIPO DE ORIENTACIÓN DEL EJERCITO			GÉNERO	TIEMPO	DISTANCIA	VO2 MÁX	VAM
ORD	GRADO	NOMBRE		min	m	ml/kg/min	m/seg
1	SUBT	ENCALADA JARAMILLO JONATHAN ALFONSO	M	12	3320	58,83	4,61
2	SUBT	ACHIG LOPEZ SYLVIA RAFAELA	F	12	2630	47,33	3,65
3	SUBT	PADILLA SALGUERO SUSANA ELIZABETH	F	12	2705	48,58	3,76
4	SLDO	RUBIO VARGAS JOSE EDUARDO	M	12	3380	59,83	4,69
5	SLDO	JARAMILLO LEON FRANQUIL PAUL	M	12	3435	60,75	4,77
6	SLDO	TENELEMA TENELEMA LUIS GEOVANNY	M	12	3380	59,83	4,69
7	SLDO	PULLAY PILAMUNGA SEGUNDO ALCEDES	M	12	3440	60,83	4,78
8	SLDO	CORTEZ PAMBAQUISHPE TITO ISAIAS	M	12	3395	60,08	4,72
9	SLDO	PUJUPAT JUET OSCAR FLORENTINO	M	12	3300	58,50	4,58
10	SLDO	VEGA SOTO EZEQUIEL BAYARDO	M	12	3295	58,42	4,58
11	SLDO	RIVERA RIVERA OSCAR PAUL	M	12	3400	60,17	4,72
12	SLDO	PUNGIL GUATO RUBEN DARIO	M	12	3310	58,67	4,60
13	SLDO	PILATASIG ROJAS BYRON LENIN	M	12	3425	60,58	4,76

Continúa >

	TIEMPO	DISTANCIA	VO2 MÁX	VAM
	min	m	ml/kg/min	m/seg
PROMEDIO	12	3263	57,88	4,53
MÁXIMO	12	3440	60,83	4,78
MÍNIMO	12	2630	47,33	3,65
MÁX VARONES	12	3440	60,83	4,78
MÍN. VARONES	12	3295	58,42	4,58
MÁX. DAMAS	12	2705	48,58	3,76
MÍN. DAMAS	12	2630	47,33	3,65

ANÁLISIS:

Luego de realizar el test maximal final para establecer el consumo de oxígeno del equipo élite de orientación del Ejército ecuatoriano se determinó que el promedio de VO2 máx. en altura del equipo es de 57,88 ml/kg/min, con un VO2 máx. de 60,83 ml/kg/min y un valor mínimo de 47,33 ml/kg/min; con un VO2 máximo en varones de 59,33 ml/kg/min y un mínimo de VO2 máx. de 56,00 ml/kg/min; con un VO2 máximo en damas de 48,58 ml/kg/min y un mínimo de VO2 máx. de 47,33 ml/kg/min.

La VAM promedio del equipo es de 4,53 m/s, con una VAM máxima del equipo de 4,78 m/s y una VAM mínima de 3,65 m/s; con un valor máximo en varones de 4,78 m/s y un valor mínimo de 4,58 m/s; con un valor máximo en damas de 3,76 m/s y un valor mínimo de 3,65 m/s.

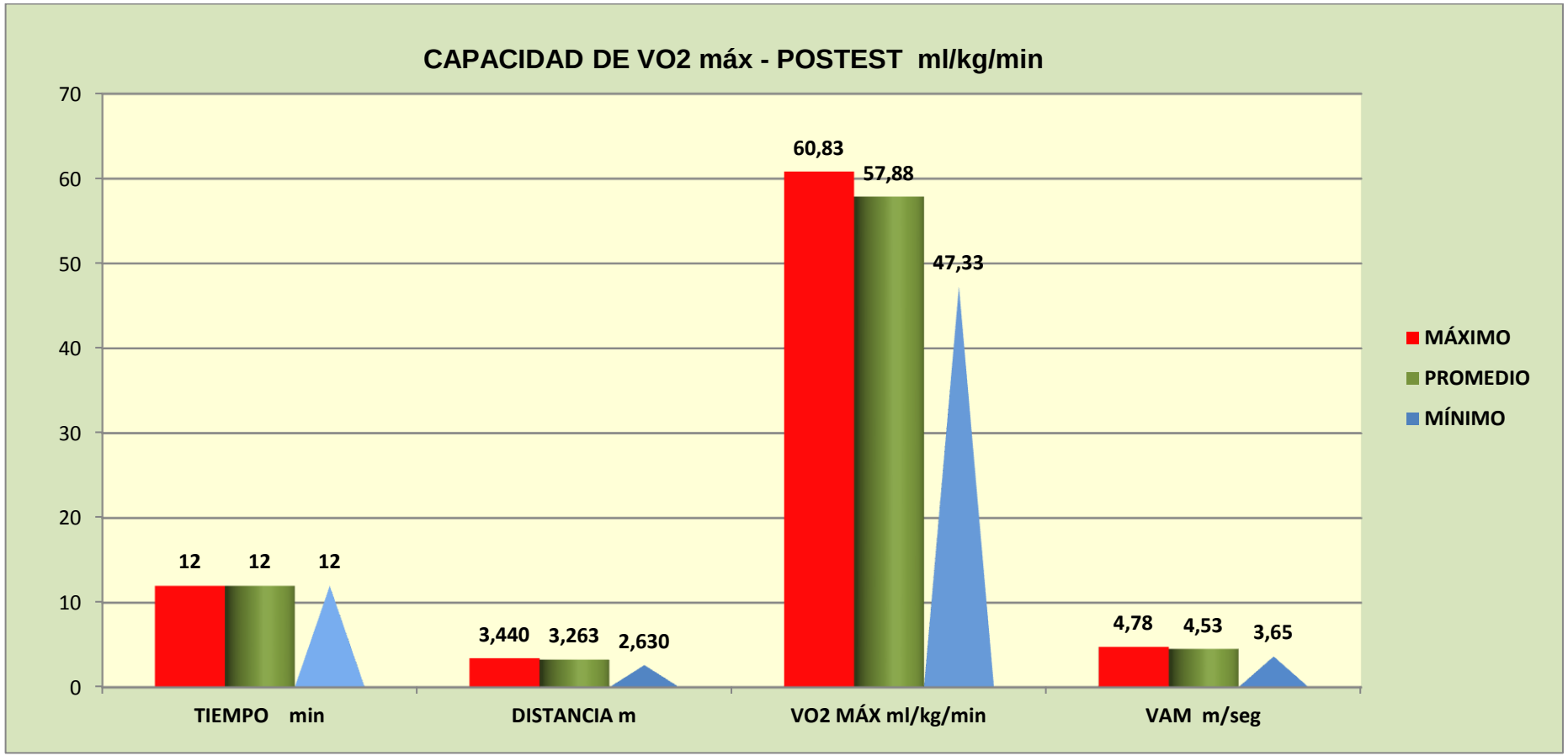

GRÁFICO N° 17. Capacidad de trabajo de VO2 máx. tomado del postest

4.3.1.3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD AEROBIA INDIVIDUAL VO2 MÁXIMO, TOMADOS DEL PRETEST Y POSTEST DE COOPER

TABLA N° 24

Promedio de VO2 máx del pretest y postest

	TIEMPO	DISTANCIA	VO2 MÁX	VAM
	min	m	ml/kg/min	m/seg
PRETEST	12	2975	53,09	4,13
POSTEST	12	3263	57,88	4,53

ANÁLISIS:

Luego de obtener los valores promedio de VO2 máximo al realizar el test de Cooper con el equipo élite de orientación del Ejército ecuatoriano, determinamos que en el postest se incrementaron el VO2 máx (inicio 53,09 ml/kg/min. y final 57,88 ml/kg/min), la distancia en metros (inicio 2975 m, y final 3263 m), VAM el (inicio 4,13 y final 4,53), con lo cual se demuestra que existió mejoría del rendimiento físico.

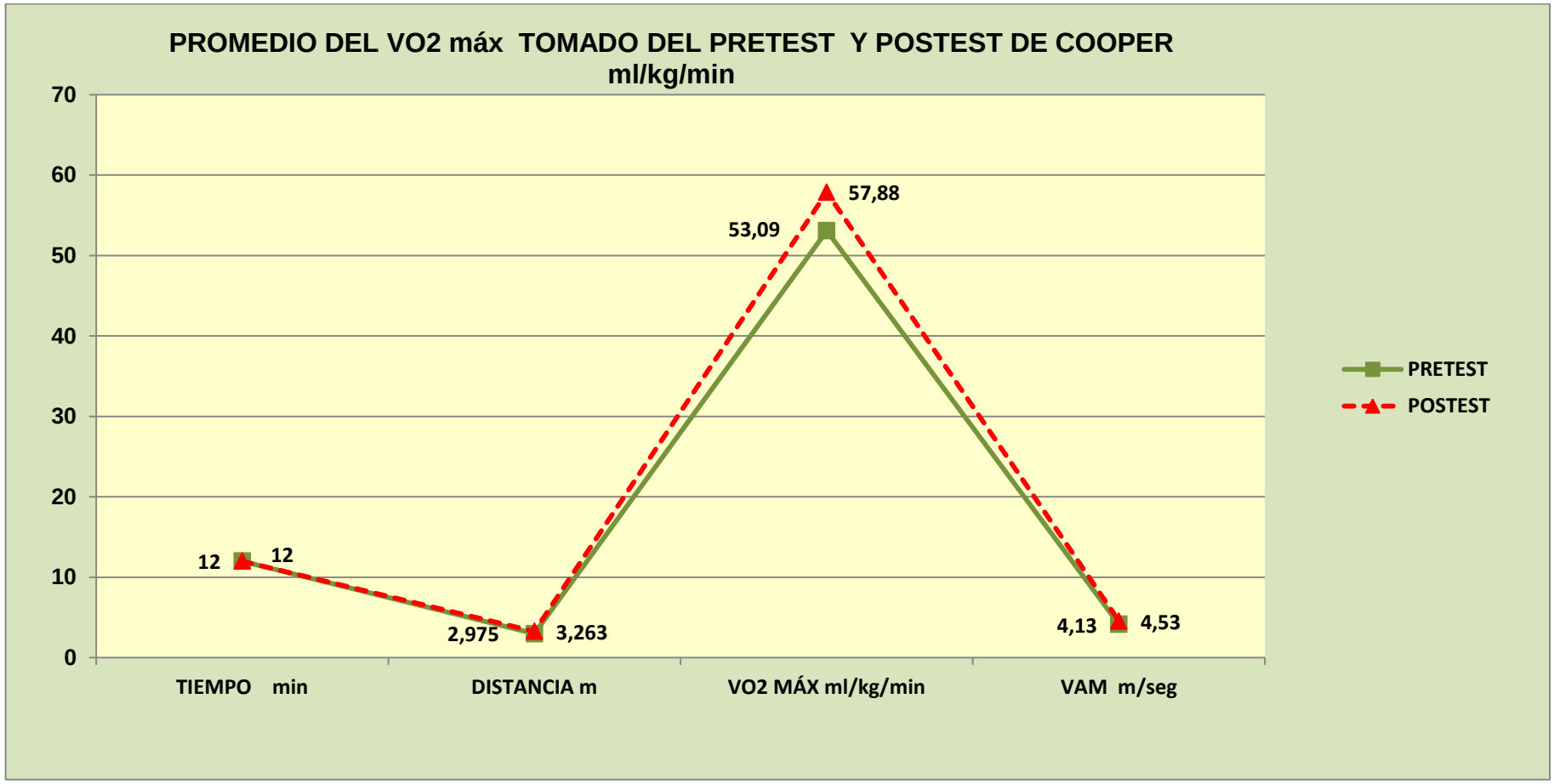

GRÁFICO N°18. Promedio de la capacidad de trabajo de VO2 máx. tomados del pretest y postest

Para realizar el estudio estadístico de los resultados, se utilizaron técnicas de tendencia central, como son las siguientes:

Promedio (X): Para determinar los valores medios obtenidos en la aplicación del pretest y el postest.

Desviación (S): Para calcular los valores netos de las variables involucradas.

Coeficiente de Variación (CV): Para calcular los valores porcentuales asociados a la desviación y la media y determinar así el grado de dispersión grupal de la muestra estudiada. Para ello se utilizó la metodología de Zatsiorski V.M (1989) cuando dice:

Poca dispersión: 0-10 %

Dispersión promedio: 10-20 %

Mucha dispersión: > del 20 %

Para determinar los desplazamientos en esos indicadores biológicos se utilizaron delta equis DX absolutos y porcentuales DX% y la técnica de la t de Student, con la cual determinamos un 95 % de probabilidad el grado del desplazamiento entre el pretest y el postest.

Al valor del VO2 máx se pudo constatar que existió un desplazamiento muy auténtico entre el pretest y el postest, con DX de 4,79 ml/kg/min, que se corresponde con un 9,02 % e indicativo de la influencia del programa aplicado sobre este indicador cardio-respiratorio.

Tabla N° 25

Resultados obtenidos por el equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano en el test de VO2 máx.

	PRETEST	POSTEST
X	53,09	57,88
S	4,26	4,49
CV	8,02	7,76
DX	4,79	
DX%	9,02	
t de Student	2,68162556	

Similar fue la influencia sobre la VAM, con valores diferenciales entre el prestest y el postest correspondiente a 0,40 m/seg., con variabilidad relativa del 9,06 % y valores de t muy significativos (2,681). Ello viene a demostrar la influencia positiva del programa aplicado sobre el mejoramiento de la velocidad aerobia máxima.

Tabla N° 26

Resultados obtenidos por el equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano en el test de VAM.

	PRETEST	POSTEST
X	4,13	4,53
S	0,35	0,37
CV	8,58	8,26
DX	0,40	
DX%	9,06	
t de Student	2,68162556	

El test de Cooper, que evalúa el grado de desarrollo aerobio de los deportistas analizados, mostró un desplazamiento entre el pretest y el postest correspondiente a 287,31 m, que alcanza un grado de gran autenticidad, con valores de t de 2,681. Esos resultados indican la influencia del programa aplicado sobre el desarrollo de la resistencia de los atletas que entrenan el deporte de orientación.

Tabla N° 27

Resultados obtenidos por el equipo de orientación del Ejército Ecuatoriano en el test de Cooper.

	PRETEST	POSTEST
X	2975,38	3262,69
S	255,33	269,36
CV	8,58	8,26
DX	287,31	
DX%	9,7 %	
t de Student	2,68162556	

Los resultados apuntan a un desarrollo muy significativo de los valores de rendimiento en el test de Cooper, la frecuencia cardiaca máxima y la velocidad aerobia máxima antes y después de aplicado el programa de entrenamiento de 12 semanas.

En correspondencia con el trabajo realizado y los resultados obtenidos y como control del estado de preparación de los deportistas, se establecen las normas de evaluación que se listan en la tabla 28.

Tabla N° 28

Normas de evaluación para el control

	Test de Cooper	VO2 máx	VAM
Excelente	3531 y más	62,37 y más	4,9 y más
Bueno	3530 - 3263	62,36 – 57,88	4,8 - 4,53
Regular	3262 - 2993	57,87 – 53,39	4,52 - 4,18

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En la investigación se logra darle solución al problema y se alcanzaron los objetivos formulados, obteniéndose además las siguientes conclusiones:

- Los valores de frecuencia cardiaca, lactato, máximo consumo de oxígeno y velocidad aerobia máxima encontrados en este estudio confirman las investigaciones que sobre el tema son publicadas en la bibliografía internacional, determinándose que son indicadores que no tienen una relación marcada de interdependencia con el rendimiento en la carrera de orientación.

- En el estudio se experimentaron desplazamientos muy auténticos entre el rendimiento en el test de Cooper, la frecuencia cardiaca máxima y la velocidad aerobia máxima antes y después de aplicado el programa de entrenamiento de 12 semanas, lo que confirma que el programa aplicado permitió una mejoría marcada del nivel aerobio de los deportistas.

- En la investigación se logra establecer un sistema de normas para evaluar el Test de Cooper, el máximo consumo de oxígeno y la velocidad aerobia máxima para deportistas de la carrera de orientación del Ejército Ecuatoriano, lo que permite baremos para retroalimentar el nivel de desarrollo aerobio de los atletas.

- La investigación refleja que en la carrera de orientación es necesario seguir estudiando, a fin de encontrar cuáles son los indicadores más precisos para pronosticar mediante test, el nivel de los deportistas, pues los utilizados no muestran un gran grado de interdependencia, por ejemplo; se sugiere otros

estudios de frecuencia cardíaca y ácido láctico a ser aplicados en diversos puntos de control durante el recorrido de una prueba de orientación, para verificar si hay una relación entre el nivel de acumulación de ácido láctico y el comportamiento de la frecuencia cardíaca con los errores cometidos por el atleta, lo que determinará su rendimiento.

- Es importante que se evalúe el rendimiento de los deportistas mediante el uso de GPS que nos arrojará datos del recorrido exacto que cubre el atleta, para obtener resultados más precisos en base a los errores cometidos, lo que permite hacer comparaciones entre los mismos con los índices de lactato, Frecuencia cardíaca y VO2 máx.

5.2. RECOMENDACIONES

- Con este trabajo se plantea a futuro determinar una mejor preparación de los atletas de orientación, al utilizarlo como referencia para entrenar a los deportistas con la finalidad que mejoren su tolerancia al lactato para que puedan tener un mejor rendimiento en los entrenamientos y en las competencias sin perjudicar el aspecto cognitivo de los mismos, ya que éste es de gran importancia para el deportista porque necesita mantener una buena concentración mental desde el inicio hasta el final de la prueba, en vista que la acumulación de lactato en sangre perjudica además de la parte física el aspecto cognitivo, lo que hace que su toma de decisiones y concentración sea afectada.

- Coordinar con el Ministerio del Deporte para tener el apoyo en este tipo de investigaciones, con la finalidad de realizar los controles diarios de los diferentes deportistas élites del Ecuador y de esta manera conocer su proceso de evolución deportiva.

- Estos estudios son de gran importancia ya que sirven como base para la preservación de la salud de los deportistas que cumplen procesos exigentes de entrenamiento.

- Que los resultados obtenidos en esta investigación sobre el deporte de orientación sirvan de ayuda para el COT, los entrenadores y principalmente para los deportistas que clasificarán al equipo de Fuerzas Armadas con miras a participar en los próximos campeonatos mundiales.

- Publicar el presente estudio en la página web de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE como una guía de investigación para los estudiantes y profesionales de la Actividad física.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alonso. (1989).

Chávez, E. (s.f.). Sistema Cardiorespiratorio, Unidad 6.

Chicharro, & Fernández. (2001). Fisiología del Ejercicio. Madrid: Panamericana.

Dennis, Noakes, Bunc, S., & Sediok. (2004; 2009). Lamberts.

Forteza. (2010). Educacion Fisica. Ecos.

Garcia Manzo, J., Navarro, M., & Ruiz, J. (s.f.). Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo.

García Verdugo, M. (2007). Resistencia y Entrenamiento.

Gonzáles, J., & Sánchez, P. (s.f.). Estructura y Función del Cuerpo Humano. Fundación Universitaria Iberoamericana.

http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/989/18/T-ESPE-027464-4.pdf. (s.f.).

http://www.lactate.com/eslact1a.html. (2001). Obtenido de La Fisiología del Lactato y el Entrenamiento en Deportes, Sección I.

Match, & Pablos. (1985; 2005).

Meri, A. (2005). Fundamentos de Fisiología de la Actividad Física. Madrid: Editorial Médica.

Meri, A. (2005). Fundamentos de la Fisiología, Actividad Física y el Deporte. Madrid: Médica Panamericana.

Minguez, A. (2008). El Entrenamiento del Corredor de Orientación, Consejo Superior de Deportes. Madrid: Serie ICd N° 49.

POLAR. (s.f.). Manual del Operador 8.

Shepard. (1992).

Shephard, R., & Astrand, P. (1996).

Silva, C. G. (2002). Diccionario Básico del Deporte y la Educación Física. Colombia. Obtenido de http://salud.uncomo.com/articulo/cuales-son.los-tipos-de-frecuenciacardiaca 17772. Html #ixzz2i0Coj7mk.

Vidal, T. M. (2000). Especificaciones Internacionales para la Elaboración de Mapas de Orientación. España.

Wilmore, J. H., & David, C. (s.f.). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte.

www.rochediagnostics.es/.../prospecto_accutrend_lactato25%20tiras.pdf. (s.f.).

Zouhal, & Billat. (2001; 2002).

http://www.efdeportes.com/efd58/seven.htm

6.1. ANEXOS

6.1.1. TABLA N° 29

Coeficiente de correlación de variables

CORRELACIÓN DE VARIABLES		INICIO	FINAL
VARIABLES INDEPENDIENTES	**VARIABLE DEPENDIENTE**	**COEF. CORRELACIÓN**	**COEF. CORRELACIÓN**
FRECUENCIA CARDÍACA	RENDIMIENTO FÍSICO	-0,272152911	-0,167686504
LACTATO	RENDIMIENTO FÍSICO	0,343241621	0,350181923

CORRELACIÓN FC - RENDIMIENTO FÍSICO							
	REPOSO	**ESFUERZO MÁXIMO**	**1 MIN**	**2 MIN**	**3 MIN**	**4 MIN**	**5 MIN**
INICIO	-0,24516941	-0,27215291	0,04191695	-0,30246752	-0,41415018	0,23667902	0,20667295
FINAL	-0,18479912	-0,1676865	0,01539353	-0,24042284	-0,36443212	-0,10596604	0,1310948

CORRELACIÓN LACTATO - RENDIMIENTO FÍSICO							
	REPOSO	**ESFUERZO MÁXIMO**	**1 MIN**	**3 MIN**	**5 MIN**	**7 MIN**	**10 MIN**
INICIO	-0,17454483	0,34324162	0,27532036	0,38307984	0,36336351	0,38211045	0,36902925
FINAL	-0,28716976	0,35018192	0,29320356	0,33516105	0,3351389	0,37633328	0,30120917

6.1.2. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Frecuencia Cardíaca.-** Son las veces que late el corazón por unidad de tiempo. Normalmente se expresa en pulsaciones por minuto.
- **Lactato.-** Es un compuesto orgánico formado por carbón, hidrógeno y oxígeno. La fórmula química del lactato es C3H5O3 y se produce de forma natural en el organismo de cada persona.
- **Rendimiento físico.-** Es la capacidad de realización de actividades físicas con la mayor performance y el menor gasto energético de las marcas a alcanzar. El rendimiento físico de un deportista está íntimamente ligado al Metabolismo Energético, que en función del tipo de actividad deportiva, duración e intensidad va tener unas claves diferentes.
- **Carga.-** Son las diversas actividades encaminadas al desarrollo de las distintas capacidades, las cuales sirven de base para el desarrollo de las capacidades que influyen y determinan en el deporte seleccionado.
- **Capacidades físicas.-** Son consideradas como los requisitos previos delimitables de la motricidad. Su modificación a lo largo de la evolución del individuo tiene lugar a partir de un proceso natural de cambio. Estas pueden dividirse en capacidades físicas determinantes y condicionantes en dependencia de la caracterización de la actividad o del deporte.
- **Rendimiento individual.-** Indica el grado en que éste ha alcanzado los objetivos del programa. Esto será utilizado por el entrenador para determinar en qué aspectos debe enfatizar la enseñanza; servirá además, a la finalidad de calificar a los deportistas testados.
- **Diagnóstico.-** La utilización de la medida con finalidad diagnóstica indica la ubicación del individuo en cuanto a los fundamentos de la actividad a realizar. Este conocimiento será útil al entrenador para clasificar a los deportistas de acuerdo a sus habilidades básicas, y planificar así el programa de entrenamiento, partiendo de los conocimientos que cada sujeto o grupo posee.
- **Bases de datos.-** Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.

- **Resultado deportivo.-** Es un proceso que va orientado principalmente, al logro de elevados resultados dado por un aumento del rendimiento deportivo. Tiene que ver directamente con la ubicación que el deportista alcance en una competencia.
- **Reloj Polar**.- Es un pulsómetro electrónico que mide de forma gráfica y digital las pulsaciones del corazón por minuto.
- **Máquina analizadora Accutrend Plus.-** Es el equipamiento adecuado para el rastreo, diagnóstico y monitoreo terapéutico de trastornos metabólicos y factores de riesgo cardiovascular en el consultorio o en la farmacia. Se utiliza para la medición cuantitativa de cuatro parámetros sanguíneos: glucosa, colesterol, triglicéridos y lactato.
- **Test De Lactato.-** Es una prueba sencilla que se realiza sobre un tapiz rodante en un Laboratorio de Fisiología del Ejercicio o en una pista de atletismo, y que básicamente consiste en obtener una micro muestra de sangre (generalmente capilar del pulpejo del dedo) para valorar la concentración de lactato a distintas intensidades (velocidad) de ejercicio, conformando una curva de lactato.