

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS METABOLITOS DURANTE
EL CICLO PREPARATORIO DEL GRUPO DE NADADORES CON
MONOALETA Y SELECCIÓN VALLE 2013**

**BETTY OVIEDO SARRIA
LIC. BIOQUIMICA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
SANTIAGO DE CALI
2015**

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS METABOLITOS DURANTE
EL CICLO PREPARATORIO DEL GRUPO DE NADADORES CON
MONOALETA Y SELECCION VALLE 2013**

**BETTY OVIEDO SARRIA
LIC. BIOQUIMICA**

**Trabajo de investigación para optar al título de:
Magister en Ciencias Biológicas
Director: BLANCA C. SALAZAR MD., MSc**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
SANTIAGO DE CALI
2015**

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Grado,
en cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Universidad del Valle
para optar al título de Magister en
Ciencias Biomédicas.

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, Junio de 2015

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- Escuela Nacional del Deporte, por facilitar la realización de la presente investigación.
- La convocatoria interna de la Universidad del Valle.
- El Grupo Nutrición de la Universidad del Valle
- Grupo de Investigación en Estudios Aplicados al Deporte de la Institución universitaria Escuela Nacional del Deporte
- La profesora y tutora Blanca C. Salazar C. MD. MSc., a la profesora Isabella Echeverry MD., PhD. al asesor epidemiólogo Yoseth Ariza MD. MSc.
- El entrenador Fabio Delgado D., por su entrega y disciplina.
- A todo el grupo de Natación con Mono-aleta selección Valle del año 2013.
- A la nutricionista Alba Piñeros por su colaboración incondicional.
- Los compañeros y amigos de trabajo por sus buenos aportes.
- Todos los compañeros del Departamento de Ciencias Fisiológicas y Bioquímica de la Universidad del Valle.
- A mi esposo e hijos por su apoyo incondicional, paciencia por las largas horas de ausencia durante mi estudio.
- A mis padres, hermanos, sobrina por su colaboración de diferentes maneras en todos los momentos.
- A mis amigos de la Escuela Nacional del Deporte Alfredo Restrepo, Wilbor Estam Perea y Liliana Jiménez por su ayuda incondicional en la tesis.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	16
RESUMEN	21
INTRODUCCIÓN	23
1. MARCO TEÓRICO	26
1.1 NATACIÓN CON MONOALETAS.....	26
1.2 ENTRENAMIENTO DEPORTIVO.....	27
1.3 EFECTOS ADVERSOS DEL ENTRENAMIENTO	30
1.4 MECANISMOS CELULARES DE ROTURA MUSCULAR	32
1.5 EVALUACIÓN DE EFECTOS ADVERSOS ENTRENAMIENTO EN DEPORTE DE ALTO RENDIMIENTO	35
1.6 MARCADORES BIOQUÍMICOS	36
1.6.1 Creatin Kinasa y CKMM.....	36
1.6.2 Urea.	42
1.6.2.1 La urea y el ejercicio físico.....	45
1.6.2.2 Sistema endocrino y ejercicio.	46
1.6.2.3 El cortisol y el ejercicio físico.	48
1.6.3 La Testosterona y el ejercicio físico	50
1.6.4 Cociente Testosterona/Cortisol.....	54
1.7 EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA	57
2. OBJETIVOS.....	59
2.1 OBJETIVO GENERAL	59
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	59
3. METODOLOGÍA GENERAL	60
3.1 TIPO DE ESTUDIO.....	60
3.2 POBLACIÓN	60

3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	61
3.3.1 Criterios de Inclusión	61
3.3.2 Criterios de Exclusión	61
3.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES	62
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	63
3.6 PROCEDIMIENTOS	65
3.6.1 Entrenamiento.....	66
3.6.2 Evaluaciones y Determinaciones Bioquímicas.....	69
3.6.3 Recomendaciones previas a la toma de muestra	70
3.6.4 Toma de muestra.	70
3.6.5 Recomendaciones para recolección y manipulación de las muestras	71
4. ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LOS MARCADORES	73
4.1 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA CK.....	73
4.2 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE CK-MM, TESTOSTERONA Y CORTISOL.	73
4.3 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA CKMM:.....	74
4.4 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA TESTOSTERONA Y DEL CORTISOL	74
4.4.1 Determinación de la relación T/C y de Porcentajes de variación	76
4.5 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA UREA.....	76
5. MEDICIONES Y ANÁLISIS ANTROPOMÉTRICO.....	78
5.1 RECOMENDACIONES PREVIAS A LA EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA	78
5.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA.....	79
5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS: LAS MEDIDAS REALIZADAS FUERON, PESO, TALLA, % DE GRASA CORPORAL Y % MASA MUSCULAR.....	80
5.3.1 Calculo del Porcentaje de grasa corporal	81
5.3.2 Masa de tejido muscular	82
6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	84
6.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	84
6.2 NORMATIVIDAD ÉTICA.....	85
7. RESULTADOS.....	86

7.1 [CK] TOTAL EN DEPORTISTAS DEL SEXO FEMENINO Y MASCULINO	86
7.1.1 [CK] Total en el sexo femenino	86
7.1.2 [CK] Total en el sexo Masculino	90
7.2 [CK-MM] TOTAL EN DEPORTISTAS DEL SEXO MASCULINO Y FEMENINO	96
7.2.1 [CK-MM] Total en el sexo femenino	96
7.2.2 [CK-MM] Total en el sexo masculino	97
7.2.3 [CKMM] Total en deportistas del sexo femenino y masculino	98
7.3 CONCENTRACIÓN Y PORCENTAJES DE CAMBIO DE TESTOSTERONA, CORTISOL Y RELACIÓN T/C POR SEXO DE TODOS LOS MESES (JUNIO-NOVIEMBRE 2013)	99
7.3.1 Concentración y Porcentajes de cambio de Testosterona, Cortisol y relación T/C de cada mes en el sexo femenino	101
7.3.2 Concentración y Porcentajes de cambio de Testosterona, Cortisol y relación T/C de cada mes en el sexo masculino	107
7.4 [U] TOTAL EN EL SEXO FEMENINO	113
7.5 MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS POR SEXO	118
7.5.1 Mediciones Antropométricas del sexo femenino	118
8. DISCUSIÓN	120
9. CONCLUSIONES	129
10. RECOMENDACIONES	131
BIBLIOGRAFIA	132
ANEXOS	152

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Zonas de entrenamiento y control (Maglischo 1990)	67
Tabla 2. Cronograma de pruebas año 2013 del mes de Marzo y desde Junio a Noviembre	69
Tabla 3. Medidas de tendencia central y de dispersión de la [CK] en deportistas del sexo femenino determinadas mensualmente	87
Tabla 4. Medidas de tendencia central y de dispersión de la [CK] en deportistas del sexo Masculino determinadas mensualmente	91
Tabla 5. Medidas de tendencia central de la [CK-MM] en deportistas del sexo femenino determinadas mensualmente.	97
Tabla 6. Medidas de tendencia central de la [CK-MM] en deportistas Hombres determinadas	98
Tabla 7. Medidas de tendencia central de T, C, relación T/C, y porcentajes de variación respectivos % T, % C y % T/C por sexo entre Junio y Noviembre del 2013.....	100
Tabla 8. Medidas de tendencia central de T, C, relación T/C, y porcentajes de variación respectivos % T, % C y % T/C en el sexo femenino entre Junio y Noviembre del 2013.....	102

Tabla 9. Medidas de tendencia central de T, C, relación T/C, y porcentajes de variación respectivos % T, % C y % T/C en el sexo masculino entre Junio y Noviembre del 2013.....	108
Tabla 10. Medidas de tendencia central de la [U] en deportistas Mujeres determinadas mensualmente.....	114
Tabla 11. Mediana de la Concentración de Urea en el sexo masculino	116
Tabla 12. Antropometría se compararon Febrero con Julio, Julio con Noviembre, y Febrero con Noviembre para el sexo femenino, ($p < 0,05$).....	118
Tabla 13. Antropometría se compararon Febrero con Julio, Julio con Noviembre, y Febrero con Noviembre para el sexo masculino ($p < 0,05$)	119

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. CK (U/L) por deportista del sexo femenino. Marzo y Junio-Noviembre del 2013	86
Gráfica 2. Mediana y rango intercuartilico de la CK (U/L) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	87
Gráfica 3. CK (U/L) por deportista del sexo femenino. Marzo y desde Junio-Noviembre del 2013, incluyendo determinaciones semanales desde el mes de septiembre	88
Gráfica 4. Seguimiento de la CK (U/L) por deportista del sexo femenino. Desde el mes de Marzo hasta Noviembre del 2013	89
Gráfica 5. CK en (U/L) por deportista del sexo Masculino. Marzo y Junio-Noviembre del 2013	90
Gráfica 6. Mediana y rango intercuartilico de la CK (U/L) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	92
Gráfica 7. CK (U/L) por deportista del sexo masculino. Marzo y desde Junio a Noviembre del 2013, incluyendo determinaciones semanales desde el mes de Septiembre	93
Gráfica 8. Seguimiento de la CK (U/L) por deportista del sexo masculino. Desde el mes de Junio a Noviembre.	94

Gráfica 9. CK mediana de hombres y mujeres desde el mes de Marzo a Noviembre	95
Gráfica 10. [CK-MM] mU/mL por deportista del sexo femenino. Junio-Noviembre del 2013	96
Gráfica 11. [CK-MM] mU/mL por deportista del sexo masculino. Junio-Noviembre del 2013	97
Gráfica 12. Evaluación de la [CK-MM] total. Medianas entre hombres y mujeres del mes de Junio a Noviembre.....	99
Gráfica 13. Mediana y rango intercuartilico de la T (ng/dl) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	103
Gráfica 14. Mediana y rango intercuartilico de la C (µg/dl) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	104
Gráfica 15. Mediana y rango intercuartilico de la relación T/C del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	104
Gráfica 16. Mediana y rango intercuartilico del % T/C de variación del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	105
Gráfica 17. Concentración de T (ng/dl) y C (µg/dl) en deportistas mujeres por meses	106
Gráfica 18. % de cambio para T y C en mujeres por meses.....	106
Gráfica 19. Mediana y rango intercuartilico de la T (ng/dl) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013.....	109

Gráfica 20. Mediana y rango intercuartilico de la C ($\mu\text{g/dl}$) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013.....	109
Gráfica 21. Mediana y rango intercuartilico de la relación T/C del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013.....	110
Gráfica 22. Mediana y rango intercuartilico del % T/C de variación del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013	110
Gráfica 23. [T] en ng/dl y [C] en $\mu\text{g/dl}$ en hombres por meses	111
Gráfica 24. % de cambio para T y C en hombres por meses	112
Gráfica 25. [UREA] mg/dL por deportista del sexo Femenino. Marzo y Junio- Noviembre del 2013.....	113
Gráfica 26. Mediana y rango intercuartilico de la Urea (mg/dL) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013.....	114
Gráfica 27. [UREA] mg/dL por deportista del sexo Masculino. Marzo y Junio- Noviembre del 2013.....	115
Gráfica 28. Mediana y rango intercuartilico de la Urea (mg/dL) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013.....	116
Gráfica 29. Medianas de la Urea entre hombres y mujeres de junio a noviembre	117

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de las cargas de entrenamiento por áreas funcionales.	
Ciclo capacitación FECNA 2010	289
Figura 2. . Relación entre el comportamiento de la intensidad, el volumen, la distancia y la pausa.....	30
Figura 3. A. Fibra normal, B. ruptura de fibra, C. sarcómero normal D. Rotura de sarcómero	33
Figura 4. Modelo teórico del ciclo de daño y reparación muscular Kendall and Eston (2012)	34
Figura 5. Isoformas de la enzima CK y localización en diferentes tejidos/ órganos humanos	38
Figura 6. A y B. Circuito de la Fosforilación de la Cr en mitocondria para retroalimentar este depósito de fosfatos en el citoplasma (PCr), lo cual permite reabastecer de fosfatos al músculo que en su contracción continuamente hidroliza ATP adaptado de Saks. En B. Mecanismo de la lanzadera Cr/PCr con más detalle tomada del trabajo de Kay y Col., 2000	39
Figura 7. Esquema del circuito de la creatina cinasa y su asociación funcional con la fosforilación oxidativa Mi-CK, mitocondrial, CK _c , isoforma citosólica, CKMB, isoforma miofibrilar, AK, adenilato cinasa modificada.....	40
Figura 8. Ciclo de la glucosa – Alanina	43

Figura 9. Ciclo de la urea y reacciones que introducen grupos amino en el mismo.....	44
Figura 10. Control de secreción y acciones del cortisol	49
Figura 11. Mecanismos de acción y regulación de la testosterona.....	51
Figura 12. Flujograma de actividades	65
Figura 13. Plan de entrenamiento de deportistas de natación con monoaleta 2013-.....	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Formato de Historia Clínica para los deportistas de natación en el año 2013.....	153
Anexo B. Lista de asistencia al entrenamiento	157
Anexo C. Recomendaciones Nutricionales.....	158
Anexo D. Consentimiento o asentimiento informado	163
Anexo E. Antecedentes (deportivos, médicos, personales y familiares, nutricionales, de hábitos y estilos de vida).....	169
Anexo F. Evaluación por nutricionistas	178
Anexo G. Evaluación Antropométrica	181
Anexo H. Registro de metabolitos.....	183
Anexo I. Resumen del artículo: Evaluación del estrés fisiológico en deportistas de alto rendimiento	185
Anexo J. CK Total pre y post-competencia en deportistas participantes en los juegos mundiales del 2013	187
Anexo K. Antropometría de deportistas de natación con monoaleta previa a los juegos mundiales del 2013	189

GLOSARIO

Acondicionamiento físico: Es la preparación física del cuerpo para mantener la salud o para estar apto en la práctica de un deporte. En un deportista profesional, es la búsqueda del mejoramiento en la resistencia, la fuerza, la velocidad y la flexibilidad, entre otras habilidades.

Afloje: Período inicial de todo entrenamiento en piscina que permite que al nadarse en un ritmo suave, los músculos del cuerpo entren en calor y se incremente el ritmo cardiaco a fin de estar en condiciones fisiológicas de realizar el entrenamiento propiamente dicho, en el cual las cargas de trabajo son más demandantes. También se le llama al periodo final (Warm Down) del entrenamiento que nos sirve para relajar los músculos después de una sesión de entrenamiento y regresar a la actividad fisiológica normal.

Aletas: Accesorio para los pies del nadador que pueden simular la cola de un pescado o la pata de un pato, expanden la superficie corporal y al patear empujan con mayor fuerza el agua aumentando la distancia recorrida en el tiempo y por lo tanto la velocidad de natación. Las hay en diferentes versiones.

Brazada: Movimiento de los brazos y hombros propios de cada estilo de natación, se utiliza para lograr la propulsión del nadador

Cortisol (C): El cortisol es una hormona esteroidea, producida por la glándula suprarrenal. Tiene efecto catabólico en todas las células, incluidas las musculares, y participa en el mantenimiento de los niveles de glucosa en la sangre durante el ejercicio. Sus valores medios se encuentran entre 5 y 25 µg/dl reacciona ante estrés y fatiga a corto plazo.

Creatinquinasa (CK): Es una enzima metabólica. La CK es una enzima dimérica, fundamental en el transporte y almacenamiento de energía en las células musculares, ayuda en la producción de fosfocreatina, una molécula utilizada por tus músculos para la energía. La creatina quinasa normalmente se encuentra en tus músculos, pero el daño en la membrana que rodea el músculo puede causar que esta se filtre al torrente sanguíneo. Se encuentra en el músculo esquelético, músculo cardíaco y encéfalo, con escasa presencia en intestino y pulmón. Se utiliza en el diagnóstico biológico de daño muscular por sobrecarga con el ejercicio. Sus valores se encuentran en las mujeres entre 24-170 U/L en los hombres entre 24- 190 U/L pero en el ejercicio de alto rendimiento se ha determinado un valor máximo de 250 U/L

Creatinquinasa (CK-MM): Es una isoenzima específica del músculo esquelético se forma de las dos subunidades polipeptídicas de la CK M y B ayuda en la producción de fosfocreatina, una molécula utilizada por tus músculos para la energía. La creatina quinasa normalmente se encuentra en tus músculos, pero el daño en la membrana que rodea el músculo puede causar que esta se filtre al torrente sanguíneo.

Cronómetro: Reloj de mucha precisión que sirve para medir los tiempos obtenidos por los nadadores en una carrera.

Esprint (Sprint): Nado en el que se aplica la máxima velocidad posible.

Fondista: Nadador que se especializa en competir en pruebas largas o de fondo. 400, 800, 1500 mts.

Índice de masa corporal (IMC): El índice de masa corporal (IMC) es una medida de asociación entre la masa y la talla de un individuo

Los periodos del macrociclo incluyen: I. El período preparatorio, el II. Periodo competitivo, III. Periodo tránsito.

Macrociclo: Es el concepto que hace referencia al plan de organización general del entrenamiento, pudiendo dividirse en: anual, bianual y olímpico. Es la unión de varios mesociclos, a la vez incluyen los micros que son las semanas hasta llegar a la unidad de entrenamiento diario.

Mesociclo: Los Mesociclos de entrenamiento se identifican de acuerdo al orden consecutivo y al contenido de los objetivos, ellos permiten manejar el efecto del entrenamiento acumulativo de cada serie de Microciclos, aseguran un alto grado de entrenamiento. Se presentan a continuación de las etapas y su duración contempla de dos a ocho microciclos, pero el número de estos se determina por la cantidad de y complejidad de los objetivos a lograr y la cantidad de tareas que se deben cumplirse de acuerdo a las particularidades. Se planifican de acuerdo al Mesociclo base, desarrollo, estabilización, competitivo y mesociclo típico.

Miositis: La Miositis es la inflamación de los músculos que se usan para mover el cuerpo. Puede ser causada por una lesión, una infección o una enfermedad autoinmune. Dos tipos principales de Miositis son la polimiositis y la dermatomiositis. La polimiositis causa debilidad en los músculos y en general afecta a los músculos cercanos al tronco del cuerpo. La dermatomiositis causa también debilidad muscular y además un sarpullido en la piel.

Microciclo (Mic): Los microciclos son estructuras de organización del entrenamiento deportivo y están constituidos por un conjunto de sesiones de entrenamiento organizadas de manera coherente en función del tipo de microciclo de que se trate teniendo en cuenta el trabajo y el descanso. Son la parte variante del entrenamiento existe microciclos de entrenamiento, de competencia y complementarios

Patada: Movimientos realizados con las piernas y caderas que se utilizan para propulsarse y balancearse en cada estilo de natación

Periodo: La periodización del entrenamiento deportivo consiste en la estructuración de un proceso de entrenamiento deportivo en grandes períodos de tiempo. La periodización sirve para una mejor planificación del proceso de entrenamiento deportivo y esta estructuración nos va a permitir adquirir el estado de forma deportiva óptima para la consecución de logros deportivos.

Porcentaje de grasa corporal (%G): Proporción de grasa con respecto a la masa corporal

Relación cortisol/testosterona total (T/C): Es el índice entre la concentración de cortisol total en sangre y la concentración de testosterona total en sangre. Es uno de los parámetros que se utiliza para evaluar la presencia de estrés fisiológico o sobreentrenamiento.

Snorkell: Tubo hueco con boquilla que se utiliza para respirar con la cabeza sumergida en el agua. Se le usa, durante los entrenamientos en algunos estilos, para aislar la respiración mientras se trabajan aspectos técnicos de la brazada o de la posición del cuerpo.

Sobreentrenamiento (SEE): El sobreentrenamiento es una forma de exhaustación crónica y sistemática, más allá de la simple fatiga. Condición fisiológica y psicológica que se manifiesta como un estado de deterioramiento de la disposición atlética.

Testosterona libre (FT): Es la testosterona libre en la sangre que no se encuentra unida a proteínas

Testosterona total (TT): La testosterona es una hormona esteroide que está implicada en la acumulación y utilización del glucógeno muscular y en la síntesis proteica. Tanto los hombres como las mujeres producen esta hormona. Su síntesis controla el eje Hipotálamo-Hipofisario-testicular. Se incrementa linealmente en respuesta al ejercicio a una intensidad-UmbraI determinada y cuando el ejercicio se alarga hasta el agotamiento. Es un gran marcador a largo plazo. Sus valores medios oscilan entre: Mujeres (0,0-0,081), Hombres (0,24-1,84) µg/dl

Tiempo de Recuperación: tiempo en el cual disminuye la intensidad del movimiento, necesario como pausa en el entrenamiento para el restablecimiento de variables cardiopulmonares y musculares, para luego continuar con el tiempo de mayor carga de entrenamiento.

Urea (U): Producto de degradación de las proteínas y constituye la mitad de los productos en disolución en la orina. Su concentración en sangre oscila entre 10 y 50 miligramos por decilitro. La concentración de la urea en la sangre depende entre otros factores del aporte de proteínas en la dieta, del metabolismo de las proteínas, y del volumen de orina. Pueden encontrarse cifras un poco elevadas aun cuando la función de los riñones sea normal. La [urea] es un buen marcador biológico de la carga de entrenamiento porque es un excelente indicador del catabolismo en el organismo

Velocista: Nadador que se especializa en las pruebas cortas. 25, 50 y 100 mts.

RESUMEN

En la actualidad la natación con monoaleta es un deporte que se empieza a dar a conocer, y del cual no se encuentran publicaciones. Los deportistas de nuestro país en los últimos años han obtenido resultados destacados en muchos campeonatos. Se hace necesario hacer un seguimiento más científico del entrenamiento que permita generar un mayor conocimiento de éste deporte y por lo tanto mayores logros deportivos. Investigar sobre las adaptaciones fisiológicas y el comportamiento de algunas variables bioquímicas debe ser un primer paso. En la presente investigación se estudió el comportamiento de algunas variables bioquímicas y antropométricas importantes durante el entrenamiento de los deportistas de natación con monoaleta.

Objetivo: Evaluar el comportamiento de marcadores bioquímicos en el grupo de deportistas de alto rendimiento en natación con monoaleta de la selección Valle durante un periodo del entrenamiento del año 2013.

Metodología: Se analizaron las muestras en suero de 15 deportistas del sexo masculino y femenino. El tipo de estudio fue observacional de cohorte dinámica. Se realizaron las mediciones de las variables bioquímicas (CK, Urea, Testosterona y cortisol), se realizó la antropometría destacando las siguientes variables (porcentaje muscular, porcentaje de grasa corporal, IMC, talla y peso). Las mediciones se realizaron a partir del mes de Marzo y de Junio a Noviembre durante el año 2013.

Resultados: En relación con la CK se encontraron diferencias en los resultados obtenidos para los dos sexos. En el grupo de mujeres se encontró que la mediana estuvo en el rango de 100 a 150 U/L en la mayoría de los meses. Sin embargo, 2 deportistas de este grupo tuvieron valores 7 y 8 veces mayores al máximo valor de referencia. En el grupo de hombres se encontró que la mediana en los diferentes

meses estuvo por debajo de 250 U/L, sin embargo hubo 3 deportistas que tenían valores más altos que el de referencia.

En relación con los niveles de Urea, realizados mensualmente, se pudo evidenciar, para el sexo femenino, que los valores estuvieron dentro de los valores de referencia (10-50mg/dl). En los hombres los valores de urea, realizados mensualmente, estuvieron bajo los valores de referencia a excepción de un deportista que sobrepasó este valor en el mes de septiembre.

Los niveles de concentración de testosterona oscilaron alrededor del rango normal de referencia pero su valor cayó apreciablemente a lo largo de los diferentes meses evaluados, con respecto al valor basal, registrado en el mes de Marzo. En nuestro estudio obtuvimos un incremento del cortisol con respecto al valor basal pero al igual que la testosterona se mantuvo dentro del rango de referencia (5 a 25µg/dl).

PALABRAS CLAVES: Natación con monoaletas, CK, CK-MM, T, C, T/C de ref. % de variación T/C

INTRODUCCIÓN

La Natación con Aletas es un deporte subacuático que se practica en piscina y en aguas abiertas, se originó en la década de los años 60 y cada vez se practica en más regiones del mundo. La actividad competitiva de este deporte, es coordinada por la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (C.M.A.S), Colombia es potencia a nivel panamericano y ha sido reconocida a nivel mundial (1). La Natación con aleta no es un deporte olímpico, puesto que para ello debe cumplir con las normas y principios fundamentales del Comité Olímpico Internacional (2). La natación con aletas es un deporte cíclico de tiempo y marca, como cualquier otro tiene su propio gesto deportivo. En estos deportistas a nivel competitivo se utiliza como referencia para cuantificar las cargas aplicadas, la clasificación por áreas funcionales (3), en las que el comportamiento de las variables metabólicas y las respuestas fisiológicas cambian de acuerdo a la intensidad y el volumen del entrenamiento. Estos deben ajustarse para lograr el incremento del acondicionamiento físico del deportista y la capacidad del músculo esquelético para desarrollar fuerza (4), evitando quedarse corto con el estímulo o sobrepasar el estrecho margen que existe en los deportistas de alto rendimiento entre la adaptación y el estrés fisiológico, y en los casos extremos el sobreentrenamiento (5). Además del control de la carga es importante mantener el equilibrio entre el esfuerzo y la recuperación durante el entrenamiento (6).

Existen diferentes indicadores (externos e internos) que permiten la evaluación del efecto del entrenamiento en el rendimiento físico del deportista, sin embargo, es necesario además controlar la aparición de condiciones adversas generadas por el tipo de entrenamiento. En este sentido, se han propuesto protocolos y marcadores que permiten cumplir con este objetivo, entre ellos son importantes: El control médico regular que proporciona información amplia sobre las condiciones y el estado de salud del deportista; las evaluaciones periódicas con marcadores fisiológicos y bioquímicos que permiten saber si las cargas de entrenamiento y los

tiempos de recuperación son los adecuados, y además permiten evaluar la presencia, si es que existe, del estrés fisiológico o algún nivel de fatiga. Entre los marcadores más utilizados están los bioquímicos por ser muy accesibles, menos invasivos y con un grado confiable de sensibilidad (7). Hasta el momento, no existen investigaciones publicadas en bases de datos indexadas respecto a estas evaluaciones en deportistas de natación con aletas, que como se afirmó anteriormente, es un deporte en el que los colombianos han tenido protagonismo a nivel internacional. Por este motivo, este es un campo de investigación importante en el deporte de alto rendimiento de nuestro país por medio del cual se puede contribuir a la fundamentación teórica de estos métodos de evaluación.

Entre los marcadores más utilizados mundialmente, por su importancia en el control del entrenamiento, están: CK total, CK-MM, testosterona, cortisol y urea (8). El incremento de los valores de referencia de la CK total en sangre permite determinar el daño muscular como producto de las sesiones de entrenamiento, así como su evolución durante la recuperación entre éstas. De la CK total, la mayor proporción que proviene del músculo esquelético es de la isoforma CK-MM, por lo tanto, permite evaluar el daño muscular de manera más específica. (8).

Las hormonas como la testosterona (T) y el cortisol (C) son utilizadas para evaluar el estado de la regulación metabólica del deportista. El C está íntimamente relacionado con el estrés y los procesos catabólicos mientras que la T se asocia con procesos anabólicos, por lo tanto, el uso del índice T/C permite estudiar la relación entre estos dos procesos, proporcionando información sobre la adaptación o las alteraciones de esta (estrés fisiológico, fatiga) a los niveles de intensidad y duración utilizados en el entrenamiento. Se ha reportado que en esfuerzos cortos e intensos, ambas hormonas aumentan, pero si la intensidad del ejercicio es muy alta, la T baja y el C sube (9). La urea es un compuesto nitrogenado y representa el principal producto terminal del metabolismo de las proteínas durante el ejercicio. Es utilizado como un indicador de la intensidad del trabajo muscular, se eleva inmediatamente

después de un ejercicio de suficiente volumen, pero con una buena recuperación regresa a sus cifras normales al siguiente día. (10)

En este trabajo de investigación nuestro objetivo fue evaluar el comportamiento de marcadores bioquímicos en un grupo de deportistas de alto rendimiento en natación con monoaleta, selección Valle, durante un periodo del entrenamiento del año 2013, en el cual estos deportistas fueron participantes del campeonato mundial “Word Games” en la ciudad de Cali. Para lograr este objetivo, se tomaron muestras sanguíneas 36 horas pos-entrenamiento, teniendo en cuenta el comportamiento cinético de cada marcador. Al tomar la muestra se registraba información sobre el tiempo de entrenamiento, cumplimiento de recomendaciones y condiciones de salud del deportista. Se construyeron las bases de datos con los resultados obtenidos. Posteriormente se procedió al análisis descriptivo por sexo y por mesociclos del comportamiento de cada marcador en el periodo medido. Los resultados obtenidos nos permitirán afirmar si el plan de entrenamiento realizado contribuyó más al proceso adaptativo que al de estrés fisiológico en los deportistas evaluados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 NATACIÓN CON MONOALETAS

La natación con aletas es una disciplina deportiva practicada a nivel mundial; su origen se remonta a 1960 en la antigua unión soviética. Se observó que en los buzos proporcionaba mayor desplazamiento y velocidad debajo del agua, fue usado por los submarinistas soviéticos con fines bélicos. Como deporte se practica desde hace muchos años y en varios países, no es muy conocido a nivel mundial. Hace más de 30 años se vienen realizando competencias internacionales, es avalada por la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS), quienes han tratado últimamente de incluir este deporte en el programa de los Juegos Olímpicos. En el Continente Americano, la participación ha sido más bien discreta aunque Colombia ha ocupado lugares destacados en varios campeonatos del mundo. Desde el año 2009 al 2014, Colombia no se baja del pódium en los mundiales (1), en el año 2013 algunos de los deportistas participantes de este estudio obtuvieron medalla de oro en Kazán (Unión Soviética).

En la natación con aletas el deportista asume la postura de extensión de los miembros superiores al frente de la cabeza para disminuir la resistencia del agua, el movimiento consiste en la propulsión ondulatoria en sentido antero-posterior (delfineo), desde la región lumbar que se extiende por la cadera hasta producir la patada con los miembros inferiores que están dentro de la monoaleta, generando por lo tanto un gran impulso y mayor desplazamiento que en la natación libre. Los movimientos ondulatorios se sincronizan con la respiración y la fuerza propulsora de la patada es ejecutada por los músculos del abdomen inferior y los de la cara anterior de los miembros inferiores, en tanto que, la elevación de la monoaleta se realiza por contracción de la región lumbar, los glúteos, y los gemelos. La postura y la fuerza del movimiento es importante en la efectividad de la patada, en el caso contrario podría frenarse el movimiento. La monoaleta mejora la velocidad en el

agua hasta en un 60%, el tiempo del récord mundial para 50m libre es cerca de 21 segundos, mientras que el tiempo del record de monoaleta oscila entre 14 y 16 segundos, lo cual equivale a velocidades de 12 Km/h aproximadamente.

Existen tres modalidades de natación con aletas que son: en superficie, en Inmersión o apnea y con tanque. En la natación con tanque, hay inmersión de todo el cuerpo y el competidor recorre distancias desde 100 hasta 800 m con un cilindro de aire comprimido, similar a los utilizados en el buceo pero de menor volumen. En la natación con apnea todo el tiempo transcurre por debajo del agua sin sistemas de aireación, la distancia recorrida en estos casos puede ser de 50 a 100m. En la natación en Superficie se requiere de la utilización de un snorkell o tubo respirador, que permite la respiración del medio ambiente, mientras mantiene la cabeza sumergida dentro del agua, las distancias que se recorren en esta modalidad van desde 50m hasta 1500 m en piscina y desde 2 hasta 20 kilómetros en aguas abiertas. En todas estas modalidades el competidor en ningún momento saca la cabeza del agua por lo que la natación con aletas se considera como un deporte subacuático.

1.2 ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Desde el punto de vista biológico, el entrenamiento deportivo genera unas condiciones de mayor actividad muscular que conllevan a la adaptación del organismo desde el nivel funcional hasta el celular. (7) La aparición de todos estos cambios depende de la calidad y organización del entrenamiento como de sus características: intensidad, duración y la relación trabajo/reposo (4). Hay diferentes programas de entrenamiento en Natación, sin embargo este es un deporte que necesita de un programa cíclico de cargas, en el cual se respeten principios como el predominio energético de una vía metabólica específica y los procesos de recuperación. Las pausas entre estímulos permiten una mejor tolerancia de los esfuerzos, recuperación de la fuerza muscular local, y mejor eficiencia técnica y

biomecánica, con menor costo energético. La planeación del entrenamiento debe tener un propósito dirigido cuidadosamente según la temporada, teniendo en cuenta los logros en tiempos y la preparación para las competencias.

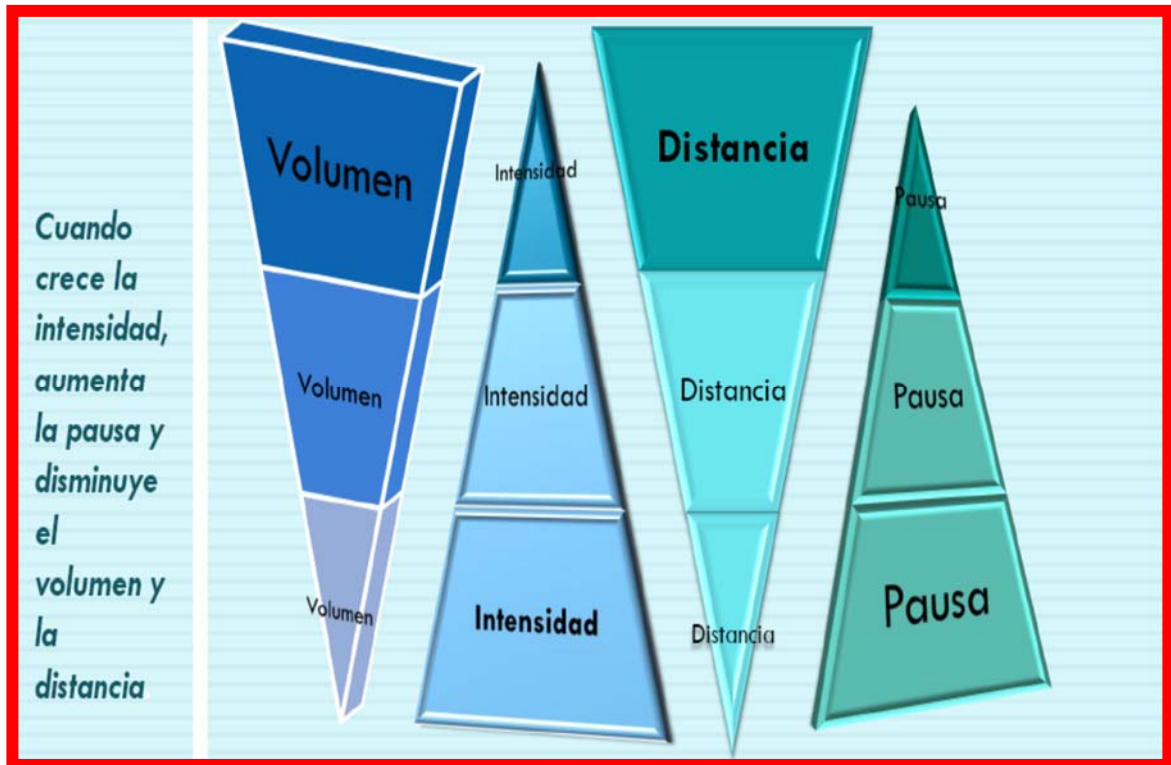
Uno de los modelos utilizados de entrenamiento en natación es el de la clasificación de cargas de entrenamiento por áreas funcionales a diferentes niveles de lactato (3), puesto que permite especificar las cargas y planear los periodos de esfuerzo y recuperación. Como se observa en la fig. 1. son zonas aeróbicas desde la zona cero hasta la tres en la que el lactato esta entre 0 y 10 mMol/litro y la zona anaeróbica en la que el lactato ya está entre 12 y 20 mMol/L

Para la planeación del entrenamiento se debe tener en cuenta además del cálculo de las cargas de entrenamiento, la relación que hay entre intensidad, volumen, duración del entrenamiento y pausas de recuperación. Se sabe que si se aumenta la intensidad el volumen y la duración deben disminuir mientras que el tiempo de pausa se debe incrementar (Moccagatta, O. et al, 2007), tal como se muestra en la siguiente fig. 2.

Figura 1. Clasificación de las cargas de entrenamiento por áreas funcionales.
Ciclo capacitación FECNA 2010



Figura 2. . Relación entre el comportamiento de la intensidad, el volumen, la distancia y la pausa.



1.3 EFECTOS ADVERSOS DEL ENTRENAMIENTO

El objetivo del entrenamiento es generar cambios adaptativos en el deportista que potencien el desarrollo de fuerza, mayor velocidad o resistencia para de esta manera favorecer su desempeño en las competencias, sin embargo, en el entrenamiento de alto rendimiento hay un margen estrecho entre las adaptaciones y los efectos adversos que pueden desencadenarse como complicaciones (7). En el entrenamiento de alto rendimiento se han reportado diversos efectos en diferentes sistemas orgánicos, algunos de los cuales son adversos, por ejemplo el llamado “Síndrome del corazón del deportista” con el que hay alteraciones del ritmo desencadenados por el cambio del tamaño del corazón (11). En situaciones de

ejercicio intenso con condiciones de calor extremo se ha descrito insuficiencia renal aguda, coagulación intravascular diseminada y muerte (12) Sobre el sistema endocrino se ha documentado incremento de las catecolaminas, cortisol, prolactina, hormona corticotropa (ACTH) y betaendorfinas (13), cambios relacionados con el conocido estrés fisiológico (14), producido por el ejercicio y de presentación muy frecuente, el cual, al incrementarse puede llegar a lo que se conoce como el síndrome del sobreentrenamiento. Otros cambios reportados son en el sistema gastrointestinal (15), en el metabolismo de las grasa específicamente en el colesterol y triglicéridos (16), en el sistema reproductor se ha descrito el hipogonadismo, los cambios de la concentración de testosterona y en las mujeres la amenorrea secundaria al hipoestrogenismo, el retraso de la menarquia y la osteoporosis (7). Los efectos por la suplementación utilizada para aumentar la capacidad muscular y los usados como quemadores de grasa son también muy reportados en el entrenamiento de alto rendimiento. Entre los efectos adversos más frecuentes están las microrroturas musculares (1), o rotura de sarcomeros musculares (19), que produce una inflamación ligera (20) y dependiendo del número de fibras implicadas se acompaña de dolor (21-22). Las microrroturas son completamente aleatorias, se afirma que son más frecuentes en los músculos rápidos y en contracciones excéntricas (23). Las zonas más afectadas son las uniones musculotendinosas, esto se debe a que esta zona es de transición y es donde se ejerce bastante tensión. La producción del dolor y la debilidad muscular se deben, principalmente, a los procesos inflamatorios desencadenados por el daño micromuscular producido (24). En los deportistas de alto rendimiento la mayoría de las veces presentan una proporción de rotura de las células musculares con el entrenamiento, cuando la carga de entrenamiento no ha sido adecuada o la condición física del deportista es insuficiente (18). Esta condición es necesario controlarla para impedir un desenlace más severo que puede ser el desgarró a nivel local o el hacer parte de un proceso más sistémico que es el sobreentrenamiento. Veamos algunos mecanismos que explican la presencia de estas microrroturas musculares.

1.4 MECANISMOS CELULARES DE ROTURA MUSCULAR

Como respuesta al ejercicio excéntrico las fibras musculares pueden ser sometidas a estiramiento excesivo y generarse rotura de la membrana celular, los túbulos, el sarcómero, el citoesqueleto, lo cual favorece la entrada del calcio extracelular al citoplasma. Este daño ultraestructural puede durar entre 2 a 10 días y generar inflamación y dolor (agujetas) que aparecen entre las 8 y 24 horas y pueden persistir hasta 5 a 7 días (25). Estos cambios se acompañan de déficit de movilidad articular y pérdida de fuerza muscular debido al deterioro de las células musculares comprometidas y dependiendo de la relación entre la carga y la recuperación se producirá o no un mayor daño.

En el caso de ejercicio intenso y sostenido pero no excéntrico encontramos que la energía y la disponibilidad de metabolitos, que permiten que los músculos se puedan contraer, disminuyen. Lo anterior, da como resultado que los grupos motores no estén en condiciones de cumplir con la carga de trabajo Impuesta. Este desequilibrio metabólico (depleción de ATP) afecta el funcionamiento de las bombas ATPasa de Calcio y ATPasa de sodio y potasio, lo cual altera la permeabilidad de la membrana incrementándose el paso del calcio desde el espacio extracelular al intracelular. Este cambio del calcio intracelular tanto por ejercicio excéntrico como por ejercicio de alta intensidad y duración generan acumulación de este ion que favorece la actividad de algunas enzimas proteolíticas, las cuales, participan en la degradación de las proteínas musculares y de las proteínas que regulan la permeabilidad celular, produciéndose la fuga de algunos contenidos celulares a la circulación y llevando a la célula a la necrosis fig.3, (21-22). El aumento de Ca^{++} citoplasmático además tiene un efecto desestabilizador en el esqueleto celular, porque favorece la pérdida de puntos de fijación de las moléculas de actina y tubulina a la membrana, lo que lleva a la formación de "burbujas", signo de muerte celular inminente. Otro efecto del incremento intracelular de Ca^{++} es la ruptura de las uniones intercelulares que altera la forma de las células y también el transporte

y la comunicación intercelular. Durante los minutos que siguen a un incremento de Ca^{++} citoplasmático se produce un aumento en la expresión de los genes llamados de transcripción, como son los C-FOS, C-JUN, MIO-D y miogenina, los cuales estimulan la activación de macrófagos, polinucleares y proteinquinasa, que dan inicio al proceso de "limpieza y reparación". Éste se comporta siguiendo un programa preexistente, coordinado por la expresión o inhibición de una serie de péptidos que guían las secuencias de necrosis, inflamación, fagocitosis, revascularización, creación de nuevos miotubos y reinervación. (26)

La realidad es que parece que estos procesos mecánicos y metabólicos aun no son completamente entendidos, se piensa que hay una serie de eventos que hacen que aumente el estrés oxidativo, la inflamación y la respuesta inmune. La pérdida de proteínas celulares de las miofibrillas se produce en varias etapas a lo largo de un proceso continuo fig. 4. Factores como la temperatura extrema, abuso de alcohol, ejercicio extenuante, o ultra maratones pueden provocar una perturbación en la que sería necesaria la intervención médica para prevenir el daño renal permanente, principalmente por efectos nefrotóxicos de la mioglobina.

Figura 3. A. Fibra normal, B. ruptura de fibra, C. sarcómero normal D. Rotura de sarcómero

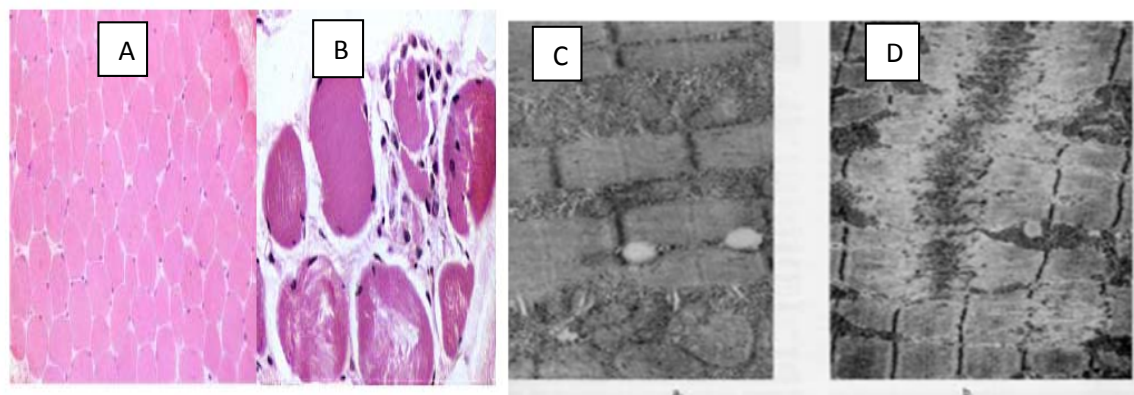
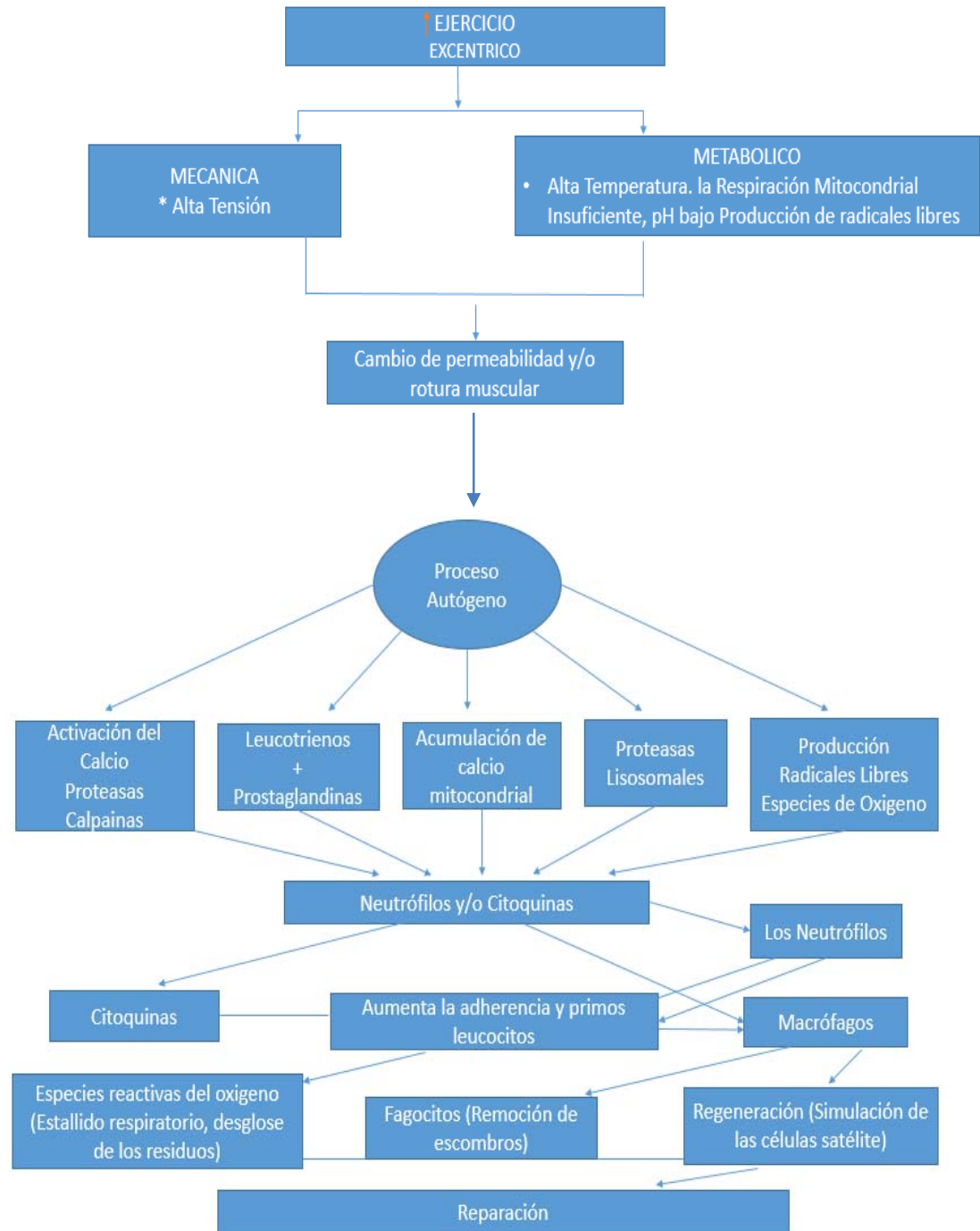


Figura 4. Modelo teorico del ciclo de daño y reparacion muscular Kendall and Eston (2012)



Los síntomas de la ruptura muscular no son específicos y su desarrollo es lento; en principio puede hacer parte de lo que se conoce como estrés fisiológico, pero si la extensión del daño es mayor se presenta como fatiga aguda que es la pérdida o disminución de la capacidad para generar fuerza muscular y en casos más severos hay además compromiso sistémico y se produce el síndrome de sobreentrenamiento en el que ya hay presencia de síntomas fisiológicos, psicológicos, biomecánicos e inmunológicos.

1.5 EVALUACIÓN DE EFECTOS ADVERSOS ENTRENAMIENTO EN DEPORTE DE ALTO RENDIMIENTO

El control del entrenamiento es un proceso complejo, en él se estudia, el rendimiento, la nutrición, la presencia de efectos adversos. El control biomédico del entrenamiento deportivo, en deportistas de alto rendimiento, hace que cada día tome mayor importancia la Medicina del Deporte, aunque en nuestros países todavía no se le da la importancia que corresponde y por eso el tratamiento y la rehabilitación de las lesiones no son las adecuadas y se retrasa la recuperación e integración a la actividad deportiva. Se hace necesario mejorar el control médico, los controles biomédicos de laboratorio y de terreno para hacer un diagnóstico apropiado del estado morfofuncional del deportista (27), valorar la aplicación de las cargas para dar las recomendaciones adecuadas al equipo interdisciplinario que influyen en el proceso del entrenamiento, con la finalidad de prevenir entre otras, lesiones en los deportistas por sobrecarga de entrenamiento. Es importante la detección temprana del daño muscular, para iniciar tratamiento y reducir su gravedad, además evaluar el grado de estrés local o sistémico que esté presente, la pérdida de fuerza y la recuperación.

La evaluación periódica con marcadores fisiológicos y/o bioquímicos (28) de estas condiciones alteradas por el entrenamiento es necesaria, siendo los marcadores

bioquímicos más frecuentemente utilizados por no ser invasivos y ser más sensibles, entre los más frecuentemente utilizados esta la Creatin Kinasa (CK) y su isómero Creatin Kinasa de musculo esquelético (CK-MM), puesto que es una de las enzimas que se libera masivamente cuando hay rotura muscular. Otros marcadores como la Urea (29) representan el incremento de proteólisis de esta condición alterada y la relación entre la Testosterona y el cortisol (30) refleja el estado de estrés fisiológico. Estudios más recientes reportan mayor sensibilidad y reproducibilidad en marcadores como la α - actina, la miosina de cadena pesada, la aspartato aminotransferasa, pero su determinación es de más alto costo por lo que todavía es de uso popular la CK. La evaluación del comportamiento de estos marcadores permite abrir el camino para la valoración del efecto del ejercicio de las sesiones de entrenamiento. (Virus y cols., 2003)

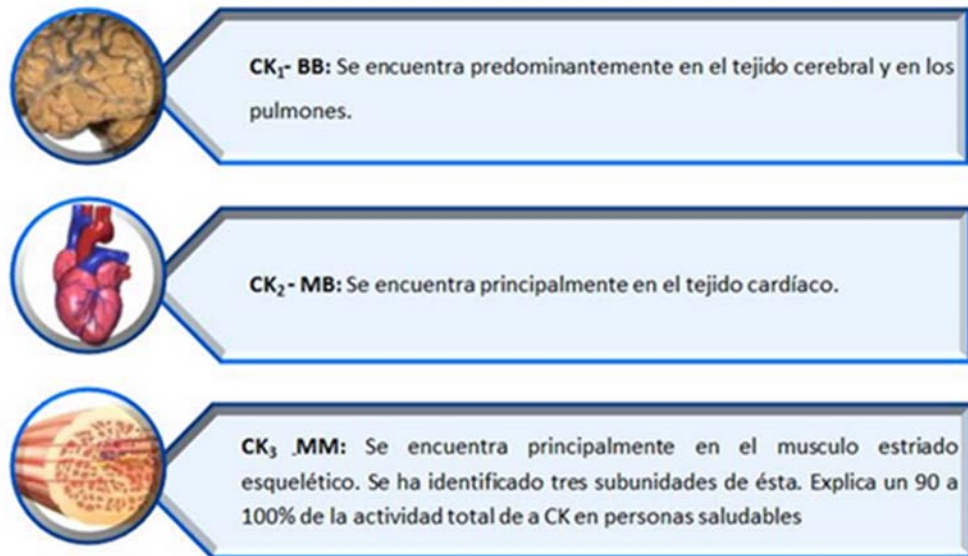
1.6 MARCADORES BIOQUÍMICOS

1.6.1 Creatin Kinasa y CK-MM. El diagnóstico biológico de daño muscular por sobrecarga con el ejercicio se hace con bastante frecuencia a través de la determinación por inmunoensayos de la actividad sérica de enzimas sarcoplasmáticas, como la CK, la cual aumenta en el plasma sanguíneo a medida que pasan las horas después del rompimiento de la membrana sarcoplasmática, sobre todo en las fases de entrenamiento de alta intensidad (70% al 90% del RM) (30). Se ha reportado que este aumento de la actividad de la CK plasmática puede ser de 2 a 10 veces en condiciones de reposo entre las 24 y 72 horas pos- ejercicio (31), niveles que pueden continuar elevados y regresar al nivel basal después de 3 a 7 días dependiendo de la condición física del deportista. Sin embargo, atletas bien entrenados pueden mantener niveles elevados (1,5 veces el valor normal) simulando una enfermedad neuromuscular por periodos más prolongados (3)]. Situaciones en las que la CK se incrementa más de 3000U/L requieren evaluación con Biopsia y si son mayores de 5000U/L son asociadas con Miositis como patología (3). El comportamiento de esta enzima tiene que ver con la edad, el sexo,

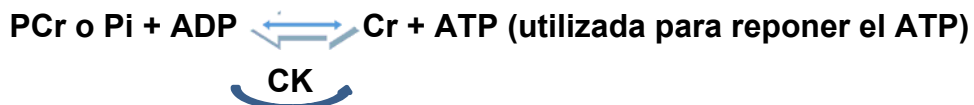
la raza, la masa muscular y el grado de entrenamiento. La enzima más específica en la ruptura del músculo esquelético es la isoforma CK-MM (34), sin embargo, hay dificultades en la estandarización del método para su determinación, es por esto que muchos estudios siguen abordando la relación entre la carga de entrenamiento y la CK, y en todos se concluye que la valoración de esta enzima puede ser un parámetro adecuado para determinar la carga de entrenamiento, (3), a pesar de su variabilidad (36), cada vez es más demandado por los entrenadores y se hace más fácil su utilización. Se considera que valores superiores a 250 U/l en los deportistas pueden significar que la carga ha sido excesiva, de tal manera que lo aconsejable en esos casos es el entrenamiento de recuperación. (37-38).

La CK es una enzima dimérica, fundamental en el transporte y almacenamiento de energía en las células musculares. Se encuentra en el músculo esquelético, músculo cardíaco y encéfalo, con escasa presencia en intestino y pulmón. Es una enzima compacta de alrededor de 82 KDa, que se encuentra tanto en el citosol como en las mitocondrias. En el citosol, la CK se compone de dos subunidades polipeptídicas de alrededor de 42 KDa, La M (tipo músculo) y la B (tipo cerebro). A partir de estas dos subunidades se forman tres isoenzimas: La CK-MB (músculo cardíaco), CK-MM (músculo esquelético) y la CK-BB (cerebro) (fig.5). Proviene de la asociación de dos subunidades de 360 aminoácidos y su peso molecular de alrededor de 40.000 Dalton [39]. La proporción de estas subunidades varía según el tipo de músculo, en el músculo esquelético: 98%MM y 2%MB, en el músculo cardíaco: 70-80% de MM y 20-30% de MB, y el cerebro tiene predominantemente BB. La Creatin Kinasa se encuentra codificada por dos genes diferentes que se expresan en forma específica en cada tejido.

Figura 5. Isoformas de la enzima CK y localización en diferentes tejidos/órganos humanos



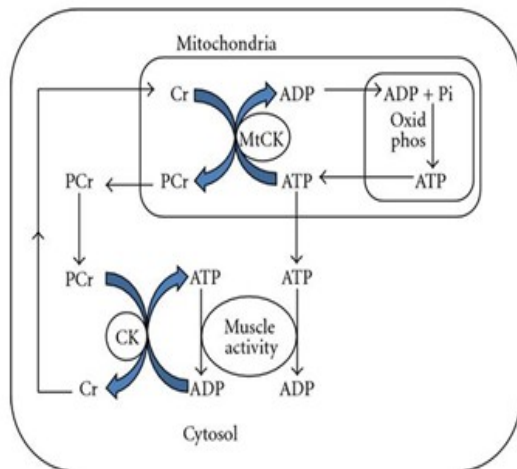
La Creatin Kinasa (CK) es una enzima que cataliza la transferencia reversible de un grupo fosfato entre la creatina y el ATP.



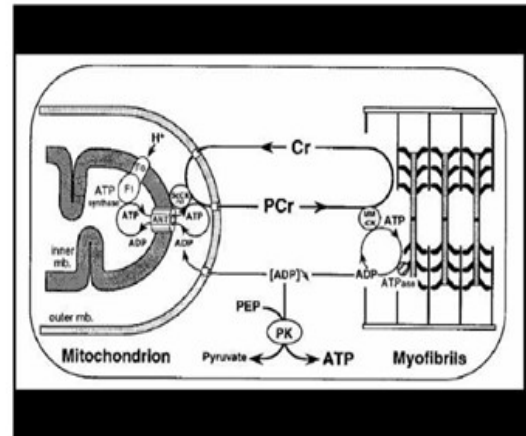
Esta enzima puede utilizar como sustrato la creatina o su forma fosforilada la Fosfocreatina (PCr). Esta reacción está presente tanto en el citoplasma como en la mitocondria gracias a la presencia de isómeros de la enzima en estos dos espacios celulares. En las mitocondrias encontramos dos formas específicas: la CK mitocondrial ubiquitin (CK-mt) no sarcoméricas, se expresa en diferentes tejidos como cerebro, musculo liso y esperma, y una sarcomérica (CK-Mi) que se expresa en el músculo cardiaco y esquelético y además se expresa conjuntamente con la CK-MM en los tejidos que presentan estructuras sarcoméricas.

Estas enzimas son diferentes bioquímica e inmunológicamente con respecto a las formas citosólicas y pueden formar estructuras octaméricas o dimericas. Las reacciones que catalizan la CK del citoplasma y la CK de la mitocondria se acoplan en un circuito que permite la retroalimentación de la energía requerida por la actividad del músculo, fig. 6,7. (26-40)

Figura 6. A y B. Circuito de la Fosforilación de la Cr en mitocondria para retroalimentar este depósito de fosfatos en el citoplasma (PCr), lo cual permite reabastecer de fosfatos al músculo que en su contracción continuamente hidroliza ATP adaptado de Saks. En B. Mecanismo de la lanzadera Cr/PCr con más detalle tomada del trabajo de Kay y Col., 2000

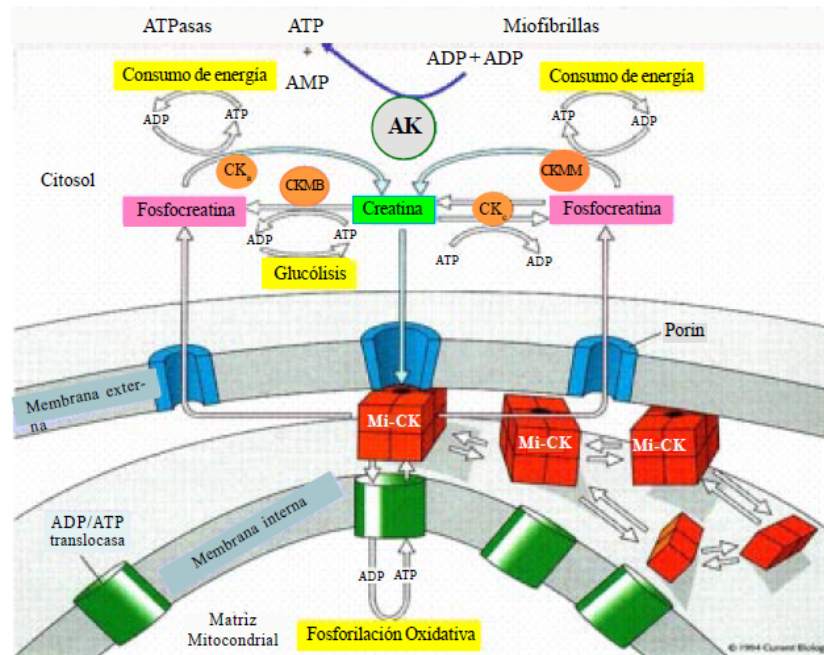


A.



B.

Figura 7. Esquema del circuito de la creatina cinasa y su asociación funcional con la fosforilación oxidativa Mi-CK, mitocondrial, CK_c, isoforma citosólica, CKMM, isoforma miofibrilar, AK, adenilato cinasa modificada.



La **CK-MM** del citoplasma está asociada a miofibrillas y fue descrita como una proteína de la línea M de los filamentos gruesos del sarcómero, se encuentra funcionalmente acoplada a la cabeza globular de la miosina y cataliza la refosforilación del ADP que sale de la contracción muscular utilizando la PCr. La CK-MM también se encuentra fuertemente asociada a las membranas del retículo sarcoplasmático, donde se acopla a la bomba de Ca^{+2} , y contribuye en el mantenimiento de la energía de la ATP-asa de calcio. El transporte de energía a través de una serie de equilibrios secuenciales en el citoplasma es posible gracias al acople directo entre la CK-MM del citoplasma y la CK-Mi, puesto que ésta contribuye transfiriendo la energía desde la fosforilación oxidativa a la CK-MM citoplasmática, la cual luego la transfiere a las ATP-asa citoplasmáticas (41).

Este es el concepto de lanzadera o circuito que está basado en la compartimentalización de las diferentes isoformas de la CK (mitocondrial y citoplasmática) las cuales se han mantenido evolutivamente, porque permiten una mejor regulación de la producción energética y también una transferencia intracelular efectiva entre lugares de producción y consumo de energía fig. 7. La CK-Mi se encuentra en la superficie exterior de la membrana interna mitocondrial asociada al dominio cardiolipina que rodea la traslocasa de nucleótidos de adenina. Estos complejos estructurales se encuentran localizados en el espacio intermembrana cerca a la membrana interna mitocondrial, en esta membrana es en donde se produce la fosforilación oxidativa, por lo tanto estos complejos están en una posición en la que pueden controlar las concentraciones de ADP y ATP en un acoplamiento funcional. Dicho acoplamiento consiste en que el ATP que proviene de la fosforilación oxidativa lo toma la traslocasa pasándoselo a la CK-Mi y ésta lo une a la creatina que proviene del citoplasma, produciendo la PCr que sale al citoplasma a través de una porina y el ADP resultante, la traslocasa lo pasa a la matriz mitocondrial para ser nuevamente usado en la síntesis de ATP. La PCr una vez en el citoplasma es retomada por la CK-MM para que unida al ADP (que proviene de los sitios citoplasmáticos de consumo energético) se produzca la Cr y el ATP, el cual reabastece dichos sitios de consumo energético y así comienza un nuevo ciclo (42).

Los niveles sanguíneos de CK, provienen mayoritariamente de la isoenzima MM del músculo esquelético, debido a que hay más masa muscular esquelética que masa cardíaca, y además porque la vida media de las isoenzimas MB y BB es más corta. (43).

1.6.2 Urea. La procedencia de los aminoácidos puede ser por absorción desde la dieta en el intestino, degradación de proteínas o por síntesis. A su vez pueden ser utilizados para la síntesis de proteínas específicas, transformación en compuestos no proteicos de importancia fisiológica o ser degradados con fines energéticos en forma de glucosa, cuerpos cetónicos y urea.

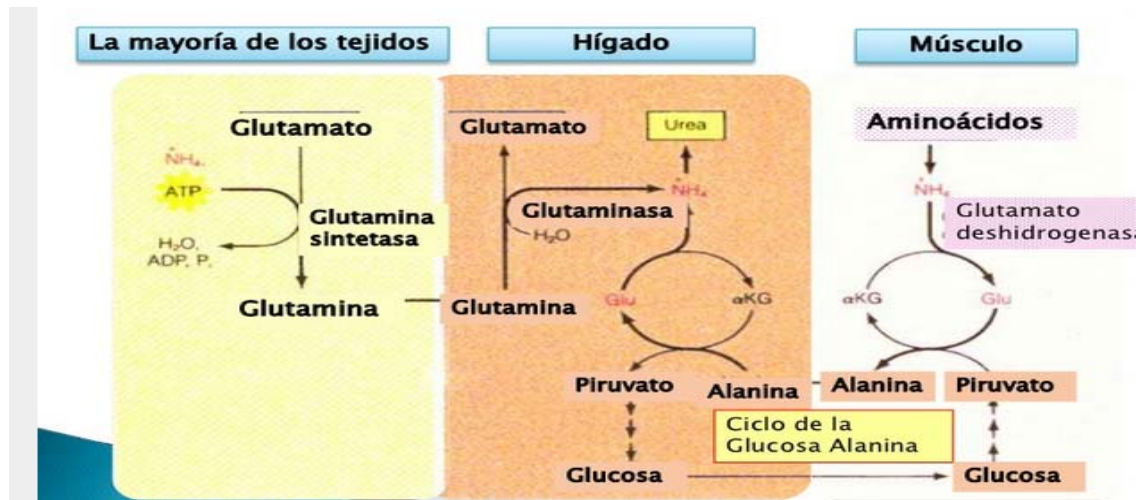
La eliminación del Nitrógeno (N_2) a partir del grupo α -amino de los aminoácidos es esencial para la generación de energía y es una etapa obligatoria en el catabolismo de los aminoácidos, una vez producido puede unirse con otros compuestos o puede excretarse en forma de Urea y los esqueletos carbonados que quedan se metabolizan. En todas las circunstancias metabólicas los aminoácidos pierden sus grupos amino para formar α -cetoácidos, los esqueletos carbonados, de los aminoácidos ellos experimentan oxidación a CO_2 y H_2O y también proporcionan unidades de tres y cuatro carbonos que pueden convertirse a través de la gluconeogénesis en glucosa. Los destinos metabólicos de los grupos amino de los aminoácidos procedentes de la dieta son los más abundantes y la mayoría se metabolizan en el hígado y parte del amoniaco generado en este proceso se recicla y se utiliza en diversas rutas biosintéticas como la gluconeogénesis; el exceso se excreta directamente o se convierte en urea o ácido úrico para su excreción.

El exceso de grupos amino de otros tejidos extrahepáticos se transporta al hígado en forma de glutamina la cual ingresa a la mitocondria de los hepatocitos donde es catalizada por la glutaminasa formándose el glutamato y el NH_4^+ . El glutamato mediante la aspartato amino transferasa cede su grupo amino al oxaloacetato formándose el alfa cetoglutarato y el aspartato. El glutamato también puede ceder su grupo amino mediante la enzima glutamato deshidrogenasa formándose el α -cetoglutarato y el NH_4^+ el cual, por acción del HCO_3^- y 2ATP se transforma en carbamoil fosfato que al liberar uno de sus fosfatos se convierte en citrulina, uno de los componentes del ciclo de la urea. La citrulina sale desde la mitocondria al citosol

y se une con el aspartato que puede provenir desde la mitocondria o estar en el citoplasma para formar arginosuccinato, el cual se convertirá también en Urea. (45).

En el músculo los grupos amino en exceso se transfieren al glutamato, el cual al unirse al piruvato forma la alanina y el α -cetoglutarato. La Alanina importante en el transporte de grupos amino hasta el hígado, sale del músculo y entra al hígado donde se une con el piruvato para formar de nuevo el glutamato y el α -cetoglutarato. El Glutamato es catalizado por la glutaminasa transformándose en α -cetoglutarato y NH_4^+ , el cual entra al ciclo de la urea. (fig. 8)

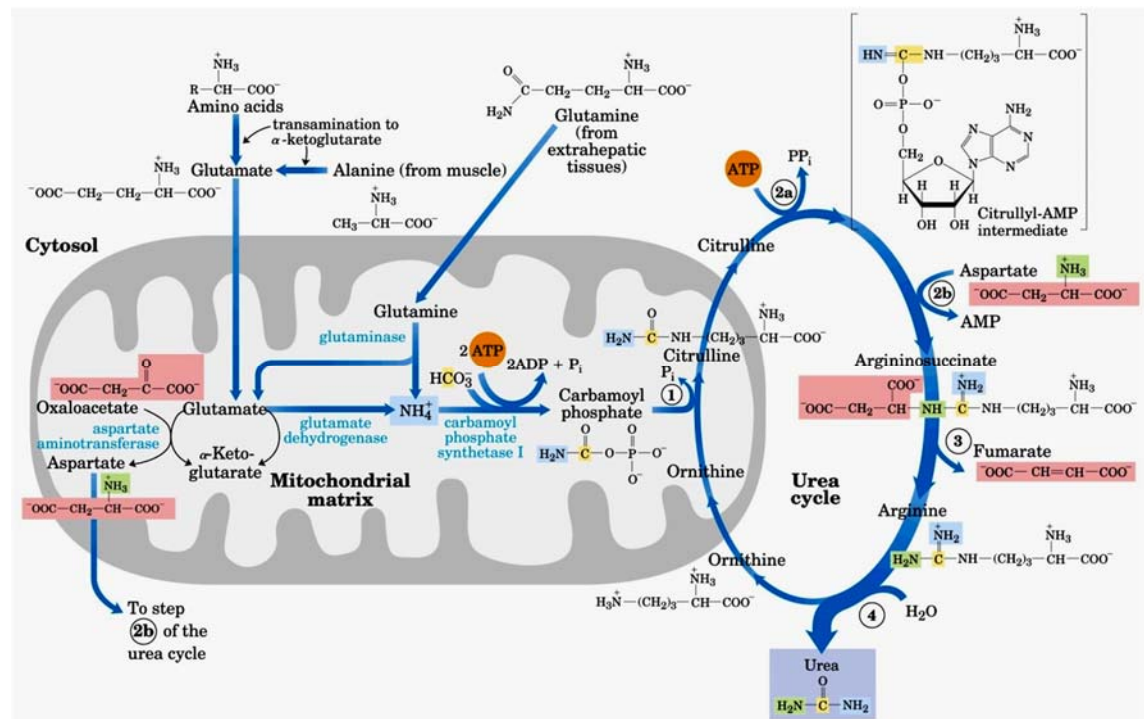
Figura 8. Ciclo de la glucosa – Alanina



La Urea es el Principal producto final del metabolismo de las proteínas, y el hígado es el órgano en donde se forma en mayor cantidad, aunque también se ha descubierto formación de Urea en los músculos. (46-47). La formación de urea en los músculos y en el hígado se relaciona con la desaminación de los aminoácidos, principalmente con el ejercicio intenso en el que los aminoácidos musculares se liberan a la sangre en forma de alanina y glutamina (provenientes principalmente de la transaminación de los aminoácidos ramificados isoleucina, leucina y valina). (48).

La función del ciclo de la urea es ingresar el amonio procedente de la degradación de proteínas y transformarlo en urea para eliminarlo y excretarlo en la orina. Estos procesos dependen de la intensidad del ejercicio ya que una de las enzimas importantes, la cetoácido deshidrogenasa se activa a medida que se incrementa la actividad del ejercicio.

Figura 9. Ciclo de la urea y reacciones que introducen grupos amino en el mismo



El ciclo de la urea consta de: La formación de la citrulina a partir de la ornitina y carbamil fosfato (entrada del primer grupo amino), la citrulina pasa al citosol, se transforma en argininosuccinato a través de un intermediario citrullil-AMP (entrada del segundo grupo amino). El argininosuccinato libera Fumarato para producir la arginina la cual se hidroliza formando finalmente la Urea y regenerando la ornitina para iniciar un nuevo ciclo. Fig. 9.

1.6.2.1 La urea y el ejercicio físico. El control de la concentración de la Urea permite evaluar la utilización de las proteínas como fuente energética durante el ejercicio. La urea además de aumentar por estrés físico, se incrementa también por estrés psíquico y por consumo de una dieta hiperproteica, entre otras. (49). Los niveles de urea dependen de múltiples factores entre los que se destacan: La ingestión de proteínas, la orina excretada, la función renal y el esfuerzo al que se somete el sujeto y del déficit acentuado de sustratos energéticos, particularmente hidratos de carbono. Un aumento excesivo de urea, partiendo de las concentraciones basales individuales, y tomadas por la mañana en ayunas, durante una fase de entrenamiento, se ha pensado que puede ser el mejor indicador para una situación catabólica que puede requerir una reducción del entrenamiento. (50). Se ha demostrado que los ejercicios prolongados provocan un incremento en la concentración de la Urea en la sangre, el hígado, los músculos esqueléticos, la orina y el sudor indican un aumento de la gluconeogénesis mientras que cuando la elevación se presenta después de cargas intensas de entrenamiento, refleja un incremento del catabolismo proteico en el cual además hay un retardo en la recuperación (51).

Las mediciones de urea sérica como biomarcador en el control del entrenamiento, se han utilizado para conocer la magnitud del catabolismo proteico y como un indicador de la adaptación, asimilación y recuperación del deportista a las cargas de entrenamiento impuestas.

El incremento de la Urea sanguínea en condiciones basales es señal de un restablecimiento incompleto de la carga del día anterior. Cuando regresa a sus niveles basales indica un estado de equilibrio y una recuperación completa del entrenamiento (52).

Para los deportistas se ha establecido que alrededor del 80% de los hombres presentan valores de la urea en sangre entre 5 y 7 mmol/L y el 75% de las mujeres

valores entre 4 y 6 mmol/L, en otros estudios se ha reportado que la concentración plasmática oscila entre 10-40mg/dl, para un entrenamiento asimilable, de 40 a 50 mg/dl, para una carga alta, y más de 50 mg/dl sería no asimilable y se debe de descansar de 1 a 2 días. Cuando hay sobreentrenamiento las concentraciones sanguíneas de diferentes variables relacionadas con el metabolismo de las proteínas (urea, CK, Proteínas totales, albúmina, mioglobina) permanecen alteradas durante horas, o días posteriores a la realización del ejercicio, sobre todo en los que duran más de 3 horas (34).

1.6.2.2 Sistema endocrino y ejercicio. Las hormonas son sustancias que corresponden a tres grupos de estructuras químicas: Hormonas proteicas, Hormonas esteroideas y las aminos. Aquellas que pertenecen al grupo de las proteínas o polipéptidos incluyen las hormonas producidas por la hipófisis anterior. En el grupo de esteroides se encuentran las hormonas de la corteza suprarrenal y las gónadas. Las aminos biogénicas (catecolaminas) son producidas por la médula suprarrenal y luego liberadas en la sangre. La producción de las hormonas de la hipófisis anterior es regulada por la producción hormonal de las glándulas periféricas y por la concentración de los sustratos metabólicos, este mecanismo se conoce como retroalimentación. La función endocrina está regulada también por el sistema nervioso, como en el caso de la glándula suprarrenal y la hipófisis posterior. Se desconoce la forma en que las hormonas ejercen muchos de sus efectos metabólicos y morfológicos, sin embargo, se piensa que los efectos sobre la función de las células se deben a su acción sobre las membranas celulares o sobre las enzimas. Los productos de la degradación hormonal son excretados con rapidez y en gran proporción en la orina, pero también en las heces y el sudor.

Las hormonas son importantes en las ciencias del deporte pues se han relacionado con el control biomédico del entrenamiento deportivo y con el uso que han tenido en el dopaje. La actividad física es generadora de cambios importantes a diferentes

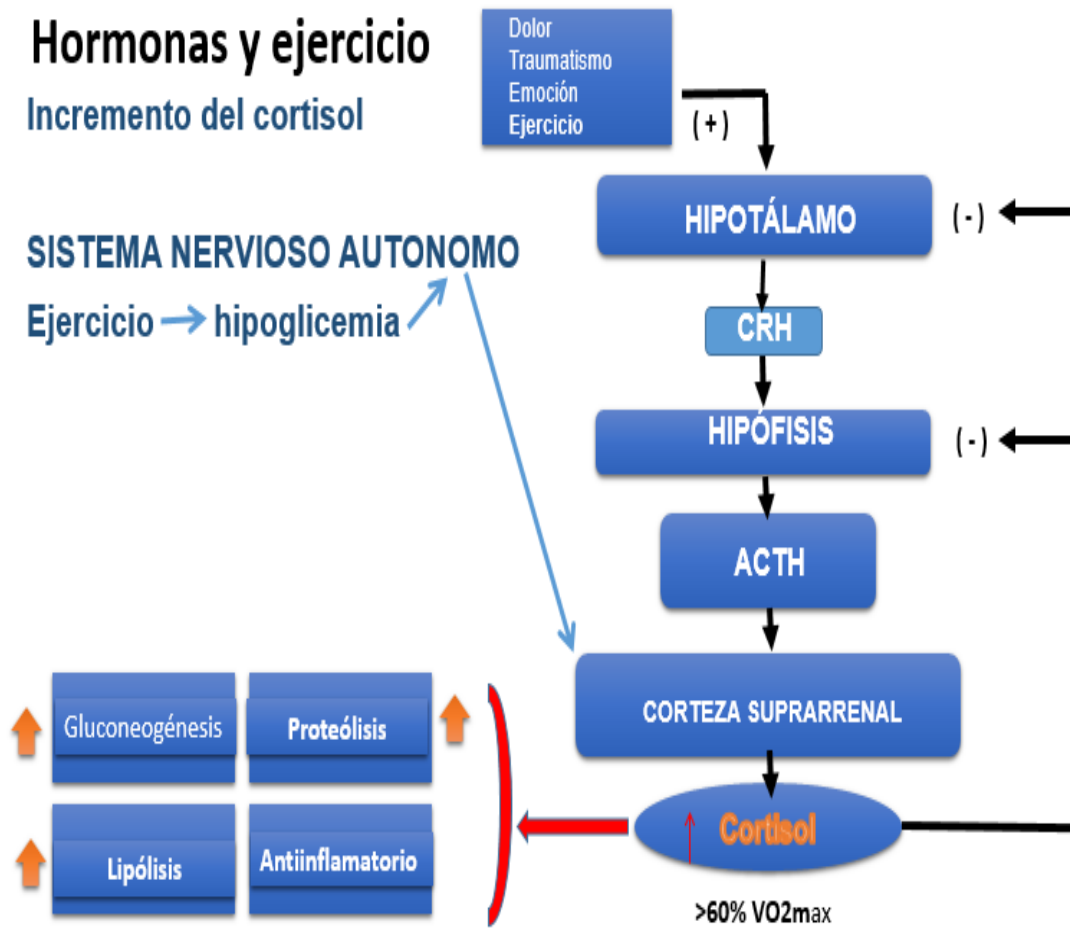
niveles en sistemas, órganos, células e incluso cambios moleculares que deben ser regulados para mantener el equilibrio interno y las hormonas hacen parte de esta regulación (53-54-55).

El rendimiento en el ejercicio depende en parte del efecto que tienen las hormonas sobre los procesos metabólicos, por esta razón, la magnitud de la respuesta hormonal en el ejercicio permite conocer de alguna manera lo que ocurre con la movilización de varios sustratos metabólicos. La determinación de las concentraciones hormonales puede proveer información sobre la adaptación a ciertos niveles de intensidad y duración del ejercicio, sobre los efectos de las sesiones de entrenamiento y los tiempos de recuperación así como también sobre los problemas de adaptabilidad tales como el agotamiento, la fatiga o el sobreentrenamiento. Hay que tener en cuenta que en los cambios observados de la concentración hormonal durante o después del ejercicio físico puede haber efecto de los cambios en la tasa de aclaramiento metabólico de estas hormonas o cambios por hemoconcentración (56). En general los sistemas hormonales se relacionan con la nutrición, el metabolismo y con el rendimiento deportivo (57). Un ejemplo importante de la relación entre la concentración hormonal y el entrenamiento es el control del efecto acumulativo de la carga en el entrenamiento a través de la determinación de la relación Cortisol/Testosterona. Este control es posible porque en ejercicio intenso la determinación de estas hormonas, Testosterona (T) y Cortisol (C), está directamente implicada con la adaptación al entrenamiento, dada su participación en el metabolismo anabólico y catabólico respectivamente (58). La mayoría de los autores coinciden en que los niveles plasmáticos de testosterona (total y libre) descienden mientras que los niveles de cortisol aumentan como consecuencia del entrenamiento sistemático. (59-60).

1.6.2.3 El cortisol y el ejercicio físico. El cortisol es una hormona esteroidea, producida por la glándula suprarrenal luego de ser estimulada por la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) proveniente de la hipófisis (fig.10). Tiene efecto catabólico en todas las células, incluidas las musculares, y participa en el mantenimiento de los niveles de glucosa en la sangre durante el ejercicio. Este catabolismo incluye la lisis de proteínas para la obtención de aminoácidos que luego se transforman en glucosa mediante la neoglucogénesis en el hígado, y así pueden ser utilizados como sustratos en la obtención de energía. (61). El aumento del Cortisol es importante cuando la duración del ejercicio es prolongada, por la facilitación de la energía ya que previene la reesterificación de los ácidos grasos liberados por la lipólisis provocado por las catecolaminas. (62-63-64).

El Cortisol, también llamada hormona del estrés, tiene un comportamiento variable; se eleva en ejercicios cuya intensidad está por encima del 60% del $\text{VO}_2\text{máx}$ (65), se ha evidenciado que entre más bajos sean los niveles de glucógeno muscular, más producción hay de esta hormona. Se ha reportado también que cuando se presentan lesiones deportivas o en intensidades altas su concentración aumenta rápidamente como respuesta de la actividad simpático adrenal [66-67-68-69] y se acompaña de disminución de la testosterona. Esto último se ha asociado con la inhibición directa del cortisol sobre la GnRH o por la competencia entre la corticotropina (ACTH) y la hormona Luteinizante (LH) por los receptores de membrana de las células de Leydig que es uno de los lugares de producción de la testosterona (70). En los deportistas elite, cuando permanecen en entrenamiento intenso por tiempo prolongado, las concentraciones basales de ACTH y Cortisol mantienen más tiempo elevadas lo cual además produce linfopenia y neutrofilia (71), haciendo a los deportistas más susceptibles a enfermedades y a lesiones post ejercicio, lo cual a su vez aumentan más el cortisol, complicando la recuperación y haciéndola más duradera. En casos de fatiga crónica y sobreentrenamiento, el cortisol basal está elevado permaneciendo así por 24 y más horas.

Figura 10. Control de secreción y acciones del cortisol



En la secreción del cortisol es importante el estímulo de la ACTH, el ritmo circadiano y el estrés. Los valores basales del cortisol en las primeras horas de la mañana son mayores pero disminuyen al paso del día de forma significativa, aunque en menor proporción entre los sujetos que se someten a entrenamientos intensos. El comportamiento del cortisol cambia con el ejercicio, si es de poca intensidad aumenta levemente, pero cuando aumenta la potencia se incrementa marcadamente y si el trabajo es excesivamente intenso sus valores basales se ven aumentados.

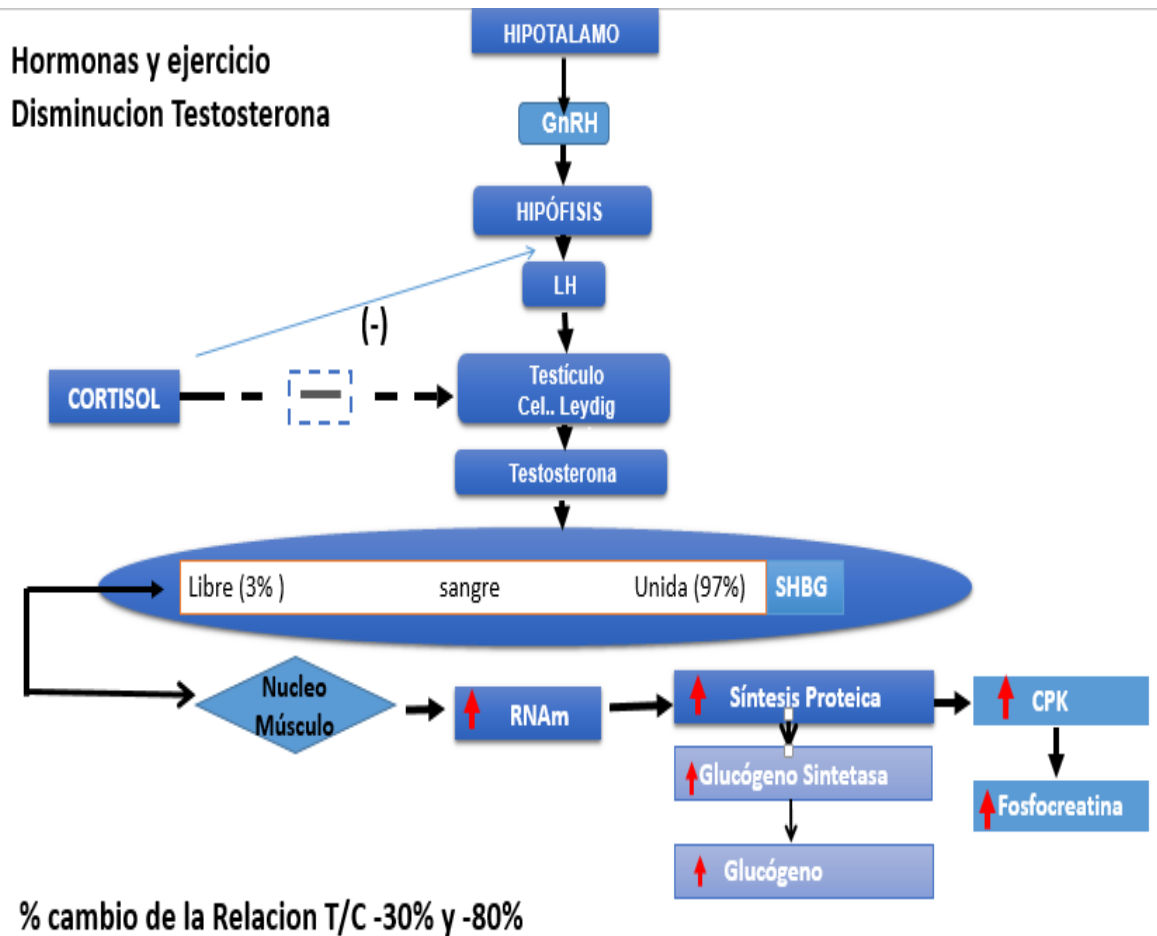
Normalmente el cortisol disminuye rápidamente regresando a sus niveles normales al cabo de unas pocas horas después del ejercicio. Los niveles plasmáticos normales de cortisol están en el rango entre 120-150µg/l, lo que corresponde a una tasa de secreción diaria de 17 mg en hombres y de 15 mg en mujeres. En el ejercicio se ha determinado que los valores oscilan entre 5-25 µg/dl o 50-250 µg/L. Cuando los niveles basales están altos se infiere alto gasto metabólico en el que el catabolismo es predominante lo cual significa que el entrenamiento no está siendo bien asimilado o sea que las adaptaciones metabólicas no se están produciendo en el tiempo que requieren. Algunas investigaciones han podido determinar algunos valores en función de la temporada del entrenamiento, como se observa enseguida.

En un Mesociclo Inicial: 100 ng / ml; en Máximo volumen: 160 ng / ml, en Máxima intensidad: 120 ng / ml, en el periodo pre competencia (puesta a punto): 90 ng / ml. (72).

1.6.3 La Testosterona y el ejercicio físico. La testosterona es una hormona esteroide que está implicada en la acumulación y utilización del glucógeno muscular y en la síntesis proteica. Tiene efecto anabolizante sobre los tejidos. Su síntesis controla el eje Hipotálamo-Hipofisario-testicular (fig.11), y sube linealmente en respuesta al ejercicio a una intensidad-Umbral determinada. Cuando el ejercicio se incrementa hasta el agotamiento, se ha observado que desciende hasta en un 40%. (73). En hombres, el 90-95% de la testosterona total se produce en los testículos y el otro 5-10% se produce en la corteza suprarrenal. En mujeres, la producción es de 10 a 20 veces menor que la del hombre. La producción diaria de testosterona en los hombres normales es de 7 mg y en las mujeres oscila entre 1 a 2 mg. Esta producción desciende en los hombres a medida que van envejeciendo. La vida media de la testosterona en el hombre es muy pequeña alrededor de 12 minutos. (74). La SHBG (Beta globulina fijadora de Testosterona) es considerada la principal portadora de testosterona, dado que su afinidad vinculante es 1.000 veces mayor que la albúmina. Un cambio en la afinidad vinculante de las proteínas

transportadoras podría potencialmente resultar en cambio de una magnitud significativa en la testosterona libre (75).

Figura 11. Mecanismos de acción y regulación de la testosterona



La Testosterona es permeable a la membrana de la célula muscular y a la membrana nuclear. Al llegar al núcleo de la célula muscular, estimula el RNA mensajero y los mecanismos de producción de proteínas contráctiles (actina y miosina). Con respecto a los efectos androgénicos de la testosterona (es decir, la síntesis proteínica y el desarrollo de la masa muscular), no se han registrado efectos significativos (76).

Además de estimular la síntesis de proteínas, la testosterona también estimula la producción de glucógeno muscular (estimulando la glucógeno sintetasa) así como la síntesis de fosfocreatina. Con respecto al sistema renal y la producción de glóbulos rojos, estimula la síntesis de eritropoyetina. En el sistema nervioso central se describen aumentos en la motivación y en la agresividad relacionados con los niveles de testosterona altos.

El entrenamiento de fuerza ocasiona en un principio un aumento de los valores basales de testosterona (entre un 17% a un 36%), encontrándose mayores valores entre los entrenados que en los sedentarios. Hay planteamientos a este respecto que proponen que cuando se entrena y se desarrolla la fuerza máxima, mejoran las características neurogenicas, se incrementa la secreción de la testosterona y se hace evidente el efecto nervioso y miogénico, pero es algo que aún no es muy claro. Algunos estudios han mostrado que para mejorar la fuerza hay que obtener mejoras neurogenicas a través de adaptaciones morfológicas sin saber si esta mejora neurogénica se intensifica por niveles altos de testosterona (77), afirma que si bien la testosterona no desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la fuerza máxima, sí tiene que ser vital en el desarrollo de la potencia explosiva y la velocidad del movimiento.

Los valores de la testosterona varían de acuerdo con la intensidad y la duración del ejercicio. Si el ejercicio es prolongado e intenso parece provocar descensos en los niveles de T plasmáticos (78), pero si el ejercicio es de corta duración y de baja intensidad, los niveles de T puede aumentar en los primeros minutos pero desciende luego de 3 horas, pudiendo llegar a permanecer así durante horas o días, si el entrenamiento ha sido de larga duración. En maratonistas se ha demostrado niveles más bajos de la T que en sujetos sedentarios, (79) demostrando que su disminución progresiva durante un periodo de entrenamiento indica la magnitud de estrés fisiológico. Cuando se entrena realizando esfuerzos submaximos entre (50-70% de la capacidad aeróbica máxima) se ha encontrado que no se modifican los niveles

de LH, pero los de T sí aumentan, de la misma manera se ha visto que en ejercicios que terminan en agotamiento, la respuesta de la testosterona muestra un marcado descenso. Estas variaciones, independientes de la LH, sugieren mecanismos de regulación diferentes en las células testiculares de Leydig.

En fatiga aguda luego de un ejercicio de alta intensidad existen altos niveles de testosterona, probablemente debido a la disminución de la inactivación a nivel hepático o por estimulación del B-receptor en los testículos. Se ha descrito la correlación directa entre el % intensidad de carrera (% de consumo de VO_{2max}) al cual se trabaja en un ejercicio y la producción de testosterona y lo que se reporta son incrementos hasta del 120% después de entrenamiento con ejercicios de fuerza, sin embargo, en respuesta al entrenamiento regular o crónico se describe una disminución de los niveles basales de testosterona, dependiendo del programa de entrenamiento. En general, se encuentran disminuciones que varían entre un 17% y un 48%. Entre los mecanismos postulados para explicar este fenómeno está la menor respuesta al estímulo de la GnRH y por lo tanto, menor producción de la testosterona por parte de las células del testículo. También se ha reportado alteración en la producción de las hormonas liberadoras (GnRH, LH) que tienen que ver con la menor producción de la hormona testosterona. Los estudios sugieren que en los estados de fatiga crónica se genera una menor producción de LH asociada a una menor producción de testosterona, que puede permanecer disminuida sin recuperarse cuando se vuelve a las condiciones basales después de recuperación, por lo que el estudio de esta hormona podría ser un indicador de sobreentrenamiento o fatiga crónica. En algunas investigaciones se ha encontrado que la testosterona decreció significativamente sólo en hombres como respuesta a entrenamiento intenso durante 18 semanas (66). La diferencia de hipertrofia muscular entre hombre y mujer ha sido atribuida a la diferencia plasmática de esta hormona. En la mujer, los ejercicios de intensidad del 70% inducen la producción de la hormona estimulante de la corteza suprarrenal (ACTH), la cual estimula la producción en la suprarrenal del cortisol y de la testosterona. En el hombre, además

hay estimulación de la producción de testosterona por las células testiculares. Otra gran diferencia es que la mujer tiene mayor porcentaje de testosterona unida a la globulina que el hombre, por lo que su acción en la mujer es más restringida. Sin embargo, algunos estudios en mujeres que participan en programas de fuerza tienen no sólo mayores niveles de testosterona total que la mujer que no entrena, sino también de testosterona libre, lo cual tiene que ver con el incremento de fuerza.

1.6.4 Cociente Testosterona/Cortisol. Considerando las funciones metabólicas de la T y el C, su relación estimada mediante un cociente indicaría el grado de equilibrio entre los procesos anabólicos y catabólicos. Este cociente ha sido propuesto como marcador de la adaptación al entrenamiento, (80) de forma que su disminución señalaría un predominio del catabolismo, que podría explicar la pérdida de masa muscular y el deterioro del rendimiento. Se ha observado que los deportistas experimentan aumentos del T/C en los periodos de reducción de entrenamiento previos a las competiciones (81).

Se han planteado dos criterios diferentes para su utilización como parámetro: según el criterio relativo, se consideraría sobreentrenado a un sujeto que experimentase un descenso superior al 30% del cociente, mientras que según el criterio absoluto, el diagnóstico del SSE se confirmaría cuando el deportista alcanzase una cifra inferior a 0.35×10^{-3} (T medida en mmol/L y C en mmol/L).

Normalmente, el descenso de este cociente se atribuye a un incremento del Cortisol pero también se han observado descensos de hasta el 35% de T junto a incrementos del 30% de C en corredores de fondo sobreentrenados. (82-83-84).

Los programas de entrenamiento deportivo pretenden mejorar el rendimiento mediante la exposición a cargas de trabajo de intensidad creciente. Sin embargo, ocasionalmente se produce una desadaptación, el denominado Síndrome de

Sobreentrenamiento (SSE), que perjudica gravemente el rendimiento y la salud del deportista. Para el diagnóstico del SSE se ha recurrido a diversos marcadores entre los que cabe destacar los hormonales. La monitorización de las hormonas implicadas en la regulación de las respuestas de estrés permite evaluar el grado de adaptación al entrenamiento. Se concluye que el cociente testosterona/cortisol es, actualmente, el marcador con más posibilidades de ser utilizado como instrumento diagnóstico (85).

El monitoreo de los efectos acumulativos específicos e inespecíficos del entrenamiento, aporta información específica sobre la dinámica de los procesos adaptativos y constituye un componente decisivo, en el control biomédico. Se realizó un estudio en jugadores (Voleibol) de alto y medio nivel monitoreando a través de diferentes indicadores bioquímicos y hormonales, en micro-ciclos seleccionados, para evaluar los efectos de las cargas y la dinámica temporal de los procesos adaptativos y la puesta en forma de los deportistas. Se determinó CK, LDH, urea, cortisol y testosterona y el índice T/C, al inicio y final de cada micro-ciclo. Se concluyó que el monitoreo de los efectos temporales, residuales y acumulativos de las cargas durante el micro-ciclo de entrenamiento, brinda información complementaria muy valiosa para la dirección personalizada del entrenamiento y conocer la marcha de los procesos adaptativos. (86).

En un estudio se determinó la respuesta Hormonal aguda en ejercicios de resistencia, donde las muestras en sangre fueron obtenidas antes y después del ejercicio, se analizaron la testosterona y el cortisol; el cortisol aumentó solo después de los ejercicios de resistencia. Se produjo un descenso significativo de la testosterona libre y total durante la recuperación del ejercicio en los sujetos entrenados en fuerza, parece ser que el perfil hormonal es más dependiente del ejercicio de intensidad que del volumen (87). Esto podría indicar que un aumento en las hormonas anabólicas y descenso en las catabólicas, podría ser beneficioso

para mejorar el rendimiento y disminuir la grasa corporal y aumentar la masa corporal magra y la fuerza muscular (88).

En otro estudio, hombres entrenados en resistencia tienden a tener niveles bajos de testosterona al comparar con controles sedentarios, mientras que los sujetos entrenados en fuerza se ha demostrado que tienen niveles más altos de testosterona basales (89-90).

En un estudio en jugadores de elite de baloncesto, se analizaron los niveles séricos de la relación testosterona-cortisol a lo largo de una temporada tras 24-36 horas de recuperación post- partido, con el fin de optimizar las cargas de entrenamiento y las necesidades individuales del deportista y de la planificación, controlando el impacto que genera en el deportista y pudiendo observar que cada individuo responde de forma individual a un mismo modelo de entrenamiento. El efecto de una temporada de baloncesto queda reflejado de forma significativa en la T. El C aumenta al iniciar los entrenamientos y permanece elevado toda la temporada, pero no presenta cambios significativos. Se encontraron los valores más bajos, al finalizar la temporada, de la T y la relación T/C y más elevado el C pudiendo reflejar acumulación de fatiga a lo largo de la temporada (91). La carga provoca un estrés sobre el organismo y una alteración temporal de la homeostasis del mismo (92-93-94). La adecuada relación entre carga y recuperación es determinante para conseguir una óptima adaptación (sobrecompensación) y así evitar estados de fatiga.

En otra investigación en triatletas de Elite se realizó un control biológico de sobreentrenamiento, en un mesociclo precompetitivo, buscando controlar la evolución de los parámetros bioquímicos comúnmente relacionados con el sobreentrenamiento, en cinco semanas previas a una competición (CK, Urea, T y C). La T y el C no descendieron más del 30% respecto a la analítica de referencia en ninguno de los microciclos. La CK y la Urea experimentaron un aumento

significativo al inicio de la temporada y no regresaron a los valores de referencia. Los niveles de CK altos podrían estar relacionados con una adaptación crónica al entrenamiento. Se concluye que los triatletas, ante un mesociclo controlado y bajo supervisión bioquímica del entrenamiento, no parecen experimentar síntomas de sobreentrenamiento. (95).

1.7 EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA

La cineantropometría es la ciencia que evalúa el efecto del movimiento en la antropometría. La técnica mediante la cual se realizan las mediciones de la morfología, composición corporal (CC), proporcionalidad y estructura del cuerpo humano es la antropometría, la cual nos permite entender los cambios de forma del cuerpo en relación con el crecimiento, el estado de la nutrición, la actividad física y el entrenamiento físico-deportivo (96). Estas mediciones permiten caracterizar un individuo de acuerdo a su cultura, raza, sexo y edad.

La antropometría sigue técnicas estandarizadas y reglas de medición normatizadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (Society for the Advancement of Kinanthropometry -ISAK, 2001), (97-99). Mediante la técnica antropométrica se pueden realizar mediciones del peso, la talla, los pliegues cutáneos, los diámetros, las longitudes y los perímetros corporales. Una vez obtenidas estas mediciones se incorporan en ecuaciones, con las cuales se calculan parámetros que permiten la estimación de la composición corporal (98).

La evaluación antropométrica en el deporte permite el ajuste en el factor dietético-nutricional o en el entrenamiento que pueda estar limitando el rendimiento deportivo (101). La estimación errónea de la composición corporal en el deportista, puede hacer que este no alcance el máximo rendimiento deportivo (100).

Otra de las mediciones de la forma corporal en este estudio, es la del somatotipo, el cual utiliza las medidas antropométricas de la talla, el peso, los pliegues, diámetros y perímetros para calcular mediante ecuaciones específicas el componente Endomórfico que representa la adiposidad relativa, el componente Mesomórfico que es la representación de la magnitud del músculo y el componente Ectomórfico que se refiere a la delgadez relativa de un físico. De esta manera logra estimar la forma corporal y su composición mediante la evaluación cuantitativa del físico. Al conocer los componentes del somatotipo de un deportista podremos clasificar el correspondiente somatotipo. Este método da una idea general de un tipo físico pero no específico en cuanto a los segmentos corporales y distribución de los tejidos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de marcadores bioquímicos en el grupo de deportistas de alto rendimiento en natación con monoaleta de la selección Valle durante un periodo del entrenamiento del año 2013.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el comportamiento de los niveles plasmáticos de la CK total y de la CK-MM del grupo de deportistas en natación con monoaleta.
- Describir el comportamiento de los niveles plasmáticos de testosterona y cortisol del grupo de deportistas en natación con monoaleta
- Describir el comportamiento de los niveles plasmáticos de la Urea del grupo de deportistas en natación con monoaleta.
- Describir el comportamiento de algunas características antropométricas del grupo de deportistas de natación con monoaleta

3. METODOLOGÍA GENERAL

3.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es observacional de cohorte dinámica, en el cual el entrenamiento, no fue asignado por los investigadores sino que se desarrolló en las condiciones de programación del entrenador asignado.

La direccionalidad del estudio fue prospectiva debido a que el análisis realizado incluye variables resultado post-entrenamiento, en las que la toma de muestras biológicas para determinar los biomarcadores se realizó en un tiempo transcurrido después de finalizada la actividad.

3.2 POBLACIÓN

La población objetivo de este estudio es el grupo que conforma la selección Valle de natación con monoaleta, Esta selección hace parte de la liga de actividades subacuáticas y obtuvo su reconocimiento jurídico en el año 1992 y estuvo conformado por 13 clubes de la ciudad de Cali. El grupo de la Selección estaba conformada por 30 deportistas con desarrollo destacado a nivel competitivo y con 4 años de entrenamiento. Se seleccionaron 23 deportistas luego de cumplir los tiempos de prueba y los criterios de inclusión.

A estos deportistas se les sometió a encuestas de antecedentes patológicos y a evaluación médica por deportólogo quedando 15 deportistas para iniciar el estudio.

3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

3.3.1 Criterios de Inclusión

- En un rango de edad entre 15 y 30 años
- Tener como mínimo 4 años de entrenamiento
- Estar vinculados a la selección Valle de natación con Monoaleta
- Entrenar con la planificación deportiva programada por el entrenador durante el año 2013.
- Que acepten y firmen el consentimiento informado
- Sin alteraciones al examen físico que impidiera el desarrollo del entrenamiento (Anexo 1.Historia Clínica)
- Que asistan por lo menos al 60% de las sesiones de entrenamiento (Anexo 2. Lista de asistencia)
- Cumplir con las recomendaciones de hidratación, alimentación y descanso previo a la toma de muestras. (Anexo 3 recomendaciones nutricionales).
- Que cumplan con la normatividad del entrenamiento y con el protocolo de los test de evaluación

3.3.2 Criterios de Exclusión

- El incumplimiento reincidente de las recomendaciones del equipo de trabajo transdisciplinario.
- La no incorporación de las técnicas aprendidas y corregidas durante el plan de entrenamiento.
- La presencia de condiciones patológicas que alteren la respuesta fisiológica del deportista para responder al estudio.
- La ingestión de sustancias (dopantes, sustancias psicoactivas, licor, etc.) prohibidas por la WADA.

- Retiro voluntario y/o bajo rendimiento

3.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable	Medición
Variables sociodemográficas (confusoras)			
Sexo	Mezcla de rasgos genéticos que permiten distinguir el sexo femenino del masculino	Cualitativa	Frecuencia por genero
Edad	Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento hasta la fecha de ingreso especificada en la historia clínica.	Cuantitativa	Número de deportistas entre 15 y 30 años
Variables Bioquímicas (Resultados)			
CORTISOL	Concentración total en sangre	Cuantitativa	[C]µg/dl
TESTOSTERONA	Concentración total en sangre	Cuantitativa	[T] (ng/dl) de sangre
Urea	Concentración total en sangre	Cuantitativa	[U]mg/dl
Creatinkinasa	Concentración del metabolito en sangre	Cuantitativas	[CK] Unidades /L
CK-MM			[CK-MM] (mU/ml)

Variables Antropométricas (Resultado)			
Peso	Medida de la fuerza gravitatoria ejercida sobre el cuerpo humano	Cuantitativa	Kilogramos.
Talla	Longitud máxima medida desde los pies hasta el punto más alto de la cabeza.	Cuantitativa	Centímetros
Porcentaje grasa corporal	Expresión porcentual del contenido graso humano.	Cuantitativa	Porcentaje.
Porcentaje muscular	Expresión porcentual de la masa muscular	Cuantitativa	Porcentaje

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio se llevó a cabo durante el año 2013. Al inicio, el coordinador del estudio, reunió el entrenador, los deportistas y sus familiares para informarles a través de la lectura del consentimiento o asentimiento informado (Anexo 4) sobre los objetivos, procedimientos así como los posibles riesgos y beneficios del proyecto. Una vez aceptado el consentimiento y luego de obtenido el aval de ética de la Universidad del Valle (acta No. 05-013) y de la Escuela Nacional del deporte (acta No. 001-2013), se dio inicio al estudio con los deportistas seleccionados, quienes siguieron la planificación del entrenamiento sin la intervención del grupo investigador.

El entrenamiento se inició al principio del año (febrero del 2013) pero sólo se pudo tomar la primera muestra sanguínea en el mes de marzo cuando ya se tenía el aval del Comité de ética Institucional. Las determinaciones de los marcadores realizadas en esta muestra se definieron como las mediciones de línea de base, luego se pudo seguir con las determinaciones mensuales desde el mes de Junio hasta el mes de

Noviembre y Diciembre del 2013, periodo en el cual algunos de los deportistas del estudio participaron en los juegos mundiales celebrados en la ciudad de Cali.

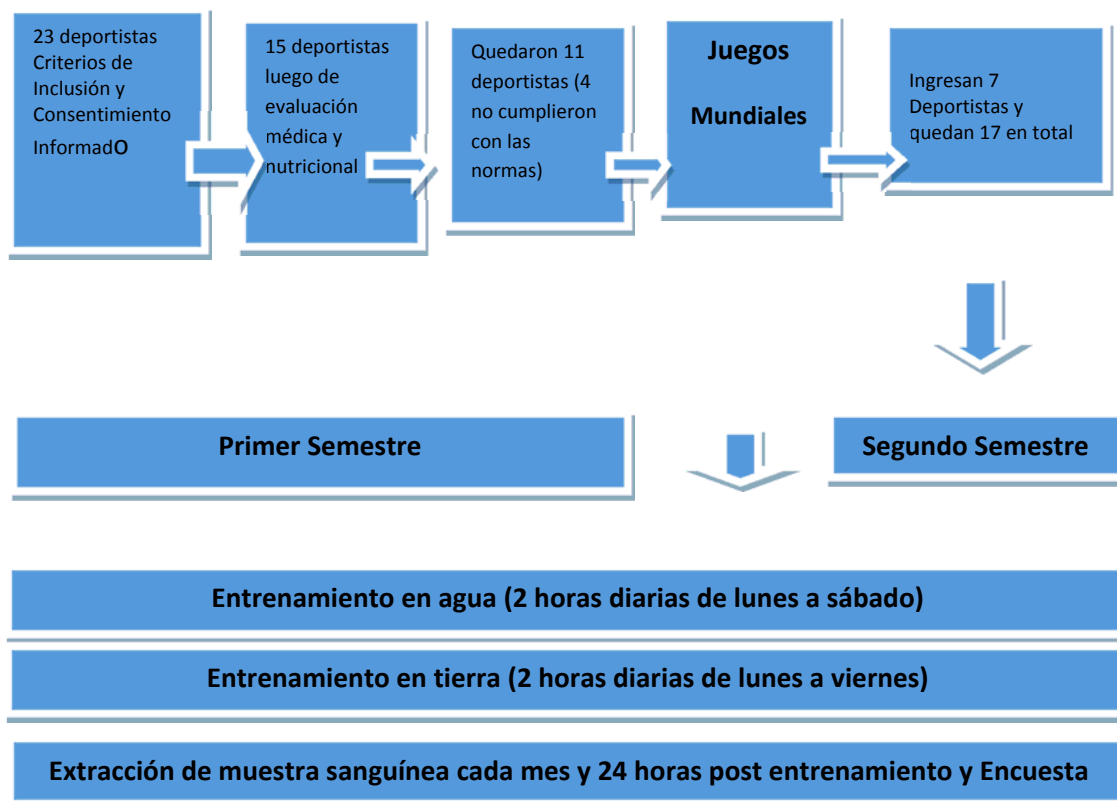
Con estas muestras se siguió el comportamiento de la CK, CK-MM, UREA, TESTOSTERONA y CORTISOL. Se tomaron además muestras semanales desde el mes de Septiembre en las que solo se pudo determinar la CK (por limitación de presupuesto) para evaluar con mayor continuidad el comportamiento de este marcador.

Los deportistas seleccionados por criterios de inclusión fueron 23, teniendo en cuenta los objetivos del estudio y el tamaño disminuido del universo se consideró apropiado realizar la evaluación a los participantes que cumplían con los criterios de inclusión evitando la selección de una muestra. Estos inicialmente llenaron un formato de antecedentes (deportivos, médicos personales y familiares, nutricionales, de hábitos y estilos de vida), (Anexo 5), luego fueron evaluados por médico deportólogo y nutricionista, (Anexo 6), al igual que se realizó la medición antropométrica (Anexo 7). Después de esta valoración quedaron seleccionados 16 deportistas para iniciar el estudio los cuales pertenecían a la selección Valle de Natación con Monoaleta y tenían un entrenador asignado por la liga de actividades subacuáticas.

En este estudio por cohortes dinámicas, se retiró al principio del entrenamiento un deportista y quedaron 15, luego fueron retirados al final del primer semestre 4 de los 15 deportistas porque no cumplieron con la normatividad de los entrenamientos, quedando 11. Dado que este estudio es de cohorte dinámica se permitió el ingreso de 7 deportistas en el mes de julio, los cuales venían previamente trabajando con el mismo entrenador, cumplían con los criterios de inclusión y aceptaron el consentimiento informado, con ellos se alcanzó un cupo de 18 deportistas, a quienes se les hizo gestionar los mismos formatos de antecedentes al igual que se les realizó la valoración médica correspondiente. Con estos deportistas se continuó

con el mismo plan de entrenamiento en agua y en tierra y se les realizó la toma de muestras igual para hacer las determinaciones de los marcadores en sangre. El registro de los biomarcadores se realizó en un formato (Anexo 8) en el cual además se incluía el tiempo post entrenamiento, una serie de preguntas con las que se hacía chequeo del cumplimiento de las recomendaciones pre-examen y los efectos adversos que pudieran estar presentes y se relacionaran con sobreentrenamiento. En el siguiente flujograma se describe la secuencia de actividades seguidas por los deportistas vinculados al estudio:

Figura 12. Flujograma de actividades



3.6 PROCEDIMIENTOS

3.6.1 Entrenamiento: La planificación del entrenamiento se hizo para el año 2013 por el método de periodización. El entrenamiento se inició en el mes de febrero y se programó en periodos de acuerdo a las normas de entrenamiento de alto rendimiento. Periodo preparatorio (general y especial), Periodo competitivo y de transición. Los objetivos, contenidos y dinámica del volumen e intensidad de la carga fueron: El Período preparatorio o pretemporada general fue de febrero a marzo y el objetivo fue aumentar las capacidades funcionales del nadador llevándolo a lograr resistencia básica, fuerza general, velocidad y técnica. La dinámica fue gran volumen e incremento progresivo de la intensidad. Esta etapa es en la que el organismo inicia adaptación al trabajo y debe durar por lo menos 4 a 8 semanas, debe ser lo más lejana posible al período de competencia.

En el período preparatorio especial se da paso al desarrollo de las cualidades físicas, grupos musculares, sistemas energéticos, funciones orgánicas, movimientos especiales, en este periodo se realiza la adecuación más específica del trabajo a las necesidades particulares de una determinada actividad deportiva. El objetivo fue desarrollar la resistencia especial, estabilización de la técnica, estimular el sistema anaeróbico láctico. En este periodo se incrementa el volumen y también la intensidad. Esta etapa es más cercana a la competencia.

En el período competitivo el objetivo fue el desarrollo máximo y estabilización del rendimiento competitivo en el cual se debe mantener la mejor velocidad de cada deportista, el ritmo de entrenamiento para mantener los valores de fuerza, resistencia y flexibilidad. Se continúa con la dinámica del volumen e intensidad pero se incrementa la intensidad mientras se disminuye el volumen. Antes de la competición se hace una pausa conocida como fase de descarga, puesta a punto o supercompensación. En el período de transición el objetivo fue recuperar al organismo entre una temporada y otra.

El entrenamiento se planificaba para 6 días (lunes a sábado) a la semana, con una duración entre una y hora y media en la mañana y una hora en la tarde. En un 70%

de este tiempo se realizaba el entrenamiento en agua en piscina olímpica de 50 metros, la cual cumplía con las especificaciones técnicas. El entrenamiento en tierra se realizaba en el tiempo restante o sea el 30% del tiempo total, este se realizaba en el gimnasio y en la pista de atletismo.

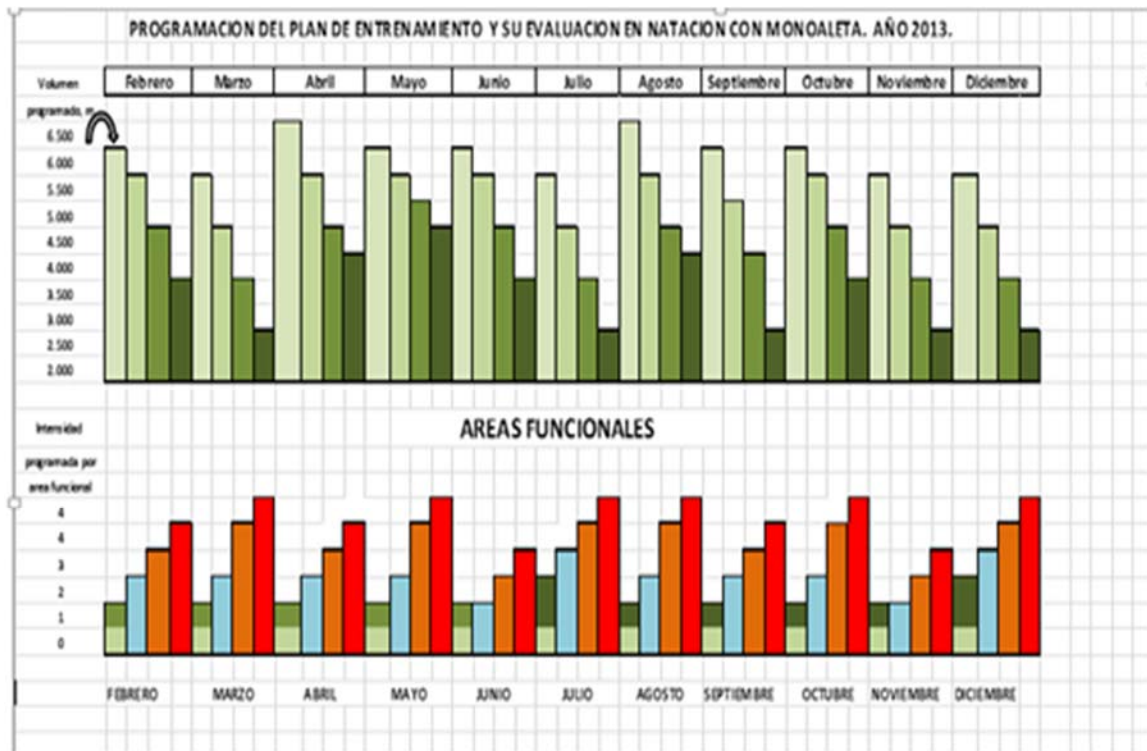
En la planificación del entrenamiento en agua el volumen osciló entre 4500 y 7000 metros. Al inicio del entrenamiento, el volumen fue de 7000m con intensidad baja entre un 70 a 80% del mejor tiempo registrado en último campeonato luego se fue aumentando la intensidad y disminuyendo el volumen. De todas formas el plan del entrenador osciló entre la segunda y la quinta zonas del modelo de Maglischo en las que los niveles de lactato estuvieron entre 6 y 14 mM/L. Este modelo es el que se describió previamente y corresponde al siguiente esquema de la tabla No. 1

Tabla 1. Zonas de entrenamiento y control (Maglischo 1990)

Zona	DENOMINACION	[LACTATO] mM/L	ABREVIATURA
I	Aeróbico ligero	2-3	AEL
II	Aeróbico medio (Eficiencia Aeróbica)	3-4	AEM
III	Aeróbico Intenso (Cap. y Pot. Aeróbica) Tolerancia al lactato	5-8	AEI
IV	Tolerancia al lactato (Cap.Glucolítica) Max. Prod. Lactato (Pot. Glucolítica)	Máximo	TLA MPLA
V	Capacidad y Potencia Aláctico	Máximo	ALA

De acuerdo a este modelo se siguió la siguiente programación del entrenamiento en agua durante el 2013 (Fig. 13).

Figura 13. Plan de entrenamiento de deportistas de natación con monoaleta 2013-



En la preparación física en tierra se realizó trabajo de fuerza máxima y coordinación muscular. Los ejercicios realizados incluyeron: Pectoral en peso libre, tríceps o bíceps (bracista bíceps) en peso libre, semisentadilla en máquina, dorsal en máquina, gemelo o isquiotibiales en máquina (bracistas isquiotibiales). El trabajo de resistencia específica lo realizaron con gomas elásticas, en corta (35''-2') o media (2'10') duración. Otros ejercicios incluyeron abdominales, trote fuerte y suave, saltos, pliometria, multisaltos, spinning, levantamiento olímpico y arranque. En la pista de atletismo se trabaja para desarrollar fuerza y potencia.

En general se alternó trabajo de resistencia aeróbica con entrenamientos continuos entre un 70 a un 80 % del $VO_{2m\acute{a}x}$, los cuales se alternaban con intervalos de alta

intensidad (90 a 95% del VO₂máx.) y de corta duración, para favorecer la actividad anaeróbica.

3.6.2 Evaluaciones y Determinaciones Bioquímicas de los marcadores: Los controles Médicos se realizaron al inicio del año de entrenamiento y las determinaciones bioquímicas o evaluaciones antropométricas se realizaron a lo largo del periodo de entrenamiento, para así detectar los cambios por procesos adaptativos. El lugar donde se tomaron las pruebas fue en las piscinas Alberto Galindo de la ciudad de Cali y en el laboratorio de Bioquímica de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, lugar que además fue de reunión con los deportistas y el entrenador para socializar el proyecto. En el siguiente diagrama se observa la programación de las pruebas. (Tabla No. 2)

Tabla 2. Cronograma de pruebas año 2013 del mes de Marzo y desde Junio a Noviembre

MES/ DIA	MARZO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM			OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	20	5	2	26	9	23	30	8	21	28	30	5	12	18	25
PRUEBAS															
CK	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
UREA	X	X	X	X		X			x						X
TESTOSTERONA		X	X	X		X			x						X
CORTISOL		X	X	X		X			x						X
CK-MM	X	X				X			X						X

3.6.3 Recomendaciones previas a la toma de muestra: El día anterior a la toma de la muestra, se hacían las siguientes recomendaciones:

- No actividad intensa un día antes de la prueba
- Asistir en el horario indicado (6 a 7am) con ayuno de 12 horas
- Mantener hidratación, con consumo de bebidas deportivas siempre antes durante y después del entrenamiento.
- No cigarrillo ni alcohol

3.6.4 Toma de muestra: Las extracciones sanguíneas se realizaron luego de haber descansado 24 horas después del entrenamiento (descanso sin carga de entrenamiento). Se obtuvieron alrededor de 284 muestras de sangre en las que se determinarían los marcadores. Para estos análisis se escogió un laboratorio que cumpliera con todos los requisitos para la investigación y que estuviese certificado, por lo cual se eligió el laboratorio BIOS (Centro de Análisis Biológico en la ciudad de Calí). En las muestras tomadas fueron analizados los marcadores bioquímicos de acuerdo a los procedimientos recomendados en la literatura para la CK, CK-MM, Urea, Testosterona y Cortisol.

Cuando el deportista llegaba a la prueba se realizaba lista de chequeo para ver si había cumplido con las recomendaciones dadas previamente. Posteriormente se registraba en la encuesta(ver anexo 8) el tiempo transcurrido post entrenamiento, la asistencia, los signos y síntomas de fatiga que hubieran estado presentes, las actividades extra del entrenamiento que hubiera realizado y el consumo de algún medicamento o ayuda ergogénicas que hubiera recibido durante el mes previo a la toma de muestra. La concentración del marcador se registraba luego de que llegara el informe correspondiente del laboratorio.

Posteriormente se procedía a la toma de muestra, la cual fue realizada por personal capacitado del laboratorio.

Con el deportista sentado y apoyando el brazo en un soporte que permitía estabilidad para el proceso, la técnica del laboratorio colocaba el torniquete (goma elástica) y previa asepsia procedía a realizar la extracción de la muestra por venopunción de la vena cubital con jeringa desechable. El volumen de la muestra extraída fue de 5ml de sangre, la cual se almacenó en tubos de ensayo secos, sin anticoagulante en nevera portátil ($T = 4^{\circ}$ a 8°C) para transportarla hasta el laboratorio. Después de retirada la aguja, se cubría el sitio de punción para detener cualquier sangrado.

3.6.5 Recomendaciones para recolección y manipulación de las muestras. Se cumplió con las recomendaciones emitidas por el comité estadounidense sobre normas de laboratorio, National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS), sobre la manipulación y el almacenamiento de muestras de sangre (111).

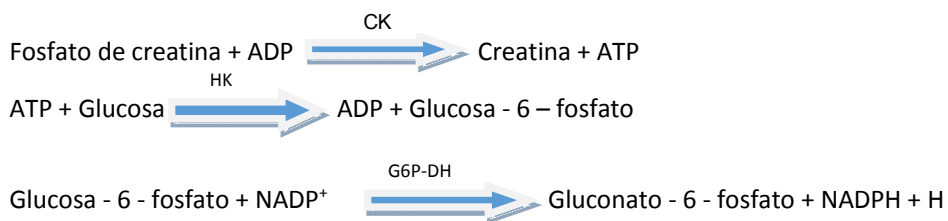
- Todas las muestras de sangre deben recogerse de conformidad con las precauciones universales de venopunción.
- Debe dejarse que las muestras coagulen adecuadamente antes de la centrifugación.
- Los tubos deben mantenerse siempre tapados y en posición vertical.
- No deben utilizarse muestras que hayan sido almacenadas a temperatura ambiente durante más de 8 horas.
- Si el ensayo no se completa en el transcurso de 8 horas, las muestras deben taparse bien y refrigerarse a una temperatura de 2°C a 8°C .
- Si las muestras no se analizan en el transcurso de 48 horas, deben congelarse a una temperatura inferior o igual a -20°C .
- Las muestras sólo deben congelarse una vez, y deben mezclarse a conciencia después de descongelarlas.
- Antes de colocar las muestras en el sistema se debe verificar que:

- Las muestras no contengan fibrina ni otra materia particulada.
- Las muestras no contengan burbujas

4. ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LOS MARCADORES

4.1 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA CK

Para la determinación de estos marcadores en la muestra se requería suero libre de hemólisis, por lo cual el tubo de vidrio o plástico en el que se recolectó la muestra tenía gel separador, luego, se alícuota el suero para realizar las determinaciones en un tubo eppendorf de 1,5ml, el cual se llevó al área de proceso de química sanguínea. El proceso se realizó en el equipo A-25 de Biosystems por la técnica de Espectrofotometría, el cual mezcla la muestra y un reactivo suministrado y codificado por la casa comercial Biosystems en una cubeta, para que el equipo realice el análisis de la CK. La concentración catalítica de esta enzima se determinó empleando el acople de las reacciones de la Creatin kinasa, Hexoquinasa y glucosa 6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH) (descritas abajo), de las cuales se forma el NADPH, que es el que se mide por espectrofotometría a 340nm. El sistema controla el cambio de absorbancia a esta longitud de onda y este cambio es directamente proporcional a la actividad de la CK en la muestra.



4.2 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE CK-MM, TESTOSTERONA Y CORTISOL.

Para la determinación de la CK-MM, Testosterona y Cortisol se utilizó el inmunoensayos (ELISA), técnica que se basa en el principio de competencia, en la cual una Cantidad desconocida de antígeno presente en la muestra y una cantidad fija de antígeno marcado enzimáticamente compiten por los sitios de unión de los

anticuerpos que recubren los pozos. Tras la reacción del sustrato los pozos se lavan para detener la reacción de competencia. Después de la reacción del sustrato la intensidad del color desarrollado es inversamente proporcional a la cantidad de antígeno de la muestra. Los resultados de las muestras se pueden determinar directamente usando la curva estándar. A continuación se describe la técnica especificada para cada uno de estos marcadores.

4.3 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA CK-MM:

El procesamiento de la CK-MM por la técnica de ELISA se realizó utilizando un anticuerpo monoclonal anti-CK-MM de humano. Esta técnica se basa en la afinidad del anticuerpo con el antígeno de interés y la medición del complejo anticuerpo-antígeno mediante espectrofotometría. El anticuerpo específico para la CK-MM se encuentra en los pozos de la microplaca. La solución estándar y la muestra (100µl) se adicionan a cada pozo. La CK-MM de la muestra se une al anticuerpo inmovilizado, luego se realizan lavados para eliminar las sustancias que no se unen, Posteriormente se adiciona a los pozos un anticuerpo anti CK-MM con biotina, seguidamente se adiciona la enzima peroxidasa de rábano conjugada con avidina, se lava y se adiciona el sustrato de la enzima TMB (revelador) para que aparezca el color que estará en relación con la cantidad de CK-MM de la muestra. Se incuba a 37 °C. Posteriormente se lee la absorbancia de esta preparación mediante un Lector de micro placas con una longitud de onda de 450nm, la cual se corrige mediante lecturas a otras longitudes de onda (540nm o 570nm). Con la absorbancia obtenida se determina la concentración correspondiente de la CKMM en la muestra de suero, mediante una curva estándar obtenida con el Software (Curve expert 1.4) recomendada en el manual de procedimientos de CUSABIO BIOTECH CO., laboratorios.

4.4 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA TESTOSTERONA Y DEL CORTISOL

Se determinó por la técnica de Radio Inmuno Ensayo, basado en el principio de competición y separación en microplaca que utiliza tecnología de quimioluminiscencia directa. Una cantidad desconocida de testosterona contenida en una muestra compete con la testosterona marcada por una cantidad limitada de anticuerpo policlonal de conejo anti-hormona que está unido de forma covalente a partículas paramagnéticas de la fase sólida. El ensayo utiliza el agente liberador de testosterona para liberar la testosterona unida de las proteínas de unión endógenas de la muestra. La concentración de la hormona es inversamente proporcional a la medida de la densidad óptica, la secuencia del protocolo seguido fue:

- Pipetee 20 μ L de Estándar, Control y muestra en cada pozo respectivo de la placa de microtitulación.
- Pipetee 200 μ L de Conjugado Enzimático en cada pozo.
- Cubra la placa con un folio adhesivo. Mezcle bien por 10 segundos.
- Incubar 60 min a TA (18-25°C).
- Remueva el folio adhesivo. Descarte la solución de incubación. Lave la placa 3x con 300 μ L de Solución Buffer de Lavado. Remueva totalmente el exceso de la solución, golpeando cuidadosamente la placa invertida sobre un papel toalla.
- Pipette 100 μ L de Solución de Substrato TMB en cada pozo.
- Incubar 15 min a TA (18-25°C).
- Detenga la reacción del sustrato, añadiendo 100 μ L de Solución de Paro TMB en cada pozo. Agitar brevemente. El color cambia de azul al amarillo.
- Mida la densidad óptica con fotómetro a 450 nm (longitud de onda referencial: 600-650 nm) dentro de los 10 min de haber agregado la Solución de Paro.

4.4.1 Determinación de la relación T/C y de Porcentajes de variación. La ratio T/C es obtenida entre las concentraciones totales de las dos hormonas, en esta relación la concentración de testosterona [T] fue en ng/dl y la de cortisol [C] en µg/dl. La utilización de las concentraciones totales está reportada en la literatura como la más frecuente, dada la dificultad de detección de las fracciones libres, además porque la concentración total hormonal se correlaciona directamente con la fracción libre.

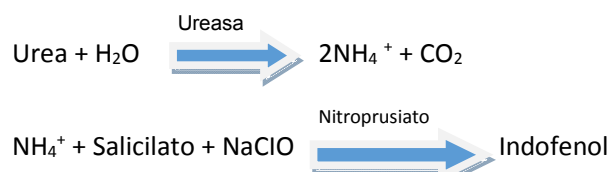
El porcentaje de cambio o variación de cada una de las hormonas (%var-T), %var-C) se calculó como la relación entre la diferencia de la concentración de cada hormona en un mes y la concentración basal de la hormona respectiva sobre la misma concentración basal. El porcentaje de cambio de la relación T/C (%var-T/%var-C) se calculó como la relación entre el porcentaje de cambio de la testosterona y el porcentaje de cambio del cortisol.

4.5 ANÁLISIS BIOQUÍMICO DE LA UREA

La muestra sanguínea obtenida se introduce en un tubo y se lleva a centrifugación entre 3000 y 5000 rpm, luego se separa el componente sobrenadante(suero) del paquete globular y se lleva al área de proceso de química sanguínea, se monta la prueba en el equipo A25 utilizando el reactivo (reacción de Berthelot, ver abajo) para determinación enzimática de urea en suero, luego se encuba y pasado de un tiempo se lee la absorbancia en el espectrofotómetro, a una longitud de onda: 340 nm (Hg 334 o 366), una Temperatura de reacción de 37°C y un Tiempo de reacción de 2 minutos para un Volumen de muestra de 0,01ml con un Volumen de Reactivo de 1 ml para dar un Volumen final de la reacción de 1,01 ml.

Fundamento del método: La enzima Ureasa transforma la Urea en CO₂ e ion NH₄⁺. En presencia de este último y por acción del hipoclorito sódico en medio alcalino, se produce la oxidación del fenol con formación de Indofenol (reacción de Berthelot),

de intenso color azul, cuya intensidad medida espectrofotométricamente es proporcional a la concentración del amonio y por lo tanto de la concentración de la urea presente en la muestra.



5. MEDICIONES Y ANÁLISIS ANTROPOMÉTRICO

Se utilizó la técnica antropométrica, como herramienta para hacer las mediciones del porcentaje muscular y el porcentaje de grasa corporal, las determinaciones de los componentes de la Composición Corporal y los 3 elementos del somatotipo. Estas determinaciones se realizaron mensualmente a lo largo del año 2013.

5.1 RECOMENDACIONES PREVIAS A LA EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA

Son las siguientes:

- Realización de las mediciones en la misma hora del día
- No asistir a entrenamiento en un periodo de 12 horas previo a la prueba
- Utilización de ropa cómoda, preferiblemente traje de baño o en dos piezas.
- El lugar donde se realizan las mediciones debe ser cómodo, libre de interrupciones, con buena ventilación e iluminación.
- Calibración de los equipos antes de las mediciones.
- Las mediciones se deben tomar siempre al lado derecho del cuerpo, haciendo las marcas necesarias de arriba hacia abajo para la primera medición. Se realizará una segunda medición y si es diferente se realizará una tercera.
- Debe haber un ayudante para el registro de las mediciones.

5.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA

Se utilizó equipo de antropometría marca Rosscaff (Buenos Aires- Argentina) un Caliper de pliegues cutáneos Harpender (creative Heath products, USA) El kit completo incluye:

EQUIPO
Set de antropometría Rosscaff, Argentina.
Programa para análisis de composición corporal. Bodymetrix. Argentina.
Caliper (Harpender) para pliegues cutáneos.*
Tallimetro.*con precisión de 1mm
Balanza mecánica. * con precisión de 100g
Cinta Antropométrica mide longitudes precisión de 1mm
Cinta antropométrica: mide los perímetros con precisión de 1mm
Parquímetro calibre mide pequeños diámetros, precisión de 1mm.
Plicometro o lipometro mide panículo adiposo con precisión de 0,2 a 1mm
Gran compas, mide diámetros del tronco
Banco antropométrico para medir la talla sentado





5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS: LAS MEDIDAS REALIZADAS FUERON, PESO, TALLA, % DE GRASA CORPORAL Y % MASA MUSCULAR

Peso: se midió con balanza mecánica, sin zapatos ni objetos que afecten la determinación, se registró el peso en Kg con una precisión de $\pm 50g$.

Talla: Se midió con Tallimetro de pie y con los talones juntos, colocando los talones, glúteos, espalda y región occipital en contacto con la superficie vertical del antropómetro. El registro se hizo en cm.

Porcentaje de grasa corporal: se realizó inicialmente las mediciones de los pliegues que son la medición indirecta del tejido adiposo subcutáneo. El procedimiento fue el siguiente:

Localización de los pliegues. Luego se procedió a su medición tomando el pliegue con la mano izquierda y el Plicometro del set de antropometría (precisión de 0,2 a 1mm) con la mano derecha, colocándolo en un ángulo de 90° con respecto al segmento del pliegue que se está midiendo. Se realizaron tres mediciones en cada

uno de los pliegues, cuyo resultado se expresó en milímetros. Se tuvo en cuenta el tiempo de estabilización (2 seg) de la pinza en los pliegues grandes.

Se utilizaron los pliegues cutáneos de las extremidades y los lados del torso, las medidas que se emplearon para determinar la masa de Tejido adiposo fueron:

- Pliegue cutáneo tricipital
- Pliegue cutáneo subescapular
- Pliegue cutáneo supraespinal
- Pliegue cutáneo abdominal
- Pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- Pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

5.3.1 Calculo del Porcentaje de grasa corporal. Se utilizaron las siguientes ecuaciones en las que se ajusta el predominio de las adiposidades de las extremidades en las mujeres y las del torso en los hombres:

$S \text{ ADIP} = \text{sumatoria (TPSF + SSSF + SISF + ABSF + THSF + MCSF)}$

$Z \text{ ADIP} = [S \text{ ADIP} \cdot (170, 18 / HT) - 116, 41] / 34, 79$

Donde:

- 116,41 = sumatoria de medias Phantom de los pliegos cutáneos
- 34,79 = sumatoria de los desvíos estándar Phantom para los pliegues cutáneos
- TPSF = pliegue cutáneo del tríceps
- SSSF = pliegue cutáneo subescapular
- SISF = pliegue cutáneo supraespinal
- ABSF = pliegue cutáneo abdominal
- THSF = pliegue cutáneo frontal del muslo

- MCSF = pliegue cutáneo de la pantorrilla media

$$M \text{ ADIP (kg.)} = [(Z \text{ ADIP} \cdot 5,85) + 25,6] / (170,18 / HT)^3$$

Donde:

- M ADIP = Masa adiposa (en kg.)
- Z ADIP = Score de proporcionalidad Phantom para la masa adiposa
- 25,6 = Constante del método para media de masa adiposa Phantom (en kg.)
- 5,85 = Constante del método para desvío estándar de la masa adiposa Phantom (en kg.) (112)

5.3.2 Masa de tejido muscular. Incluye todo el músculo esquelético del cuerpo, el tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos sanguíneos y sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable físicamente del músculo.

Excepto para el perímetro del antebrazo, el músculo fue estimado a partir de perímetros corregidos por el pliegue cutáneo (es decir, sustrayendo al perímetro, $n \times$ el grosor del pliegue cutáneo adyacente, en cm.). En el caso del perímetro del antebrazo no se hizo ninguna corrección porque en la mayoría de protocolos no se incluye la medida del pliegue cutáneo adyacente. Las medidas de los perímetros se realizaron con una cinta flexible e inextensible sin comprimir los tejidos blandos. La medida se expresó en cm. Los perímetros medidos fueron:

- Perímetro del brazo relajado corregido por el pliegue cutáneo tricipital
- Perímetro del antebrazo (no corregido)
- Perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue cutáneo subescapular
- Perímetro del muslo, corregido por el pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo

- Perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial
- Predicción de la masa muscular.

$$S \text{ MUS} = \text{Sumatoria (P ARC + P FA + P THC + P MCC + P CHC)}$$

$$Z \text{ MUS} = [S \text{ MUS} \cdot (170, 18 / HT) - 207, 21] / 13, 74$$

Donde:

- 207,21 = sumatoria de las medias Phantom de los perímetros corregidos
- 13,74 = sumatoria de los desvíos estándar Phantom para los perímetros corregidos
- PARC = perímetro del brazo (relajado), corregido por el pliegue cutáneo del tríceps
- P FA = perímetro del antebrazo (no corregido)
- P THC = perímetro del muslo, corregido por el pliegue cutáneo del muslo frontal
- P MCC = perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial
- P CHC = perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue cutáneo subescapular

$$M \text{ MUS (kg.)} = [(Z \text{ MUS} \cdot 5, 4) + 24, 5] / (170, 18 / HT) 3$$

Donde:

- M MUS = Masa muscular (en kg.)
 - Z MUS = Score de proporcionalidad Phantom para masa muscular
 - 24,5 = Constante del método para media de masa muscular Phantom (en kg.)
- (113)

6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de la información fue prolectiva, los investigadores diseñaron los formatos (anexos de marcadores bioquímicos y antropometría) y establecieron las estrategias para la obtención de la información que se registró desde el inicio del estudio. La unidad de análisis para el estudio era el deportista, quienes fueron evaluados en diferentes mesociclos y microciclos durante el año 2013. El registro fue de las concentraciones de: CK total, CK-MM, testosterona, cortisol y urea y de las variables antropométricas (peso, talla, % grasa y % de masa muscular)

6.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez recolectada la información se realizó base de datos con el paquete estadístico Excel, versión año 2008, en la cual se copiaron los datos en forma individual y se revisaron con el chequeo de dos personas diferentes.

Los datos se presentaron inicialmente en una versión “wide” de Excel, y luego se exportaron a la base de datos de STATA en presentación “Long”.

Mediante el programa STATA, se evaluó la normalidad de la distribución de los datos, posteriormente se realizó la estadística descriptiva para cada una de las Variables descritas anteriormente. Se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión. La descripción estadística de cada variable se realizó para cada género (femenino=0 y masculino=1) y en cada mes registrado desde Junio hasta Diciembre del 2013. En el caso de la testosterona y el cortisol se calculó además el porcentaje de cambio de los resultados en cada mes con respecto al valor basal. De las mediciones antropométricas se evaluó además cuantos deportistas hicieron cambio del porcentaje muscular y el % de grasa corporal en cada mes.

6.2 NORMATIVIDAD ÉTICA

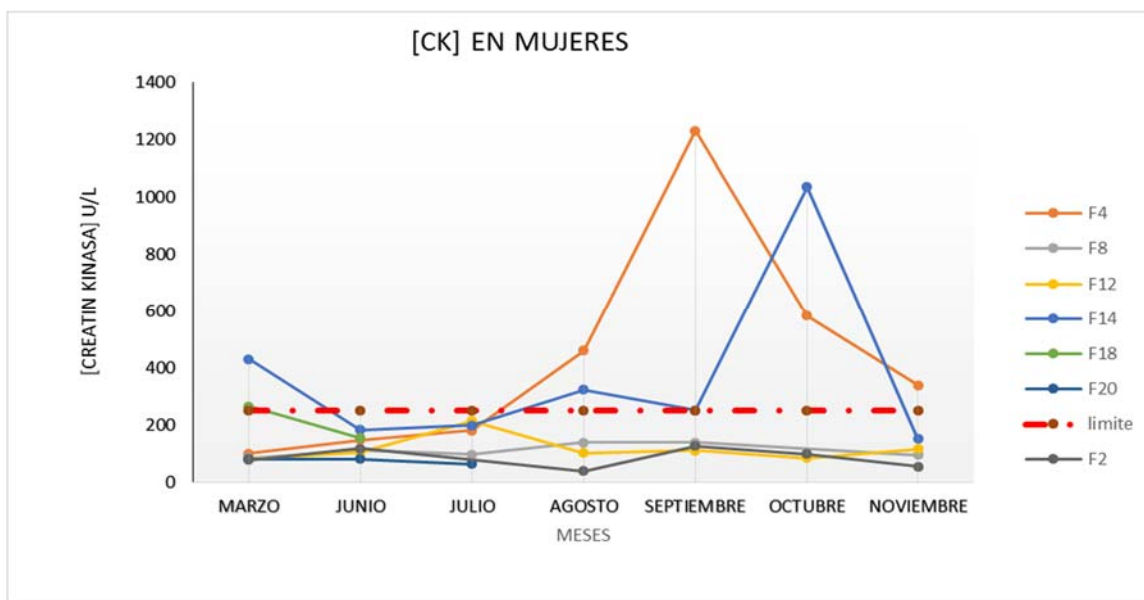
Este estudio fue avalado por el Comité de Ética Humana de la Universidad del Valle (acta No. 05-013) y el Comité de ética de la Escuela Nacional del deporte (acta No. 001-2013). Todos los deportistas y acudientes o representantes legales de los deportistas dieron su consentimiento o asentimiento informado por escrito antes del inicio del estudio (Anexo 4). El estudio cumplió con las disposiciones de la Declaración de Helsinki y las normas científicas técnicas y administrativas para la investigación en salud contempladas en la “Resolución 8430 de 1993” del Ministerio de Salud.

7. RESULTADOS

7.1 [CK] TOTAL EN DEPORTISTAS DEL SEXO FEMENINO Y MASCULINO

7.1.1 [CK] Total en el sexo femenino. La concentración de la CK de las 7 deportistas del sexo femenino determinada en Marzo y en los meses desde Junio a Noviembre del 2013 estuvo por debajo del valor de referencia para deportistas (250 U/L), sin embargo, se puede observar (Grafica. 1) que hubo dos deportistas con valores altos (4 a 5 veces el valor de referencia) en los meses de Septiembre y Octubre, y una de ellas había iniciado con valor alto de CK en el mes de Marzo.

Gráfica 1. CK (U/L) por deportista del sexo femenino. Marzo y Junio-Noviembre del 2013



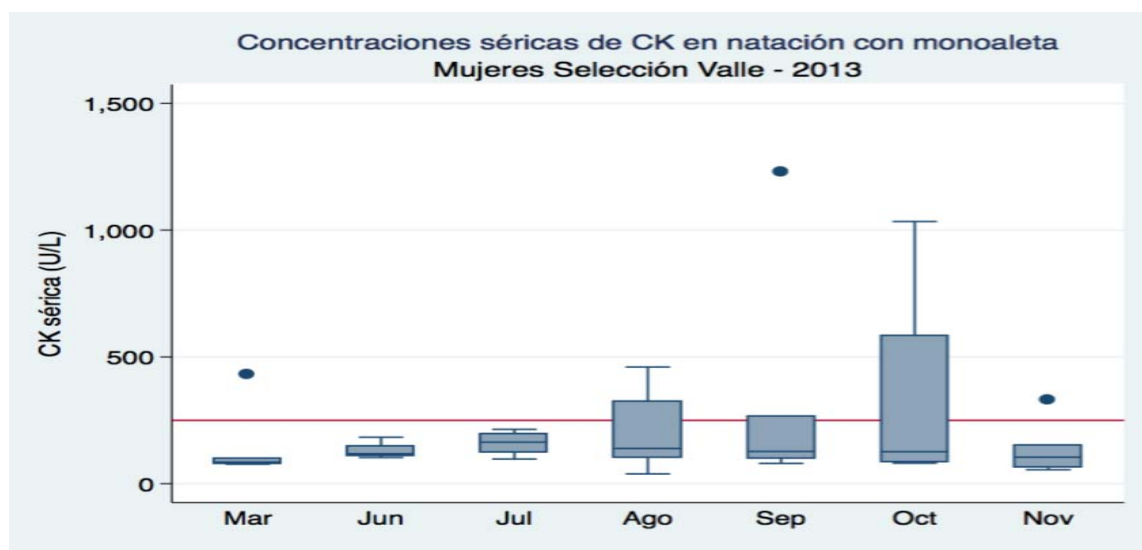
Al observar la tabla 3 se puede ver el efecto que tiene en el promedio los valores de CK obtenidos en las dos deportistas descritas anteriormente, sin embargo, la mediana no se afecta, siendo similar a la del resto de deportistas.

Tabla 3. Medidas de tendencia central y de dispersión de la [CK] en deportistas del sexo femenino determinadas mensualmente

MES	n	MEDIANA	PROMEDIO	DESVIACION	RANGO
MARZO	5	85	154,2	153,8	77-429
JUNIO	5	118,0	132,4	32,7	103- 183
JULIO	4	164,0	159,7	49,7	97- 214
AGOSTO	5	139,0	212,3	174,3	38,5- 139
SEPTIEMBRE	7	127,0	308,7	412,4	80- 1229
OCTUBRE	6	126,0	339,0	391,2	81- 1034
NOVIEMBRE	6	104,5	134,6	102,2	55- 331

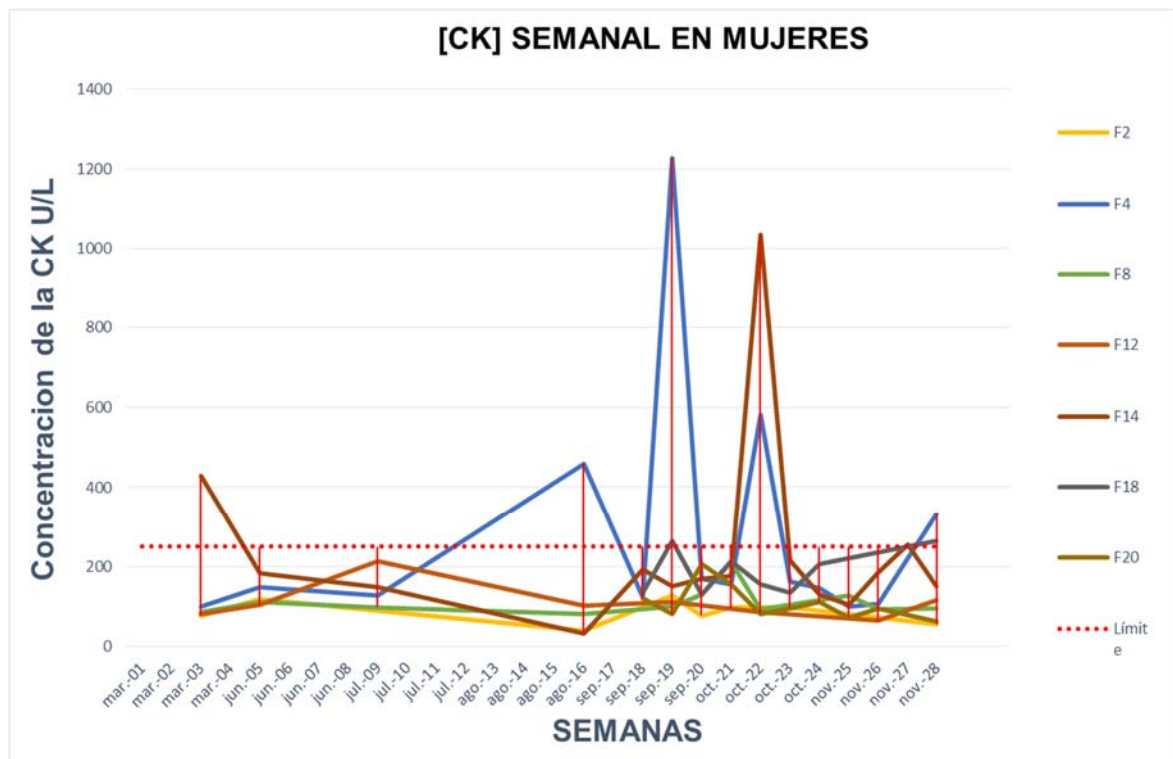
En la siguiente grafica también se puede ver el efecto de los valores de las dos deportistas, en el rango intercuartilico del mes de Septiembre y de Octubre.

Gráfica 2. Mediana y rango intercuartilico de la CK (U/L) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013



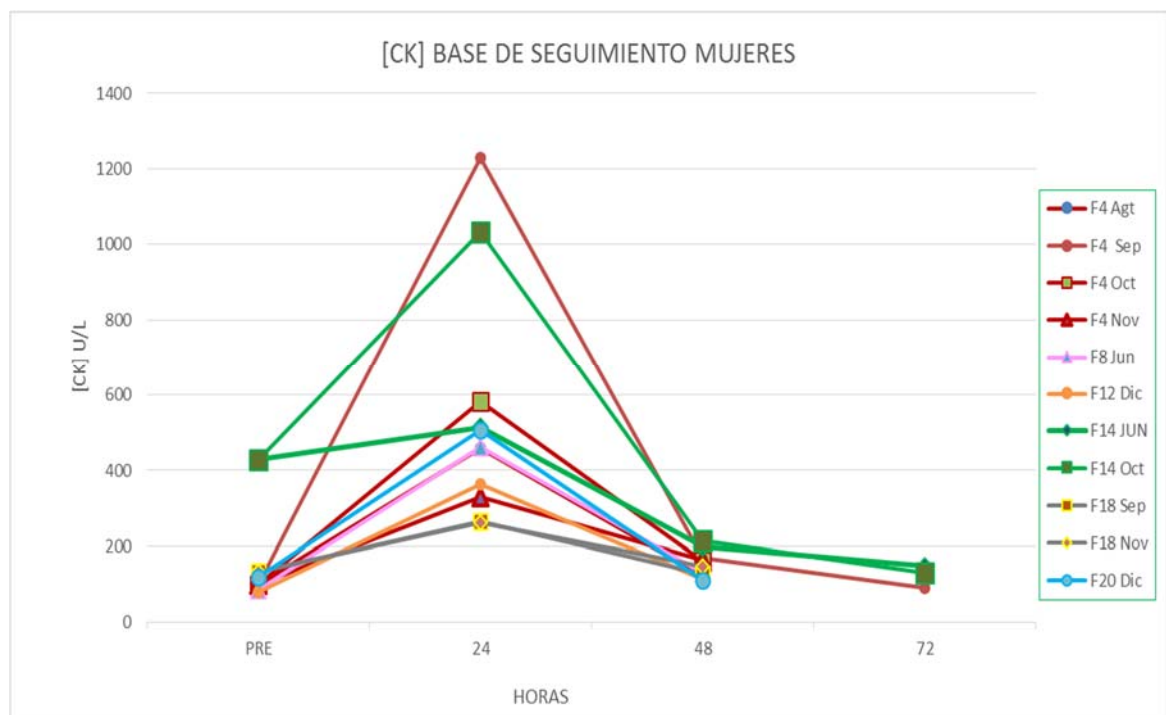
En la (Graf. 3) se pudo observar la presencia de otros picos cuando se hizo además del registro mensual el registro semanal a partir del mes septiembre. Se observa que la mayoría de deportistas presentaron valores altos en la segunda semana de septiembre, tercera semana de Octubre y la última semana de Noviembre.

Gráfica 3. CK (U/L) por deportista del sexo femenino. Marzo y desde Junio- Noviembre del 2013, incluyendo determinaciones semanales desde el mes de septiembre



A las deportistas que presentaban CK mayor del valor de referencia a las 24 horas pos-entrenamiento se les hizo seguimiento hasta que el valor regresara a la normalidad (Graf. 4). En esta gráfica se observa que la mayoría de deportistas presentaron su valor más alto a las 24 horas pero a las 48 horas regresaban al valor normal. Dos deportistas demoraron en regresar a los valores de referencia 72 horas.

Gráfica 4. Seguimiento de la CK (U/L) por deportista del sexo femenino. Desde el mes de Marzo hasta Noviembre del 2013



7.1.2 [CK] Total en el sexo Masculino. La concentración de la CK determinada en la mayoría de los deportistas del sexo masculino en Marzo y desde Junio a Noviembre del 2013 estuvo alrededor del valor de referencia para deportistas (250 U/L), sin embargo, hubo más valores entre 250 y 500 U/L para este género que para el género femenino, pero no se presentaron casos que superaron el doble del valor de referencia (Graf. 5). Esto se puede observar con mayor precisión al ver directamente los valores del rango de la tabla 4. En relación a las medidas de tendencia central de este grupo se encontraron más similitudes que en las correspondientes del sexo femenino.

Gráfica 5. CK en (U/L) por deportista del sexo Masculino. Marzo y Junio- Noviembre del 2013

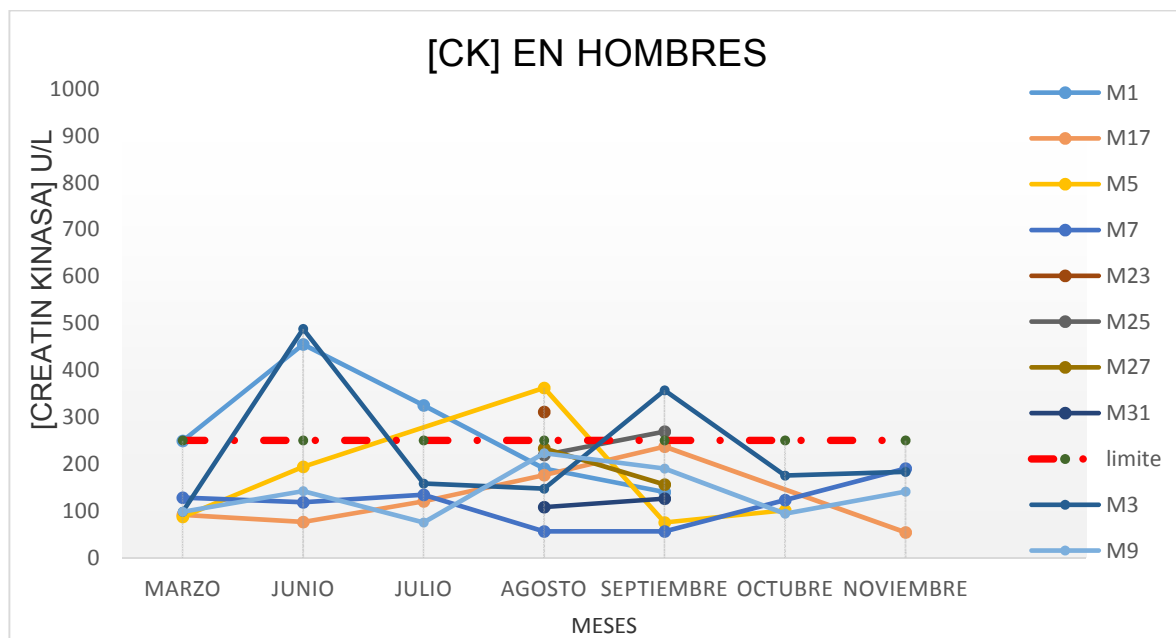


Tabla 4. Medidas de tendencia central y de dispersión de la [CK] en deportistas del sexo Masculino determinadas mensualmente

MES	n	MEDIANA	PROMEDIO	DESVIACION	RANGO
MARZO	5	98	103,8	14,2	91-128
JUNIO	6	130	193,3	157	76-488
JULIO	6	146	189,3	136	75-455
AGOSTO	5	147	145,2	118,6	22,3-325
SEPTIEMBRE	10	226	238,9	81,5	108-362
OCTUBRE	8	133	144,7	59,4	75-269
NOVIEMBRE	5	141	133,8	57,17	54-190

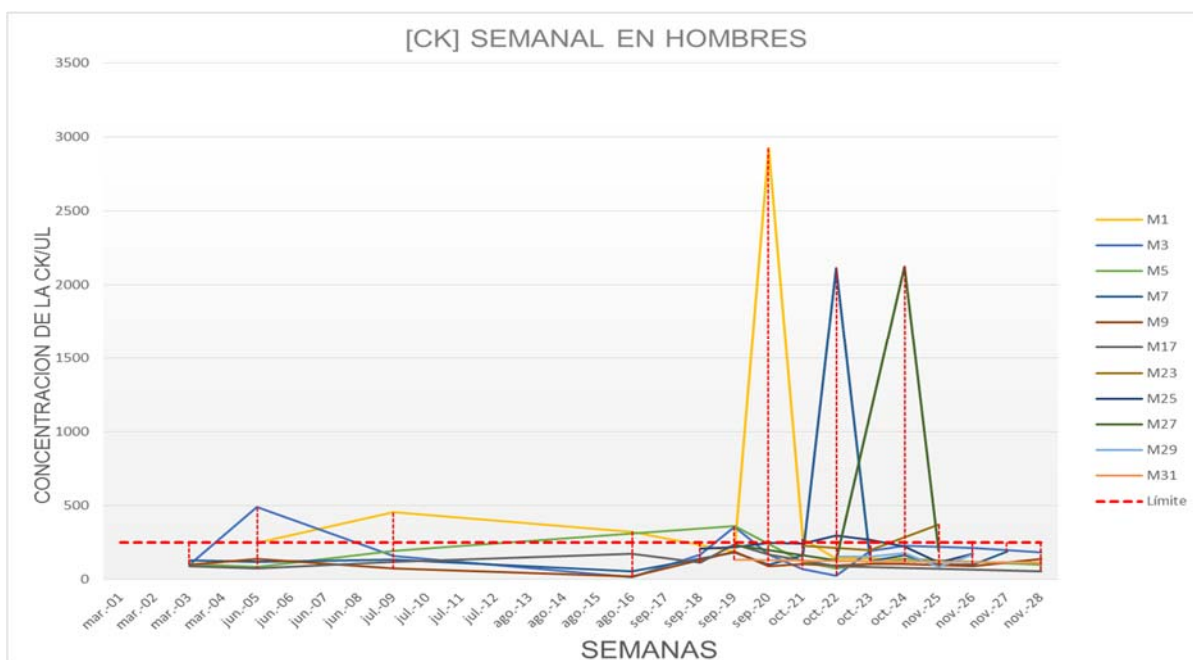
Como se observa en el rango de la tabla 4, los límites superiores mayores para este sexo correspondieron a los meses de Junio y Julio. En Septiembre se observó también, un aumento al igual que ocurrió en las mujeres, un incremento de la CK de todo el grupo, porque tanto la mediana como el promedio fueron los más altos de todos los meses, aunque su valor no sobrepasó el valor de referencia. En la (Grafica. 6) se puede observar el efecto sobre el rango intercuartilico de estos valores.

Gráfica 6. Mediana y rango intercuartilico de la CK (U/L) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013



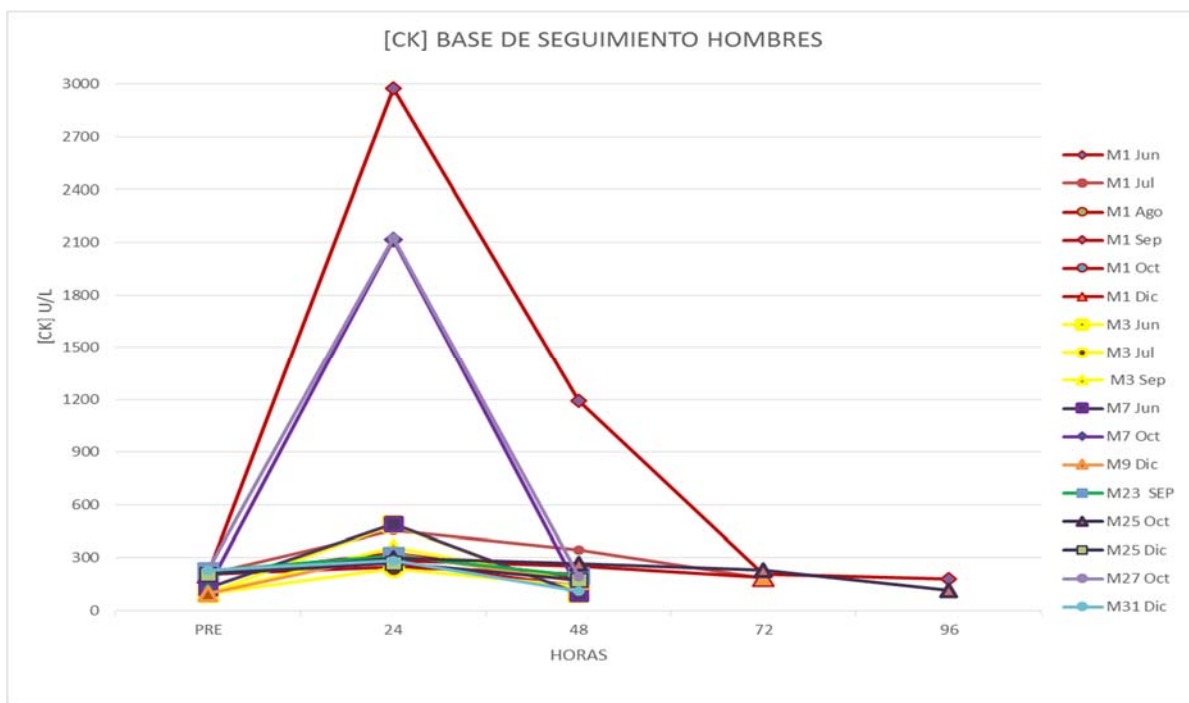
En la (Grafica 7) se pudo observar la presencia de unos picos cuando se hizo registro semanal a partir de la tercera semana de Septiembre y la tercera semana de Octubre. Se observaron 3 deportistas con niveles de CK entre 7 a 10 veces el valor de referencia.

Gráfica 7. CK (U/L) por deportista del sexo masculino. Marzo y desde Junio a Noviembre del 2013, incluyendo determinaciones semanales desde el mes de Septiembre



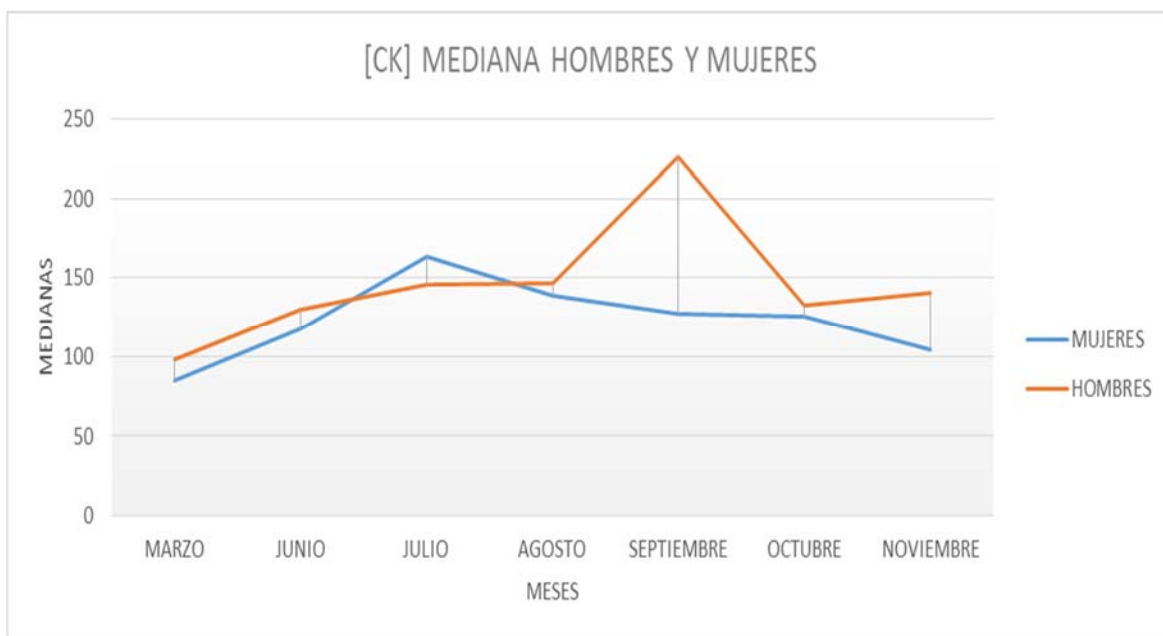
De igual forma a estos deportistas que presentaron CK mayor al valor de referencia a las 24 horas se les hizo seguimiento hasta que disminuyera el valor por debajo del de referencia. Del seguimiento de la CK luego de incrementarse por encima del valor de referencia se encontró que el tiempo de recuperación fue entre 48 a 96 H post-entrenamiento Estos resultados los podemos visualizar en la (Grafica.8).

Gráfica 8. Seguimiento de la CK (U/L) por deportista del sexo masculino. Desde el mes de Junio a Noviembre.



En la representación gráfica de la mediana de la CK para ambos sexos, sin tener en cuenta los valores extremos en ninguno de los dos, llama la atención que los valores del género masculino están por encima de los valores femeninos a lo largo de todos los meses exceptuando Julio (Gráfica. 9).

Gráfica 9. CK mediana de hombres y mujeres desde el mes de Marzo a Noviembre



7.2 [CK-MM] TOTAL EN DEPORTISTAS DEL SEXO MASCULINO Y FEMENINO

7.2.1 [CK-MM] Total en el sexo femenino. La mediana de la concentración de la CK-MM determinada en la mayoría de los deportistas del sexo femenino desde Junio a noviembre del 2013 estuvo por debajo del valor de referencia de acuerdo a la prueba de análisis utilizada (3,12-200 mU/ ml), sin embargo, se puede observar que hay dos deportista que sobrepasa el valor de referencia (Grafica. 10 y rango de septiembre en tabla 5).

Gráfica 10. [CK-MM] mU/mL por deportista del sexo femenino. Junio- Noviembre del 2013

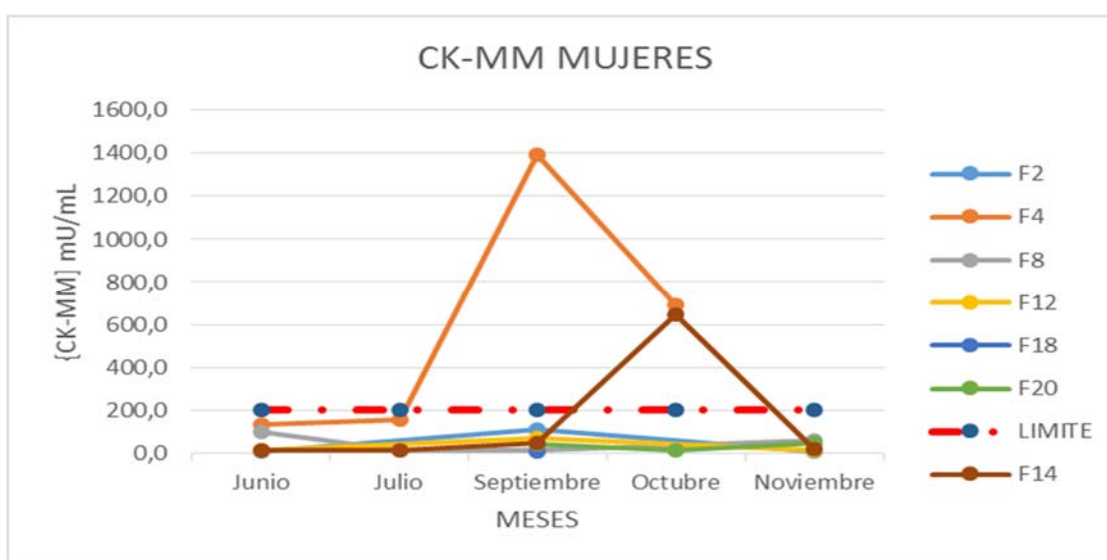


Tabla 5. Medidas de tendencia central de la [CK-MM] en deportistas del sexo femenino determinadas mensualmente.

MES	n	MEDIANA	PROMEDIO	DESVIACION	RANGO
JUNIO	5	14,28	51,69	58,98	3,66-133
JULIO	3	10,19	58,09	83,45	9,61-154
SEPTIEMBRE	6	43,10	47,30	38,98	5,94-1391
OCTUBRE	2	328	328	451	9,31-647
NOVIEMBRE	5	16,13	26,90	24,5	3,60-60,3

7.2.2 [CK-MM] Total en el sexo masculino. La mediana de la concentración de la CK-MM determinada en la mayoría de los deportistas del sexo masculino desde Junio a noviembre del 2013 estuvo por debajo del valor de referencia de acuerdo a la prueba de análisis (3,12-200 mU/ ml), Hubo un aumento en un deportista en el mes de septiembre que sobrepasó el valor de referencia. Los resultados de la CK-MM se correlacionaron bien con los resultados de la CK total (grafica 11 y tabla 6).

Gráfica 11. [CK-MM] mU/mL por deportista del sexo masculino. Junio- Noviembre del 2013

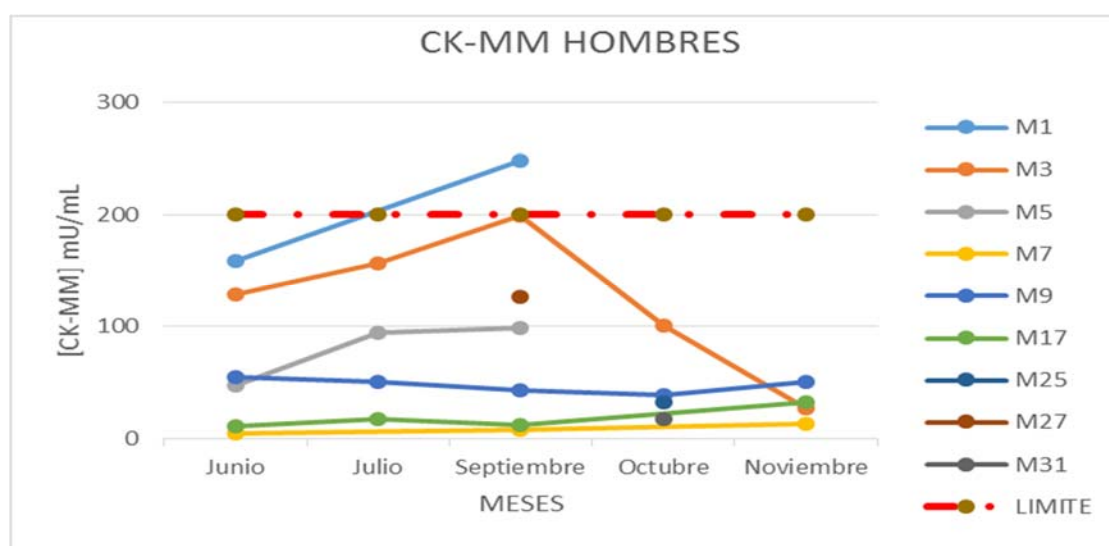
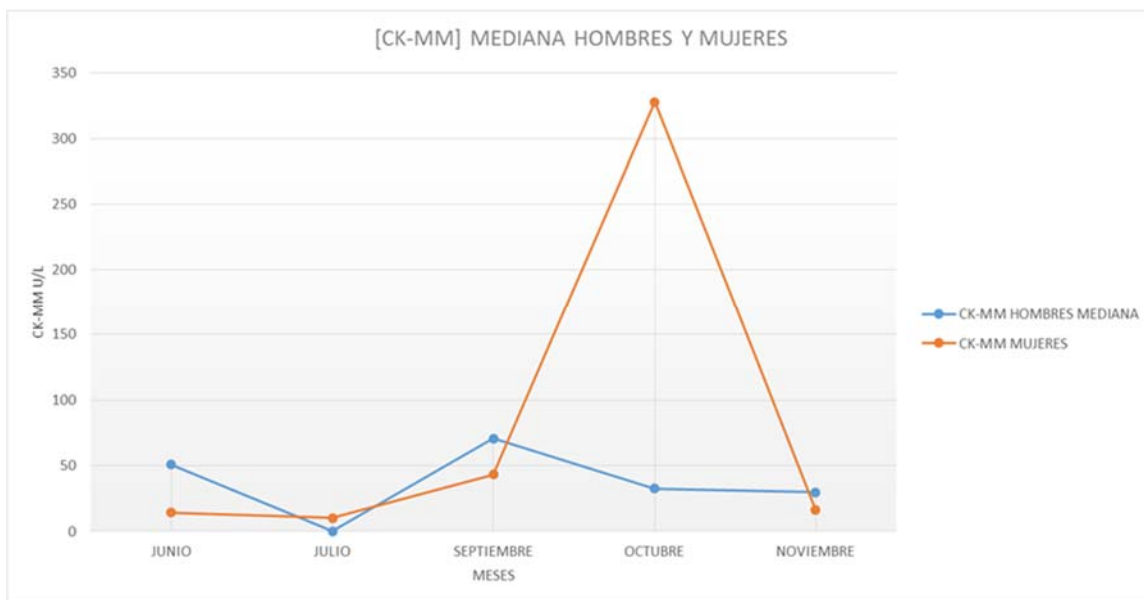


Tabla 6. Medidas de tendencia central de la [CK-MM] en deportistas Hombres determinadas

MES	N	MEDIANA	PROMEDIO	DESVIACION	LIMITES
JUNIO	6	50,9	67,3	62,6	4,66-158
JULIO	4	72	79,46	60,10	17,3- 156,3
SEPTIEMBRE	6	70,6	74,9	81,17	7,5-249
OCTUBRE	5	32,4	38,11	37,66	2,4- 100,71
NOVIEMBRE	13,4	29,7	30,8	15,20	13,4- 50,23

7.2.3 [CKMM] Total en deportistas del sexo femenino y masculino. En la (Graf. 12) se observa que en Octubre hubo un cambio marcado en mujeres pero el valor es de una sola deportista. Se observa siempre la mediana de los hombres por encima de la mediana de las mujeres.

Gráfica 12. Evaluación de la [CK-MM] total. Medianas entre hombres y mujeres del mes de Junio a Noviembre



7.3 CONCENTRACIÓN Y PORCENTAJES DE CAMBIO DE TESTOSTERONA, CORTISOL Y RELACIÓN T/C POR SEXO DE TODOS LOS MESES (JUNIO-NOVIEMBRE 2013)

Las concentraciones de T y C estuvieron dentro de los valores de referencia. Los porcentajes de variación de T en el sexo femenino fueron mayores que en el sexo masculino, lo cual tiene que ver con la caída del % de variación de T/C. (tabla 7).

Tabla 7. Medidas de tendencia central de T, C, relación T/C, y porcentajes de variación respectivos % T, % C y % T/C por sexo entre Junio y Noviembre del 2013

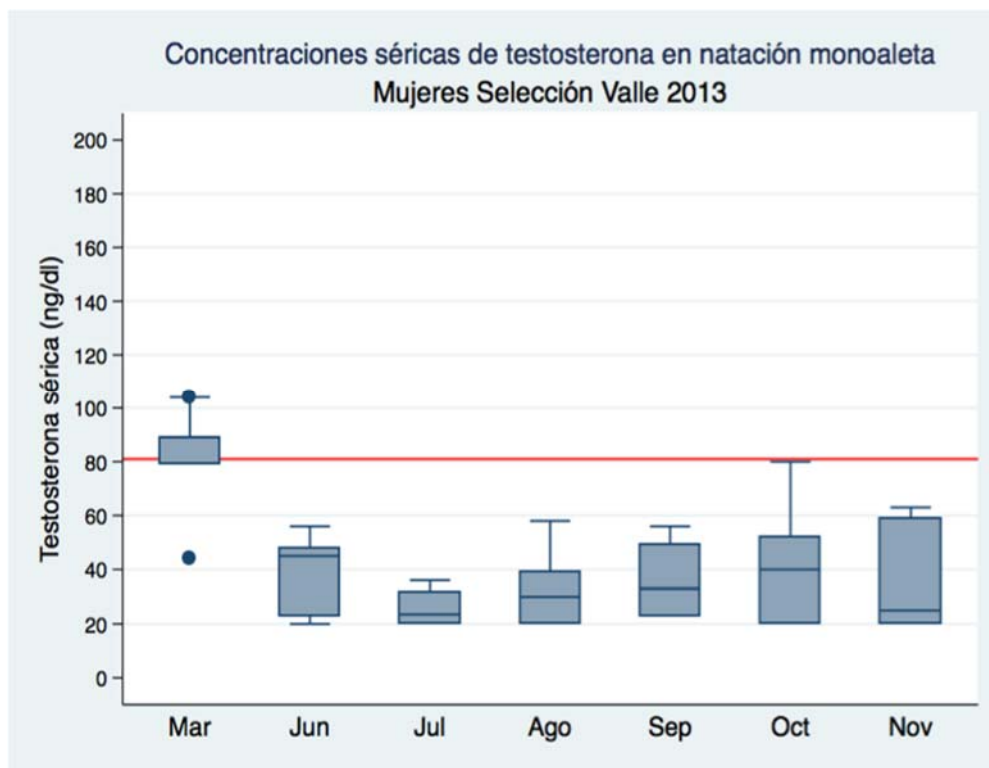
CONCENTRACIONES				% DE VARIACION		
	T(ng/dl)	C(µg/dl)	T/C Relación	(%)-Var-T	(%) Var-C	(%) Var T/C
Referencia mujeres	(0,0- 81)	(5-25)				
N	38	29			29	29
Mediana	37.5	17,7	2.03	-50.56	40.39	-66,6
Rango	[20-104]	[9.63-33.2]	[0.60]-7.66]	[(-74.68) -(-10.11)]	[(-23.7)-104.9]	[(-84.9) -17.86]
Promedio	41.5	18.59	2.49	-53.17	41.03	-65.03
SD	23.1	5,46	1.83	13.85	31.64	18.04
Referencia Hombres	(240- 1840)	(5-25)				
N	47	33			33	33
Mediana	491	15.9	33.08	-6.90	42.30	-37.68
Rango	[250-829]	[5,24-27,1]	[17.3-79.37]	[(-45.39) -30.90]	[(-51.8)-266.4]	[(-67.3) -107]
Promedio	524.36	15.65	37.11	-7.83	54.22	-25
SD	139.55	4,96	15.91	20.38	78.06	41.55

7.3.1 Concentración y Porcentajes de cambio de Testosterona, Cortisol y relación T/C de cada mes en el sexo femenino. Los resultados de la concentración de T estuvieron dentro del rango de referencia (0.0 – 81 ng/dl), sin embargo la disminución con respecto al valor basal de Marzo fue alrededor de un 50% de acuerdo a lo que se observa en los porcentajes de variación, esta caída se mantuvo aproximadamente igual a lo largo de los diferentes meses. Con respecto a la concentración de C observamos que también estuvieron dentro del rango de referencia, (5-25 mg/dl), pero hubo un incremento alrededor de un 30% entre agosto y octubre, el cual ascendió a un valor entre el 50-55% en Junio, Julio y Noviembre. Llama la atención la alta variabilidad sobre todo de los porcentajes de cambio del cortisol. Los cambios del C y T se reflejan en los valores del porcentaje de cambio de la relación T/C, la cual estuvo en la mayoría de los meses con descensos superiores al 67%. (Tabla 8, Grafica 13, 14, 15 y 16.)

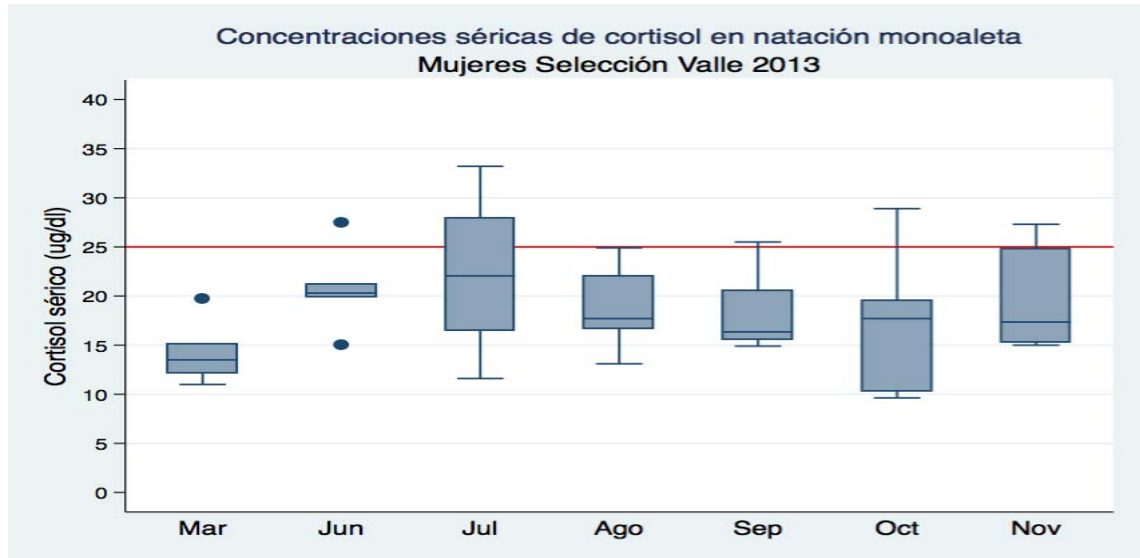
Tabla 8. Medidas de tendencia central de T, C, relación T/C, y porcentajes de variación respectivos % T, % C y % T/C en el sexo femenino entre Junio y Noviembre del 2013

	MARZO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
T (ng/dl) Promedio	81±22.52 n=5	38.4±15.98 n=5	25.75±7.58 n=4	33.4±15.86 n=5	36.16±14.74 n=6	40.14±21.54 n=7	35.33±20.29 n=6
T Mediana (ng/dl)	89	45	23.5	30	33	40	25
Var-T (%)Promedio		- 53,41±10,35	- 64.60±9.1 9	- 59.18±11. 67	-51,74±11,95	- 40.64±17.32	-51.74±14.71
Var-T (%)Mediana		-49,44 n=5	-64.60 n=4	-56.17 n=5	-46.84 n=5	-49.37 n=5	-54.54 n=5
C(µg/dl) Promedio	14.28±3.39	20.76±4.42	22.22±8.8 3	18,88±4.6 2	18.2±4.07	17.37±6.45	19.51±5.33
C Mediana (µg/dl)	13.5 n=5	20.3 n=5	22.05 n=4	17.7 n=5	16.35 n=6	17.7 n=6	17.35 n=7
Var-C (%) Promedio		46.20±12.72	56.77±42. 44	35.35±35. 26	34.24±24.80	30.23±31.40	46.58±45.70
Var-C (%) Mediana		40.30 n=5	68.34 n=4	26.39 n=5	29.44 n=5	46.28 n=5	39.09 n=5
Relación T/C Promedio	5.77±1.63	1.88±0.76	1.45±1.12	1.89±1.05	1.99±0.78	2.70±2.30	1.72±0.57
Relación T/C Mediana	6.59 n=5	2.26 n=5	1.06 n=4	1.77 n=5	1.59 n=6	2.07 n=7	1.65 n=6
Var T/C (%) Promedio		-68.1±6.51	-75.3±12.1	-68.4±11.8	-63.6±9.77	-47.5±36.6	-69±2.96
Var T/C (%) Mediana		-66.66 n=5	-79.29 n=4	-71.75 n=5	-64.72 n=5	-62.7 n=5	-67.65 n=5

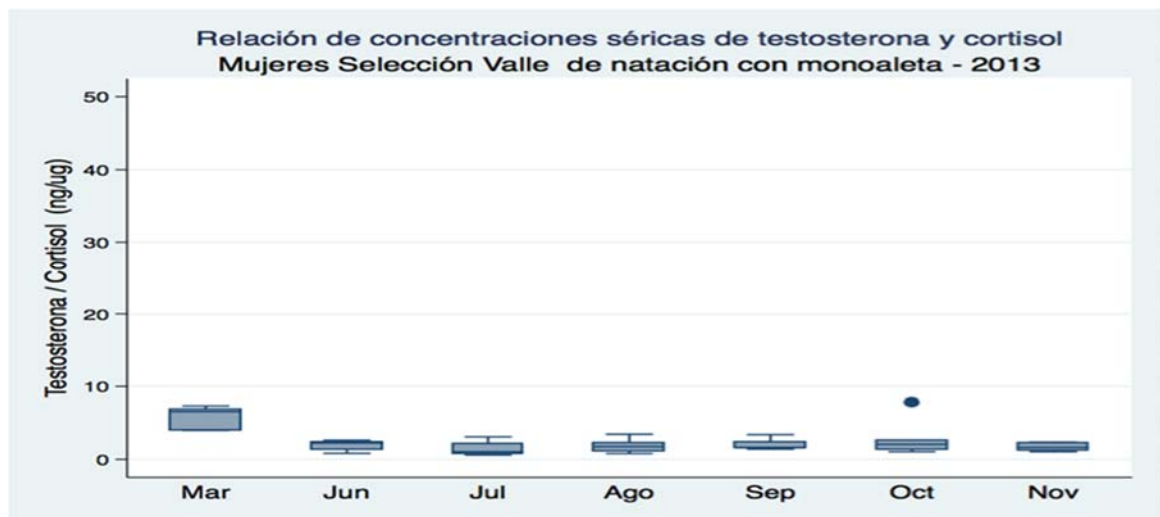
Gráfica 13. Mediana y rango intercuartilico de la T (ng/dl) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013



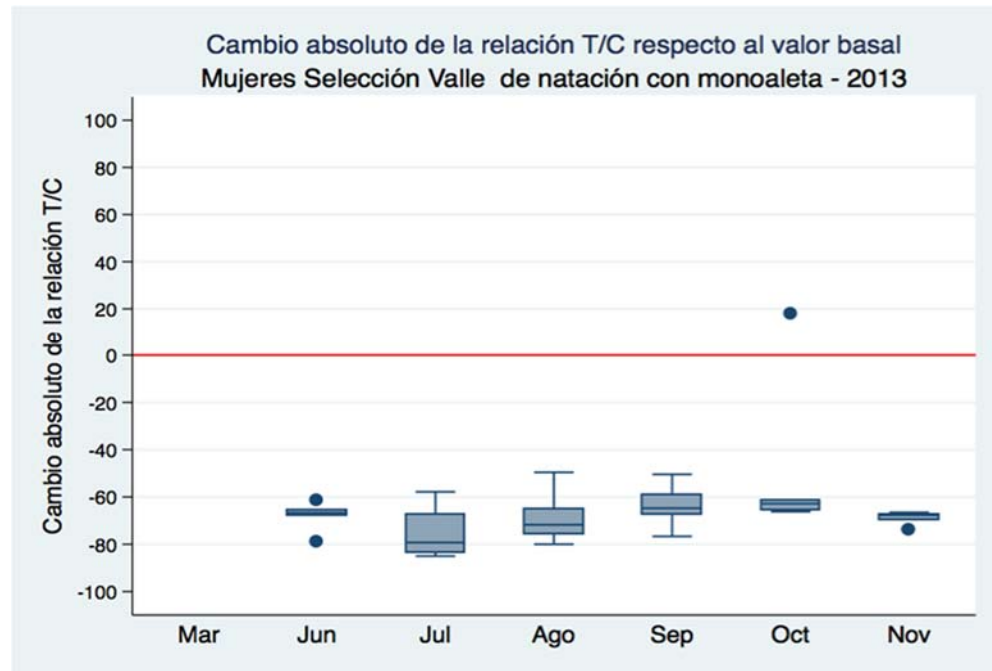
Gráfica 14. Mediana y rango intercuartilico del C ($\mu\text{g/dl}$) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013



Gráfica 15. Mediana y rango intercuartilico de la relación T/C del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013

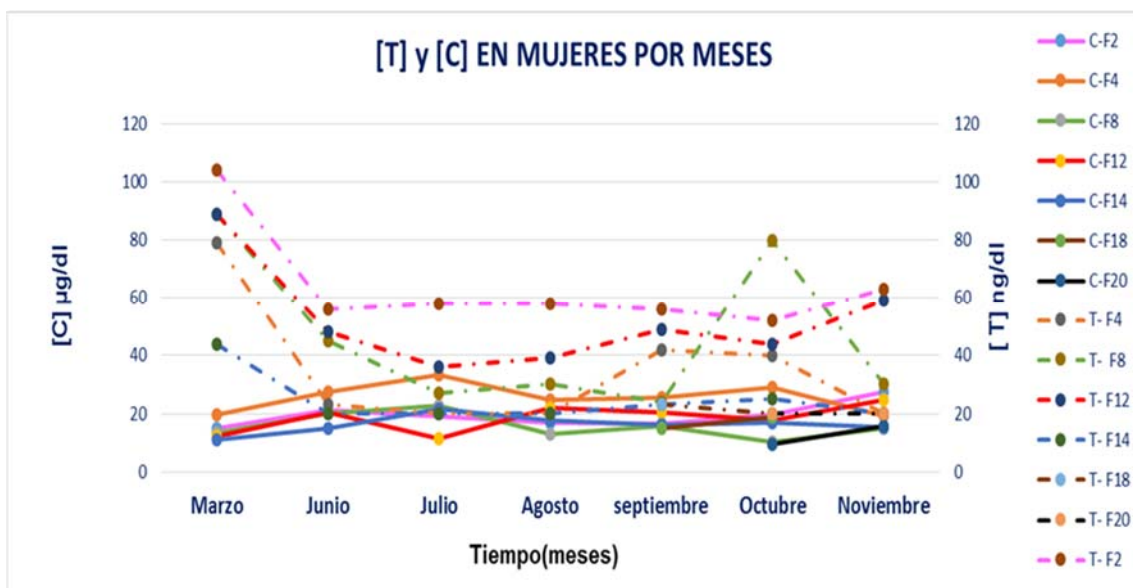


Gráfica 16. Mediana y rango intercuartilico del % T/C de variación del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013

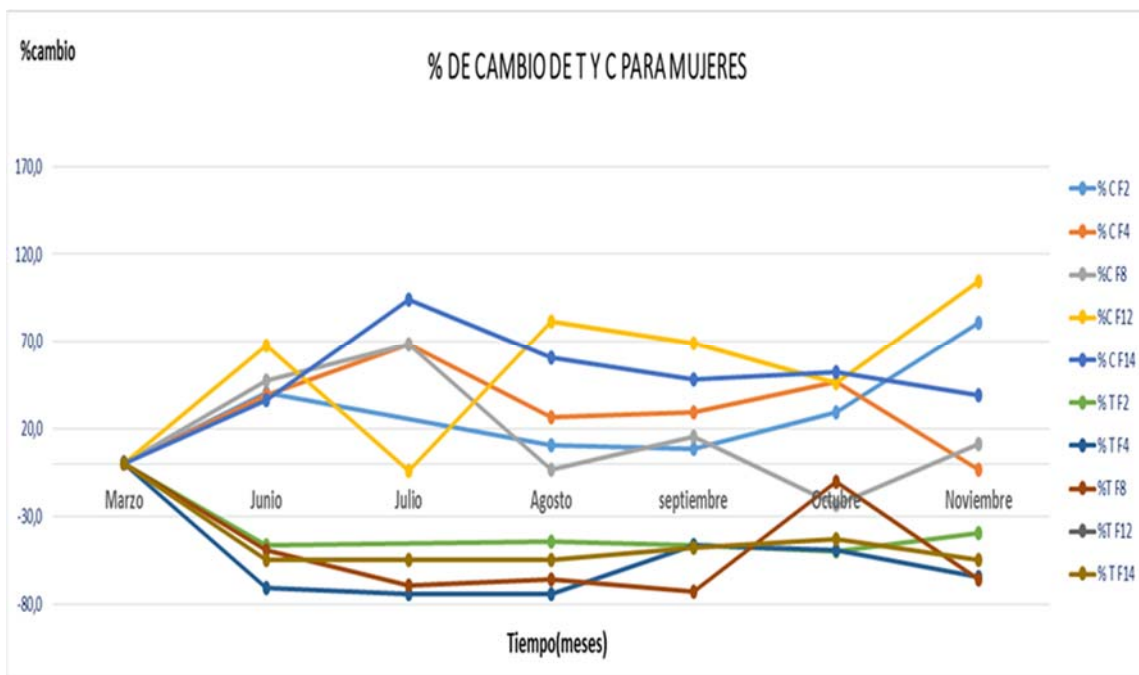


Al observar el comportamiento del C y la T por deportista durante los meses de estudio se encuentra que la deportista F8 presenta un pico de T en el mes de Octubre diferente al resto del grupo. También se ve claramente la caída de la T desde la línea basal en Marzo a Junio, mientras que de Junio a Noviembre los cambios son más homogéneos. (Gráfica 17 y 18)

Gráfica 17. Concentración de T (ng/dl) y C (µg/dl) en deportistas mujeres por meses



Gráfica 18. % de cambio para T y C en mujeres por meses

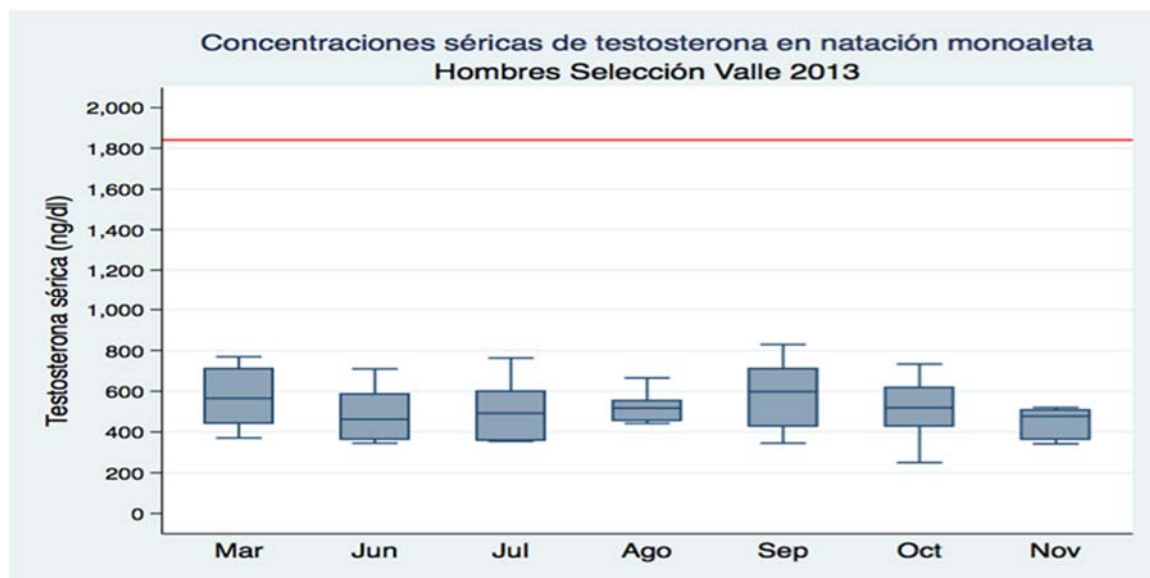


7.3.2 Concentración y Porcentajes de cambio de Testosterona, Cortisol y relación T/C de cada mes en el sexo masculino. Los resultados de la concentración de T estuvieron dentro del rango de referencia (240.1840 ng/dl), sin embargo la disminución con respecto al valor basal de Marzo fue alrededor de un 15-20% en los meses de Junio y Noviembre de acuerdo al que se observa en los porcentajes de variación. En los otros meses (Julio-Octubre) este cambio estuvo entre un 5 -10%. Con respecto a la concentración de C observamos que también estuvieron dentro del rango de referencia, (5-25 mg/dl), pero hubo un incremento alrededor de un 30-40% entre agosto y Noviembre, el cual ascendió a un valor entre el 50-60% en Junio y Julio. En estos resultados también se observa alta variabilidad tanto en los porcentajes de cambio de la testosterona como el cortisol. De los cambios de la relación T/C y el respectivo porcentaje de cambio, se observa que también los descensos fueron superiores al 37% en la mayoría de los deportistas a lo largo del periodo de entrenamiento (Tabla 9, grafica 19-20-21-22)

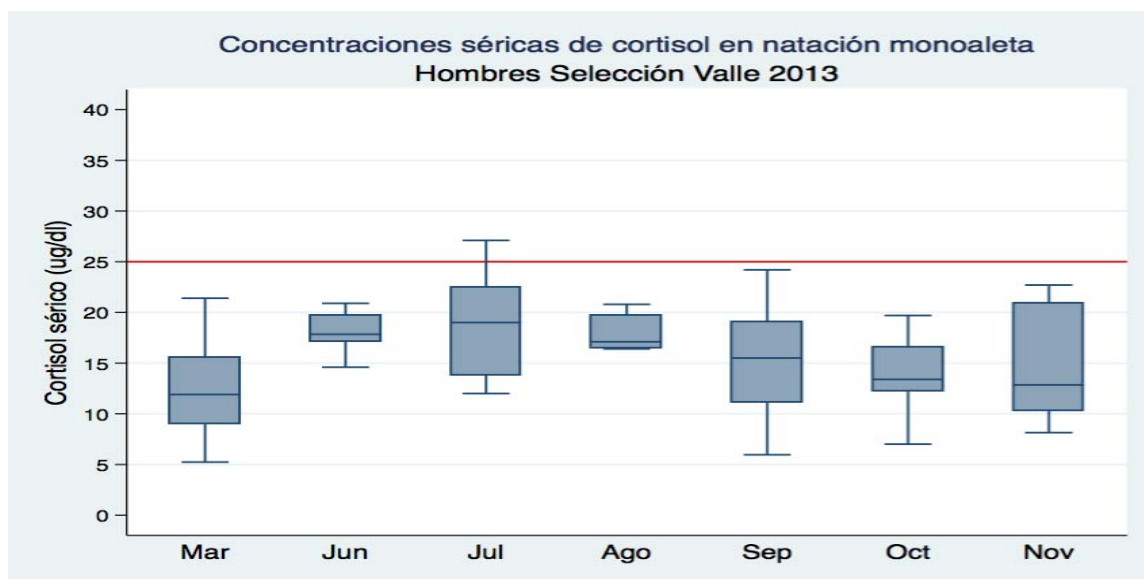
Tabla 9. Medidas de tendencia central de T, C, relación T/C, y porcentajes de variación respectivos % T, % C y % T/C en el sexo masculino entre Junio y Noviembre del 2013

	MARZO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
T (ng/dl)	569.6±161.45 n=6	487.83±139.37 n=6	508.83±157.13 n=6	526±89.61 n=5	582.5±160.36 n=10	513.4±151.1 n=8	447.5±76.91 n=6
T Mediana (ng/dl)	565	462	492	517	598	519	477.5
Var-T (%)		-13.03±16.37	-8.45±21.71	- 10.12±22.39	-5.13±25.12	6.10±21.78	-15.76±15.97
Var-T (%)Mediana		-19.41 n=6	-1.04 n=6	-6.07 n=5	-7.79 n=6	3.53 n=5	-24.69 n=5
C(µg/dl)	12.50±5.60 n=6	18±2.18 n=6	18.9±5.55 n=6	18.1±2.01 n=5	15.02±5.53 n=10	13.87±3.95 n=8	14.63±5.93 n=6
C Mediana (µg/dl)	11,9	17.85 n=6	19 n=6	17.1 n=5	15,5 n=10	13.4 n=8	12,85 n=6
Var-C (%)Promedio		74.82±93.49	74.48±80.46	38.90±36.10	54.54±111.91	41,85±78,58	32,5±65,30
Var-C (%)Mediana		40.41 n=6	61.43 n=6	33.33 n=5	41.44 n=10	42,31 n=6	45,51 n=5
Relación T/C Promedio	50,64±17,34	27.19±7.22	27.30±5.06	29.07±3.76	44.96±21.34	39,46±15,52	33.84±10.94
Relación T/Mediana	47,48 n=6	26.72 n=6	27.64 n=6	27.74 n=5	40.48 n=10	34.38 n=8	34,02 n=6
Var T/C (%)Promedio		-41.5±22 n=6	-40.3±24.9	-31.6±24.5	-12.6±64	-10.1±45.1	-15.4±45.1
Var T/C (%)Mediana		-38.5 n=6	-47.6 n=6	-39.39 n=5	-34.8 n=6	-28.12 n=5	-27.74 n=5

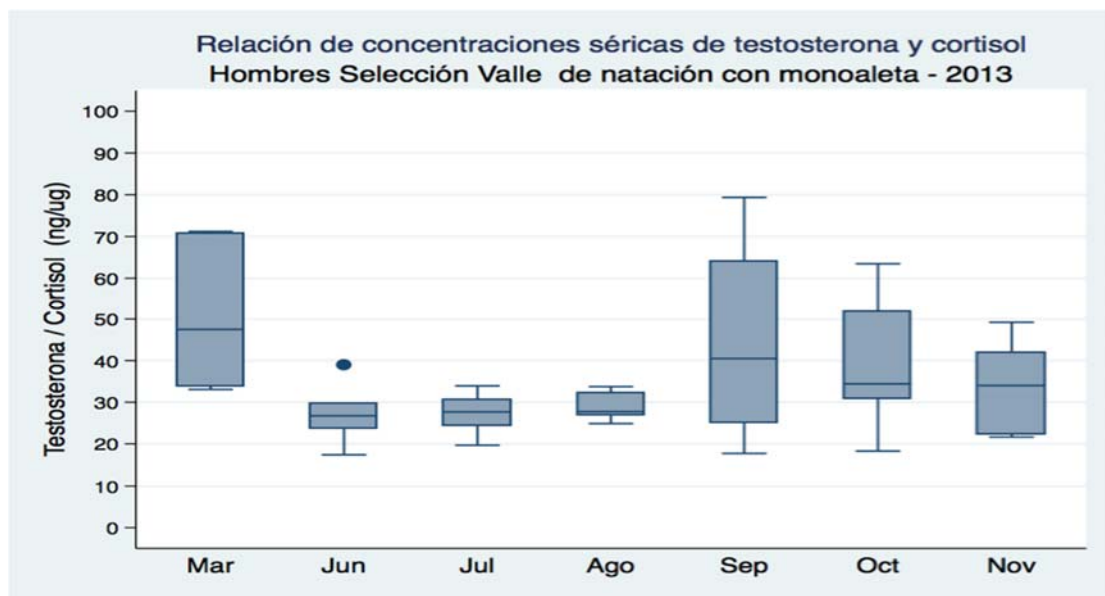
Gráfica 19. Mediana y rango intercuartilico de la T (ng/dl) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013.



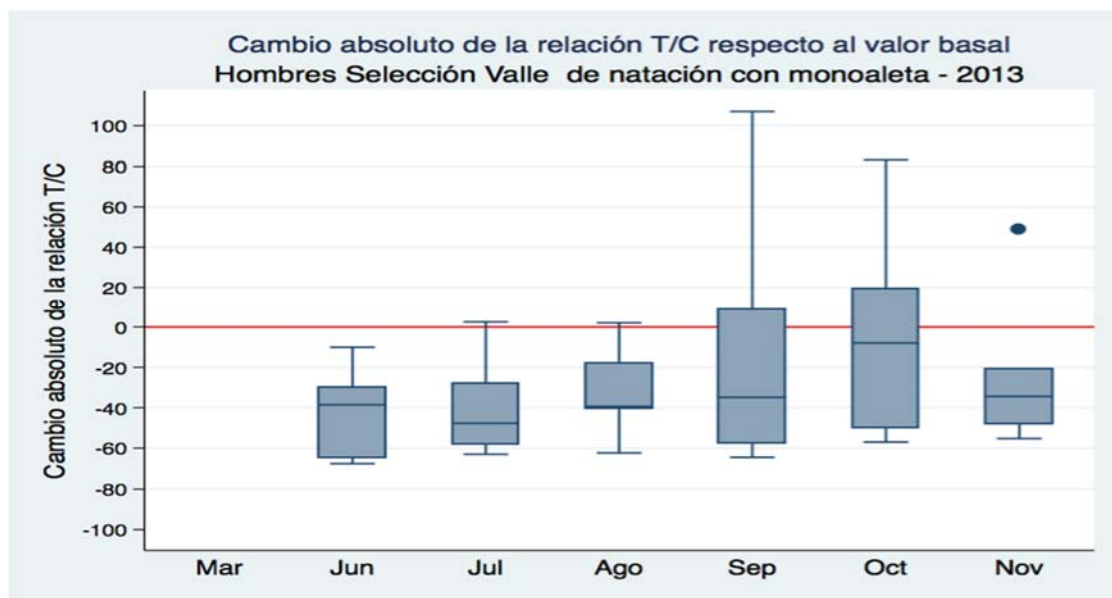
Gráfica 20. Mediana y rango intercuartilico de la C (µg/dl) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013



Gráfica 191. Mediana y rango intercuartilico de la relación T/C del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013

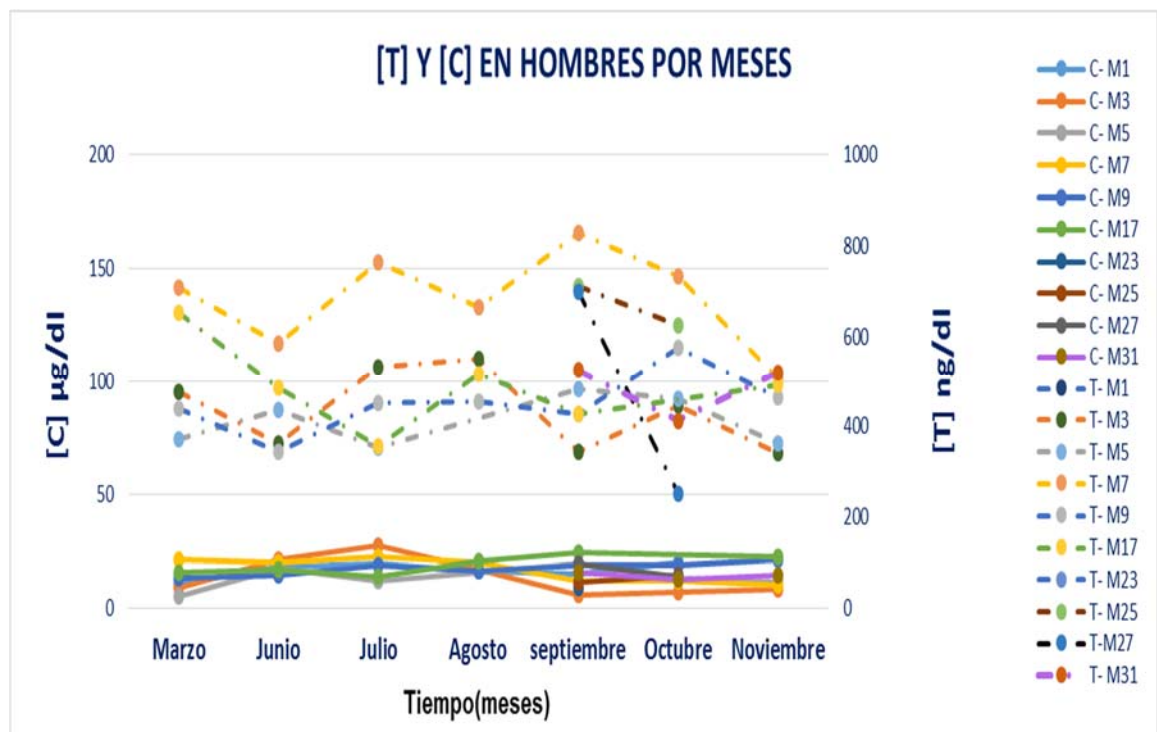


Gráfica 22. Mediana y rango intercuartilico del % T/C de variación del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013

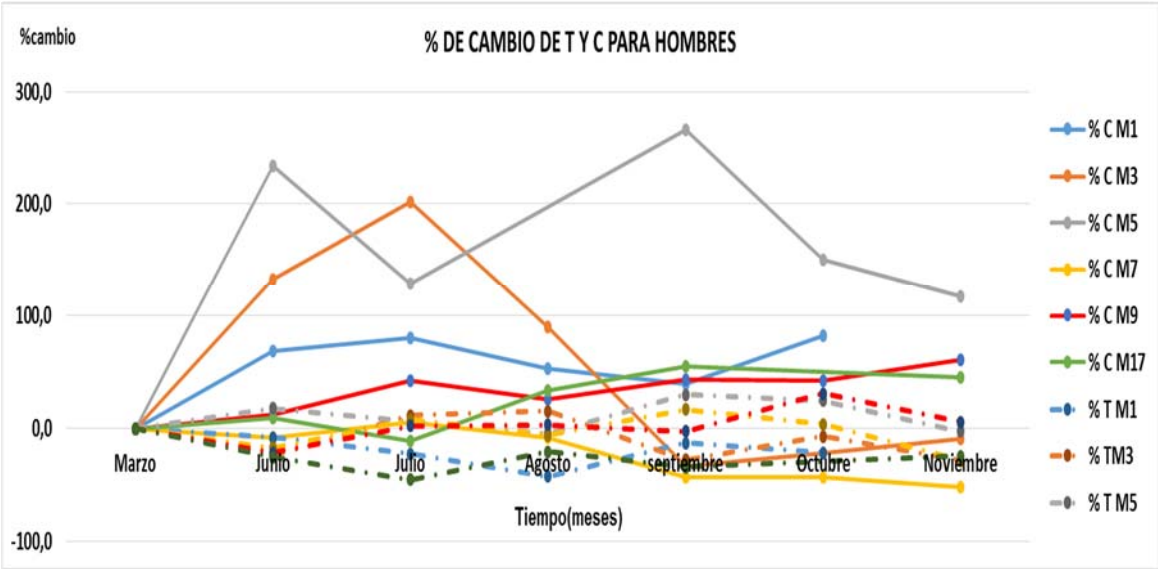


De los resultados por deportistas en sexo masculino vale la pena resaltar la gran variabilidad del porcentaje de cambio en el cortisol, mientras que el porcentaje de cambio en la testosterona tendió a ser muy homogéneo a lo largo de todos los meses

Gráfica 203. [T] en ng/dl y [C] en µg/dl en hombres por meses



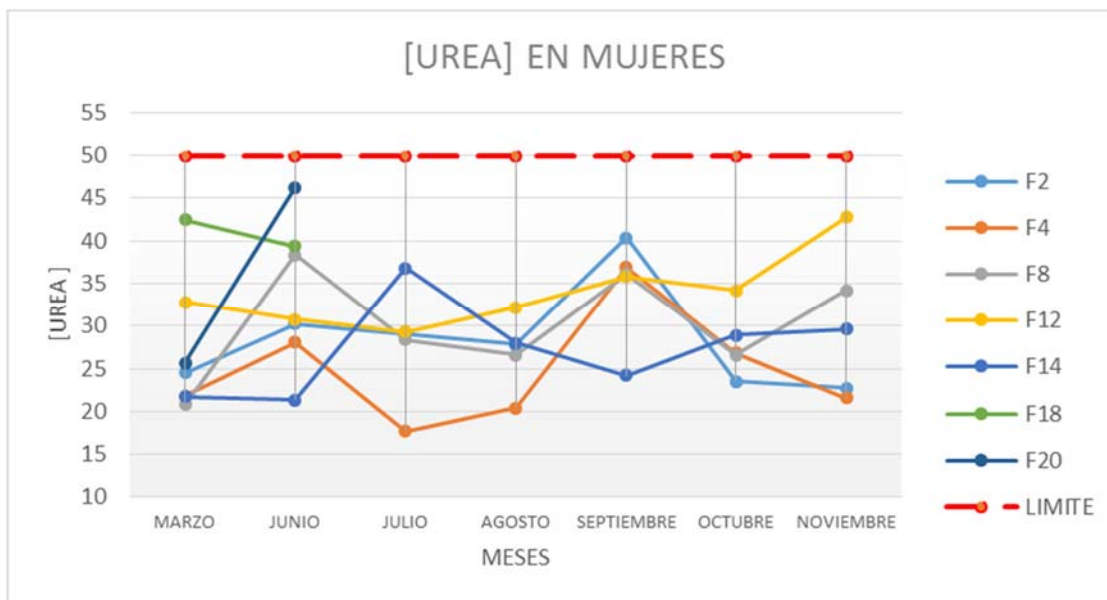
Gráfica 214. % de cambio para T y C en hombres por meses



7.4 [U] TOTAL EN EL SEXO FEMENINO

En la gráfica 25 se puede observar el comportamiento de los valores de Urea en el tiempo para cada deportista del sexo femenino, como se puede ver en los diferentes momentos evaluados del entrenamiento no se encontraron valores que sobrepasaran el valor de referencia (10-50mg/dl) de este marcador.

Gráfica 25. [UREA] mg/dL por deportista del sexo Femenino. Marzo y Junio- Noviembre del 2013

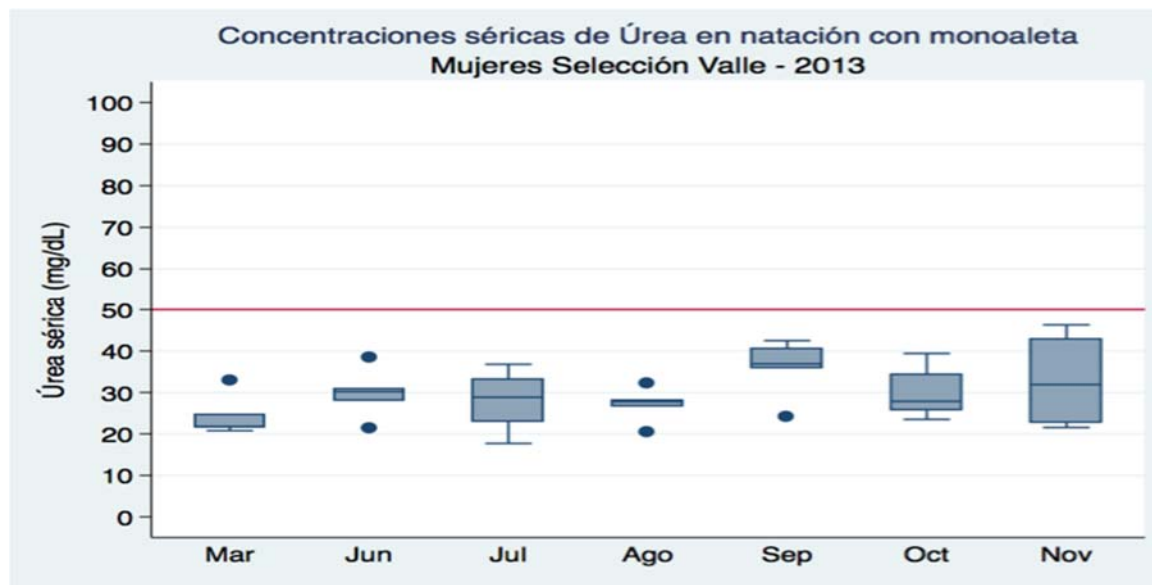


En la tabla 10 y la gráfica 26 se describe la estadística descriptiva de este comportamiento de la urea en los diferentes meses evaluados del año 2013

Tabla 10. Medidas de tendencia central de la [U] en deportistas Mujeres determinadas mensualmente

MES	n	MEDIANA	PROMEDIO	DESVIACION	RANGOS
MARZO	5	21,8	24,32	4,93	20,8-32,8
JUNIO	5	30,2	29,7	6,13	21,3- 38,4
JULIO	4	28,85	28,05	7,86	17,7- 36,8
AGOSTO	5	27,8	27,00	4,25	20,4-32,2
SEPTIEMBRE	7	36,9	36,45	5,93	24,2- 42,5
OCTUBRE	6	27,8	29,75	5,96	23,5- 39,4
NOVIEMBRE	6	31,9	32,86	10,2	21,5- 46,3

Gráfica 226. Mediana y rango intercuartilico de la Urea (mg/dL) del grupo del sexo femenino. Desde Marzo a Noviembre del 2013

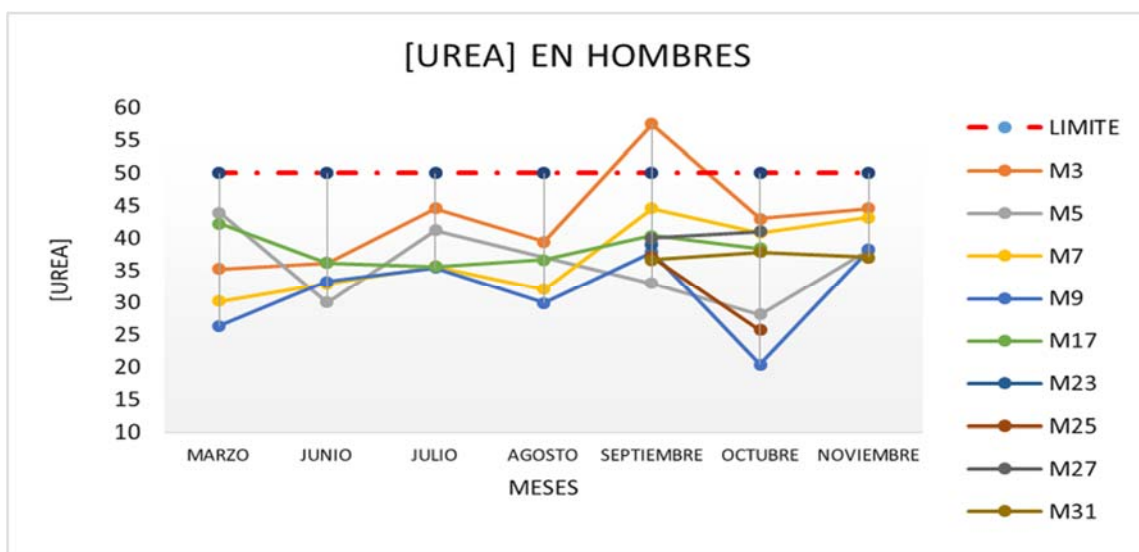


[U] total en el sexo Masculino:

En la gráfica 27 se observa el comportamiento de los valores de Urea en el tiempo para cada deportista del sexo masculino, como se puede ver en los diferentes

momentos evaluados del entrenamiento no se encontraron valores que sobrepasaran el valor de referencia, solo un deportista sobrepasó el valor máximo de referencia en el mes de septiembre. (10-50mg/dl)

**Gráfica 237. [UREA] mg/dL por deportista del sexo Masculino. Marzo y Junio-
Noviembre del 2013**

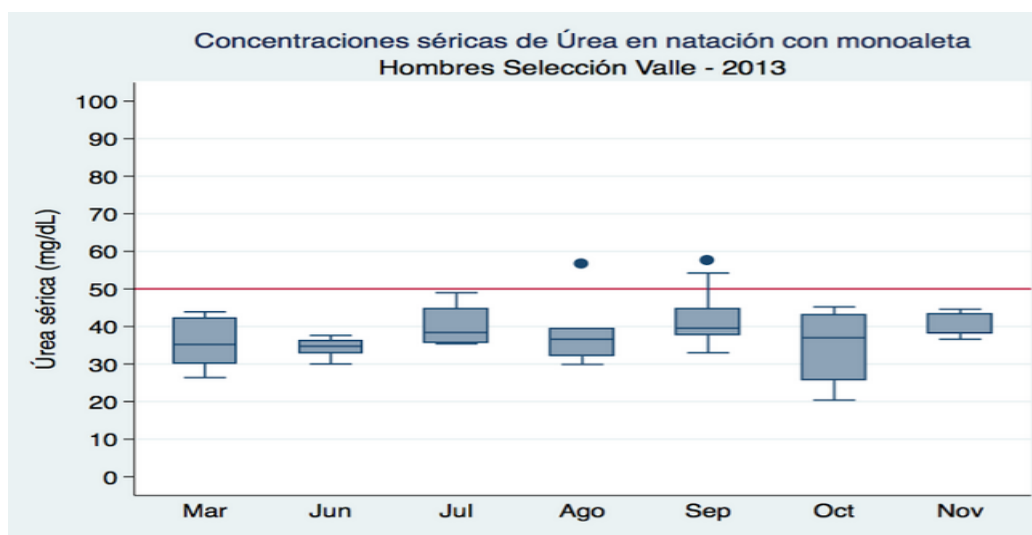


En la tabla 11 y en la gráfica 28 se describe la estadística descriptiva de este comportamiento de la urea en los diferentes meses evaluados del año 2013.

Tabla 11. Mediana de la Concentración de Urea en el sexo masculino

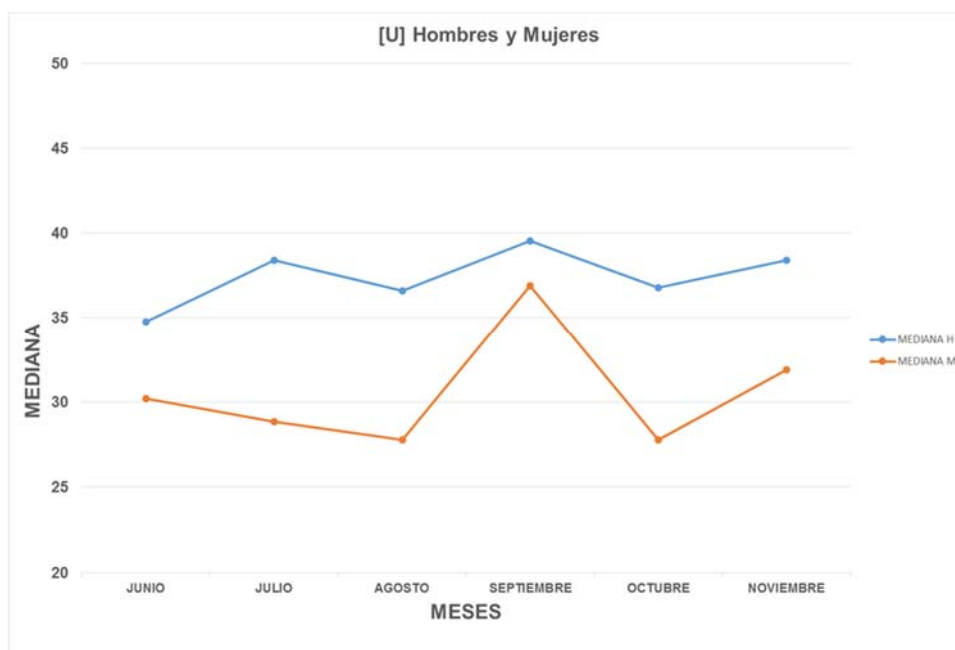
MES	n	MEDIANA	PROMEDIO	DESVIACION	RANGOS
MARZO	5	35,2	35,58	7,52	26,4-42,2
JUNIO	6	34,7	34,3	2,81	30,0-37,6
JULIO	6	38,4	40,2	5,71	35,0-44,9
AGOSTO	5	36,6	38,9	10,6	29,9-56,7
SEPTIEMBRE	10	39,5	42,1	7,82	33,0- 57,5
OCTUBRE	8	36,8	34,6	8,89	20,4- 45,2
NOVIEMBRE	5	38,4	40,5	3,14	38,1-44,6

Gráfica 248. Mediana y rango intercuartilico de la Urea (mg/dL) del grupo del sexo masculino. Desde Marzo a Noviembre del 2013



En la siguiente grafica se puede observar el comportamiento de las medidas de tendencia central para los dos sexos. La mediana de los hombres estuvo por encima de la mediana de las mujeres

Gráfica 29. Medianas de la Urea entre hombres y mujeres de junio a noviembre



7.5 MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS POR SEXO

7.5.1 Mediciones Antropométricas del sexo femenino. En la tabla 12 se presentan los resultados del antes y el después de cada uno de los siguientes periodos: Febrero a Julio y julio a Noviembre, los cuales luego del análisis comparativo no presentaron diferencias significativas.

Tabla 12. Antropometría se compararon Febrero con Julio, Julio con Noviembre, y Febrero con Noviembre para el sexo femenino, ($p < 0,05$)

Variable	Periodos	n	Antes		Después		Valor-p
			Mediana	RIQ	Mediana	RIQ	
Peso	febrero-julio	4	59,5	55,5-62,75	58	53,33-61,75	0,066
	julio-noviembre	4	58	53,33-61,75	60,2	53,5-65,65	0,144
	febrero-noviembre	5	60	58-61	58,7	55,8-64,6	0,686
Talla	febrero-julio	4	1,62	1,56-1,69	1,63	1,56-1,69	0,102
	julio-noviembre	4	1,63	1,56-1,69	1,63	1,56-1,69	0,180
	febrero-noviembre	5	1,69	1,56-1,69	1,69	1,56-1,69	0,063
IMC	febrero-julio	4	22,19	20,32-24,23	21,4	19,33-23,55	0,068
	julio-noviembre	4	21,4	19,33-23,55	21,81	19,43-24,70	0,144
	febrero-noviembre	5	20,52	20,43-23,95	19,84	19,5324,08	0,686
% grasa	febrero-julio	4	27,89	27,74-28,96	28,13	25,48-30,68	0,715
	julio-noviembre	4	28,13	25,48-30,68	29	28,31-29,95	0,273
	febrero-noviembre	5	28,03	27,75-31,75	29,66	28,33-30,8	0,345
% Muscular	febrero-julio	4	44,805	44,11-45,97	46,71	44,73-48,87	0,273
	julio-noviembre	4	46,71	44,73-48,87	45,57	43,95-46,61	0,273
	febrero-noviembre	5	44,19	43,87-45,42	44,68	41,74-46,46	0,500

Mediciones Antropométricas del sexo masculino

En la tabla 13 podemos observar que no se presentaron cambios significativos en talla, peso, IMC y porcentaje de Grasa. En cuanto a la masa muscular hubo un incremento significativo en el periodo de febrero-julio.

Tabla 13. Antropometría se compararon Febrero con Julio, Julio con Noviembre, y Febrero con Noviembre para el sexo masculino ($p < 0,05$)

Variable	Periodos	n	Antes		Después		Valor-p
			Mediana	RIQ	Mediana	RIQ	
Peso	febrero-julio	6	76	76-80,58	80	75,75-85	0,916
	julio-noviembre	4	78,5	75-83	79,35	77,7-83,3	0,285
	febrero-noviembre	4	79,05	76-84,08	79,35	77,7-83,3	1,000
Talla	febrero-julio	6	1,77	1,76-1,81	1,77	1,76-1,81	0,317
	julio-noviembre	4	1,76	1,75-1,79	1,76	1,76-1,79	1,000
	febrero-noviembre	4	1,77	1,76-1,79	1,76	1,76-1,79	0,564
IMC	febrero-julio	6	24,46	24,19-25,03	24,35	23,91-27,06	0,917
	julio-noviembre	4	24,35	24,11-25,34	24,52	24,20-25,92	0,285
	febrero-noviembre	4	24,46	24,33-25,69	24,52	24,20-25,92	0,715
% grasa	febrero-julio	6	23,12	25,25-23,74	22,42	21,27-24,20	0,074
	julio-noviembre	4	21,67	20,28-23,03	20,71	20,19-22,21	0,715
	febrero-noviembre	4	22,92	21,96-23,51	20,71	20,19-22,21	0,465
% Muscular	febrero-julio	6	48,67	47,66-49,68	48,98	48,34-51,35	0,028 *
	julio-noviembre	4	50,14	48,17-52,21	50,61	48,26-52,35	1,000
	febrero-noviembre	4	48,67	47,48-50,24	50,61	48,26-52,35	0,273

8. DISCUSIÓN

En el presente estudio se pudieron cuantificar y analizar las concentraciones y actividad de algunos marcadores bioquímicos en deportistas de Natación con monoaleta durante el año 2013. Los marcadores evaluados se utilizaron como indicadores de daño muscular, carga e intensidad del entrenamiento y gasto proteico.

Uno de los marcadores utilizados fueron los niveles séricos de CK total en los deportistas. Como ha sido descrito, la CK sirve como marcador de la intensidad del ejercicio y del tiempo de recuperación del sistema muscular post entrenamiento. Ha sido muy controversial la determinación de los rangos de referencia de las concentraciones séricas de CK total en los diferentes deportes debido a las diferencias de fuerza, velocidad, resistencia, flexibilidad y técnica utilizados.

Mougeos y col. llevaron a cabo estudios en atletas y no atletas con el objetivo de determinar intervalos de referencia de dicho marcador en diferentes deportes (118). En relación con la edad, ellos encontraron que no hubo diferencias en los niveles séricos de CK total en el rango de edad entre los 7 a 44 años en atletas (119), así como se ha demostrado en la población general.

Los valores de referencia de la CK fueron tomados a partir de estudios hechos en deportes cíclicos (102), debido a que no se encuentran aún reportes en la literatura sobre los niveles de CK en deportistas de natación con monoaletas. Mougeos y col. Analizaron concentraciones séricas de CK en 182 sujetos futbolistas y en 93 nadadores. El rango para los futbolistas estuvo entre 83 a 1492 U/L y el de los nadadores entre 70 y 523 U/L. Estas diferencias se pueden explicar teniendo en cuenta que en el futbol hay mayor actividad excéntrica, mayor tiempo de juego, gran contractilidad de los músculos de miembros inferiores, saltos y mayor impacto mecánico entre jugadores etc., todo esto puede inducir a un mayor daño muscular.

En la natación clásica el entrenamiento y la competición implican actividades que no requieren soporte de peso, las contracciones son concéntricas en los músculos de las extremidades superiores e inferiores y el tiempo de duración es menor, causando menor daño muscular y menor aumento de la CK en suero (121-122). En la natación con monoaletas se desarrolla la fatiga más en miembros inferiores que en la natación clásica. Los datos de la mayoría de los deportistas de nuestro estudio estuvieron en un rango similar al encontrado por ellos en los nadadores pero el límite superior no fue tan alto.

En el presente estudio se encontraron diferencias en los resultados obtenidos para los dos sexos. En el grupo de mujeres se encontró que la mediana estuvo en el rango de 100 a 150 U/L en la mayoría de los meses. Sin embargo, 2 deportistas de este grupo tuvieron valores 4 a 5 veces mayores al máximo valor de referencia. En estas deportistas se pudo evidenciar que hacían ejercicio adicional al entrenamiento habitual.

En el grupo de los 10 hombres se encontró que la mediana en los diferentes meses estuvo por debajo de 250 U/L, sin embargo hubo 4 deportistas que sobrepasaron en una sola vez el valor de referencia en una sola valoración. Uno de los deportistas tuvo un entrenamiento de mayor intensidad debido a que fue seleccionado para participar en el mundial en el mes de Julio, otro de ellos hizo ejercicio adicional al entrenamiento habitual y el otro deportista no asistía de manera regular a los entrenamientos. Estas condiciones pueden explicar los valores elevados encontrados en ellos. Llama la atención que las altas concentraciones de CK observadas en las dos deportistas mujeres y los tres deportistas hombres se presentan en diferentes mesociclos del entrenamiento por lo que los factores de asociación fueron más de carácter individual. La falta de horas de descanso podría explicar los niveles elevados de CK, al mismo tiempo que reflejan las cargas de entrenamiento acumulado.

En cuanto al género, sí se ha encontrado (119-120) que hay diferencias en los intervalos de referencia para la CK en los atletas; el límite de referencia para hombres es dos veces más alto que para mujeres, esto también se presenta en la población general pero con concentraciones de CK más bajas. En los hombres este aumento es atribuido al mayor porcentaje de músculo al comparar con las mujeres. Otros factores como la permeabilidad de la membrana muscular, la velocidad de eliminación de la CK y la actividad linfática se deben tener en cuenta. Después del ejercicio muscular, diferencias ligadas al sexo continúan presentes, y el estrógeno puede ser un factor importante en el mantenimiento post-ejercicio de la estabilidad de la membrana, lo que limitaría las fugas de la CK después de la ruptura muscular (122).

Cuando se obtuvieron valores de CK significativamente altos a las 24 horas post entrenamiento, se realizaron adicionalmente medidas de la CK a las 48, 72 y 96 horas, hasta que la concentración estuviera en los valores de referencia para el deportista, paralelamente se informó el resultado al entrenador para que hiciera las recomendaciones y ajustes respectivos con estos deportistas. Se encontraron 6 deportistas del sexo femenino que durante diferentes meses presentaron estos valores elevados y dos de ellas, con respecto al tiempo de recuperación, requirieron un periodo mayor a 48 horas para regresar a los valores encontrados antes del entrenamiento. Esto podría atribuirse a la asimilación de las cargas usadas y a la intensidad del entrenamiento (105). Para los deportistas del sexo masculino también se hizo el seguimiento y se encontraron 8 deportistas con valores elevados por encima del valor de referencia a las 24 horas post entrenamiento, 2 de ellos tardaron en recuperarse 73 horas y dos más 96 horas.

En la literatura encontramos gran variabilidad con respecto a los tiempos de recuperación muscular sobre todo cuando intervienen contracciones excéntricas o hay daño por intensidad y volumen del ejercicio (106-107). Como observamos en la mayoría de deportistas tanto masculinos como femeninos el proceso de

recuperación se completó dentro de las 48 horas. Se puede evidenciar gran variabilidad individual con respecto a las concentraciones de la CK en deportistas con valores elevados como se reporta en algunas investigaciones (116-117). Los tiempos de recuperación dependen de varios factores como edad, sexo, dieta, cantidad de sueño, experiencia de entrenamiento y tipo de ejercicio (108).

La valoración de los niveles séricos de la CK sérica es potencialmente útil, no sólo como uno de los hallazgos del síndrome de sobre-entrenamiento de características sistémicas, sino como una señal que permite identificar precozmente un estado de daño muscular local y agudo por exceso de entrenamiento que se puede resolver en corto plazo con manejo adecuado (functional Overreaching) (114).

En la mayoría de investigaciones la CK ha sido utilizada como marcador de cargas de entrenamiento y periodos de recuperación, (27) y se ha propuesto que ha sido uno de los mejores indicadores indirectos de daño muscular (31).

Al hacer el seguimiento de la CK por semanas se encontró, tanto en hombres como en mujeres, valores altos en la tercera semana de Septiembre y la tercera semana de Octubre, y los hombres otro pico en la tercera semana de Octubre. Con la medición semanal no hubo diferencias en el sexo femenino pero en el sexo masculino se observaron 3 deportistas con niveles de CK entre 7 a 10 veces el valor de referencia

Durante el mes de Septiembre ocurrieron dos hechos que pueden explicar en parte los valores altos observados. En este mes los deportistas quedaron a cargo de otro entrenador y además hubo una competencia. El hecho de cambiar de entrenador cambió la rutina de trabajo y adicionalmente la competencia genera mayor exigencia en los deportistas y mayor esfuerzo físico.

En relación a los valores de la isoforma de la CK en músculo esquelético o CK-MM, como marcador bioquímico de lesión muscular, en los deportistas no se encontraron aumentos por encima o por debajo de los valores de referencia. Solamente una deportista del sexo femenino tuvo un aumento por encima del valor de referencia en el mes de septiembre. La mayoría de los resultados obtenidos de la CK-MM para los dos sexos estuvieron por debajo de 200U/L, los resultados obtenidos no correspondieron al 98% de la CK total medida previamente, probablemente porque la muestra se tomó a las 24 H. Los niveles de la CK-MM y su relación con la CK total nos pueden ayudar a identificar entre variaciones de origen cardíaco o del músculo esquelético (108). La actividad de la CK-MM es un marcador más específico de lesión muscular. El aumento significativo de la CK total y la CK-MM se produce a las 24 horas causadas por daño o aumento de la permeabilidad de la membrana celular debido a que en el músculo esquelético se encuentra que el 92% de la CK total es CK-MM (123). Diferentes investigaciones reportan que el ejercicio físico induce modificaciones metabólicas y morfológicas de los músculos, estos cambios morfológicos pueden ser pequeños como lo son cambios en la permeabilidad de la membrana celular, y más severos como macro rupturas del sarcolema (135). Estas alteraciones morfológicas pueden reducir el rendimiento del deportista, predisponer a las lesiones musculares más importantes y, en casos extremos, provocar miopatías severas (136). Es importante utilizar un marcador específico para detectar la lesión muscular.

En relación con los niveles de Urea, realizados mensualmente, se pudo evidenciar, para el sexo femenino, que los valores estuvieron dentro de los valores de referencia (10-50mg/dl). La urea sérica ha sido utilizada como marcador del catabolismo proteico y como un indicador de la adaptación, asimilación y recuperación del deportista a las cargas de entrenamiento impuestas (50). En los hombres los valores de urea, realizados mensualmente, estuvieron bajo los valores de referencia a excepción de un deportista que sobrepasó este valor en el mes de septiembre. Esto podría indicar un aumento en la actividad física y la poca disponibilidad de hidratos

de carbono debido a que el índice de catabolismo proteico durante el ejercicio depende del nivel inicial de glucógeno en el músculo (110). Los valores altos de Urea se asocian más al volumen de la carga que a la intensidad y su acumulación se asocia más a estados metabólicos en los cuales se activa la gluconeogénesis (111). En este caso específico, el deportista pudo presentar niveles bajos de glucógeno ya que adicionalmente a su entrenamiento en natación con monoaletas, el deportista hacía otro entrenamiento en la escuela de aviación, lugar donde estudiaba. Esto le generaba entonces un mayor volumen de carga.

Como la natación con monoaletas es un deporte principalmente de intensidad y de poco volumen, los valores de urea encontrados por debajo de los niveles de referencia están acordes con este tipo de deporte. Sin embargo, su uso rutinario es de utilidad para controlar las cargas de entrenamiento. A mayor carga de entrenamiento mayor producción de urea. Se debe tener en cuenta que la acumulación de urea y su excreción dependen, en gran parte, de la disponibilidad de glúcidos, del nivel inicial de glucógeno muscular y de la duración e intensidad del esfuerzo físico al que se vea sometido el deportista (Viru & Viru, 2003). La Urea como marcador en el control del entrenamiento, se utiliza para medir el catabolismo proteico y como un indicador de la adaptación, asimilación y recuperación del deportista a las cargas de entrenamiento impuestas (Orrego & Monsalve, 2006), especialmente en aquellos esfuerzos de larga duración, como por ejemplo esfuerzos de más de 60 minutos (Urhausen & Kindermann).

En esta investigación se realizaron además 7 mediciones de las hormonas T y C en los deportistas de natación con monoaleta en el año 2013, con el fin de evaluar los efectos acumulativos de las cargas y los procesos de adaptación del entrenamiento, dado que los niveles de (T), (C) e índice (T/C) se relacionan directamente con el desarrollo de la fuerza muscular y su metabolismo (137-139-140). En este estudio encontramos que estos deportistas entrenados a altas intensidades (80%) gran parte del tiempo, y evaluados en forma prolongada por varios mesociclos, sus

niveles de concentración de testosterona oscilaron alrededor del rango normal de referencia pero su valor cayó apreciablemente sobre todo en las mujeres, a lo largo de los diferentes meses evaluados con respecto al valor basal registrado en el mes de Marzo y de acuerdo a lo que obtuvimos con los correspondientes porcentajes de cambio de T (-50,56) para mujeres, (-6,9) para hombres. La progresiva disminución de la testosterona en sangre durante los periodos de entrenamiento es indicativo de la magnitud del estrés fisiológico, que se manifiesta con esta disminución de la testosterona en el plasma (145). Se ha descrito la relación de la respuesta de la T y la intensidad del ejercicio (137-138-139), en la cual la T aumenta con el entrenamiento intenso y agudo pero en la medida que el entreno de alta intensidad se prolonga los niveles de T disminuyen (146-147), o lo que es lo mismo, la respuesta inicial de aumento de la testosterona se continúa con un marcado descenso (148-149). Respecto a esta disminución de la T se reporta que en parte se debe a descensos del flujo sanguíneo testicular, pero también por inhibición de la liberación de las gonadotropinas por parte de la ACTH y el cortisol que están incrementados en estas condiciones de alto estrés de entrenamiento (155).

El C mostró una respuesta muy variable al estrés como resultado del entrenamiento, lo cual permite hacer ajustes adaptativos para lograr de nuevo estabilidad del sistema biológico (142 -143 -144). El incremento del C en reposo como respuesta al ejercicio cambia de acuerdo a la intensidad, volumen y modalidad del ejercicio (157). Se ha encontrado que sus valores más elevados se presentan entre las 18 y 20 horas después del entrenamiento (152). Un aspecto muy importante es el ciclo circadiano del cortisol, según el cual los mayores niveles se presentan en la mañana y disminuyen al anochecer. En nuestro caso las muestras para la determinación de los marcadores bioquímicos a nivel basal como para los otros mesociclos, se tomaron en reposo siempre a la misma hora en la mañana, 24 horas después del entrenamiento. Obtuvimos un incremento del cortisol con respecto al valor basal en los dos (17,7 µg/dl C) para las mujeres, (15,9 µg/dl C) en hombres, pero al igual que la testosterona la concentración de cortisol se mantuvo dentro del rango de

referencia (5 a 25µg/dl). Se ha reportado que en ejercicio de resistencia o en natación libre, hombres con edades entre 13 y 17 años tienen un nivel más alto de Cortisol (144), pero también se ha descrito incremento en los dos sexos sobre todo en mujeres con ejercicio intenso (150). Otros factores importantes para tener en cuenta son la dieta y moduladores psicológicos como el estrés mental antes de someterse a un esfuerzo, estos factores no se evaluaron en el estudio, aunque si se realizó control de dieta.

Es conocido que estas hormonas tienen propiedades fisiológicas diferentes (151): la T como indicador anabólico y el C como indicador catabólico de las proteínas del músculo esquelético, cuyos aminoácidos son utilizados para la gluconeogénesis hepática (51). La relación T/C como marcador en el deporte, representa el balance entre los procesos anabólicos y catabólicos (68 -141). Se ha propuesto que una disminución mayor del 30% de la relación T/C podría estar representando una recuperación incompleta pero no un sobre-entrenamiento, pues este estado es un síndrome o conjunto de síntomas y signos del cual los valores de los marcadores bioquímicos hacen parte del diagnóstico pero no lo representan (153). De los resultados obtenidos de la relación T/ C a lo largo del año 2013 encontramos tanto en deportistas mujeres como hombres, descensos superiores al 30% sobre todo en el sexo femenino y más a expensas de la caída de la testosterona que del incremento del cortisol, que aunque también se presentó no tuvo un porcentaje de cambio como el de la testosterona. Es importante saber que este índice no se comporta de la misma manera en todos los deportes y por ello los investigadores han propuesto más un rango de disminución posible de la relación T/C, entre 0.30 y 0,80 (15)]. Por otro lado también es importante tener en cuenta que las medidas de tendencia central de los porcentajes de cambio de cada hormona y de la relación T/C tuvo una gran variabilidad en las mujeres (2,03) y en los hombres (33,08), por lo tanto los cambios hormonales entre los deportistas no fue tan homogéneo sobre todo cuando asistían a competencias.

En relación con los resultados de antropometría no se encontraron cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal ni en el porcentaje de músculo a excepción del periodo Febrero-Junio que hubo un aumento significativo del porcentaje de músculo en los hombres. Al respecto la literatura dice que el incremento del cortisol favorece la lipólisis (155), sin embargo esto no se ve reflejado en la caída del porcentaje de grasa corporal. Respecto a la disminución de la testosterona y su relación con el anabolismo muscular, no se vio tampoco reflejado en la disminución del porcentaje muscular; al contrario se encontró un aumento significativo de esta variable en los hombres en el primer periodo de entrenamiento.

Vale la pena resaltar que este estudio realizado en la población de deportistas de natación con monoaletas (algunos de ellos muy destacados mundialmente), es de los primeros en presentar evaluaciones de parámetros bioquímicos en este deporte y que puedan ser tenidos en cuenta para posteriores estudios, dada la característica más importante de la natación con monoaletas, que es lograr un record de velocidad más alto que en la natación de modalidad libre.

9. CONCLUSIONES

- En este estudio con los deportistas de Natación con Monoaleta Selección Valle durante el año 2013, (algunos de los cuales con participación destacada en competencias mundiales y nacionales durante ese año), se pudieron encontrar tendencias en el comportamiento de los marcadores bioquímicos, luego del seguimiento de las mediciones realizadas por cohortes dinámicas en las condiciones reales del plan de entrenamiento y competencias desarrolladas durante ese año.
- La mayoría de los deportistas de los dos sexos tuvieron valores de CK y CK-MM por debajo del valor de referencia y por debajo del valor límite de la CK-MM.
- La carga empleada en el plan de entrenamiento no parece producir una magnitud significativa de estrés fisiológico en la mayoría de los deportistas de natación con monoaletas de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Aunque los valores de CK en el sexo masculino fueron mayores que en el femenino no presentaron mayor variabilidad a diferencia de lo reportado en la literatura
- A pesar de la gran variabilidad del porcentaje de cambio de las hormonas estudiadas, se pudo observar una mayor tendencia a la disminución de la T en el sexo femenino que en el masculino, lo cual además se reflejó en el % de cambio de la relación T/C.
- En el sexo femenino fueron más acentuados los cambios de los diferentes marcadores bioquímicos tanto de la CK como los hormonales (testosterona y

cortisol), en algunos casos se presentaron además otros signos y síntomas que reflejaban una cercanía al margen del sobre-entrenamiento.

- A pesar que se obtuvieron valores altos de CK, CK-MM y los porcentajes de cambio de la relación T/C estuvieron por encima del 30% en algunos deportistas, sobre todo del sexo femenino, en ningún caso se presentaron valores de concentración de estos marcadores compatibles con condiciones patológicas.
- El mayor descenso del %T/C en las mujeres fue a expensas de la testosterona
- Se encontraron tendencias en el comportamiento de los marcadores bioquímicos bajo condiciones reales de entrenamiento.
- Los cambios antropométricos tienen una sensibilidad diferente a la de los marcadores bioquímicos.
- La experiencia que tienen los deportistas de más de 4 años de entrenamiento hace que en ellos ya presenten adaptaciones muy definidas haciendo que no se produzcan cambios significativos en los diferentes periodos
- Este estudio permitió conocer el fenómeno de interés en condiciones reales

10. RECOMENDACIONES

- Los parámetros bioquímicos obtenidos en el presente estudio, en deportistas de natación con monoaletas, pueden ser tenidos en cuenta en futuras investigaciones.
- Futuros estudios podrán tomar como referencia estos parámetros de este estudio para encontrar más respuestas individuales
- Aunque el propósito del estudio era tener una mirada inicialmente panorámica del comportamiento de los marcadores bioquímicos y parámetros antropométricos, se presentó alta variabilidad en los porcentajes de cambio. Probablemente sea necesario seleccionar más en subgrupos la población en estudio e ir haciendo observaciones por periodos más cortos.

BIBLIOGRAFIA

1. Pacheco, S. (s.f.). Natación con monoaletas. from http://members.tripod.com/sebastian_pacheco_7b/
2. Carta Olímpica. Comité Olímpico Internacional. Lausana, Suiza, vigente desde el año 2007.
3. Maglischo, E. W. (1990). Nadar más rápido (Vol. 2). España Hispano Europea.
4. Alicia Megias y Ana Saborido. Adaptación muscular al ejercicio. Universidad Complutense. APUNTS-1989-Vol. XXVI pp185
5. Nortey-Cruz, C. A., & Díaz-Bacallao, N. (2011). Comportamiento de Marcadores Bioquímicos del Ejercicio en el voleibol femenino Durante la un macrociclo de Entrenamiento Rev. Cub. Med. Dep. y Cul. Fís., 5 (3).
6. José V. Subiela D. Síndrome de sobreentrenamiento. Academia Biomédica digital.VITAE. Octubre-Diciembre 2011 N°48 ISSN 1317-987X.
7. Atko Viru. Mehis Viru. Análisis y Control del Rendimiento Deportivo. Universidad de Tartu, Estonia. 2003. Comportamiento de marcadores bioquímicos del ejercicio en el voleibol femenino durante un macro ciclo de entrenamiento.
8. Paola Brancaccio, Nicola Maffulli, and Francesco Mario Limongelli Creatine kinase monitoring in sport medicine. Sport Medicine April 18, 2007 Published by Oxford University Press, pp 219

9. Xavi Schelling, Julio Calleja & Nicolás Terrados. Hormonal analysis in elite basketball during a season. *Revista de Psicología del Deporte* 2009. Vol. 18 - suppl., pp. 363-367.
10. Carmen A. Nortey-Cruz, Niurka Díaz- Bacallao. Biochemical markers behaviour of exercise in feminine volleyball during a macrocycle of training. *Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís.* 2011; Vol 5, Num 3.
11. Fernando Yañez. Síndrome del corazón de atleta: Historia, manifestaciones morfológicas e implicaciones clínicas. *Rev Chil Cardiol*, 2012. 31:(3),p.215-225.
12. Duarte Mote J, Díaz Meza S. Rabdomiolisis e insuficiencia renal aguda. *Med Int Mex* 2007;23:47-58.
13. Mc Murray R.G, and et al Exercise intensity-related responses of betaendorphin and catecholamines. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1987;19:570-574.
14. Efectos del ejercicio físico Agudo sobre la respuesta Psicofisiológica al estrés: Papel modulador de la Condición física. *Revista de Psicología del Deporte* 2001. Vol. 10, núm. 1, pp. 35-48.
15. Larson DC, Fischer R: Management of exercise-induced gastrointestinal problems *Phys. Sports Med.* 1987;15(9): 112-126.
16. Williams PT, Wood, PD, Haskell WL, et. Al: The effects of running mileage and duration on plasma lipoprotein levels. *JAMA* 1982;247:2674-2679.

17. Shangold MM: How I manage exercise related menstrual disturbances. *PhysSportsmed*.1986. 14(3):113-120.
18. Hough, T. "Ergographic studies in muscular soreness". *American Journal of Physiology*, 1902, 76-92.
19. Warren, g.I., D.A. Hayes, D.A. Lowe, B.M. Prior, and R.B. Armstrong. "Materials fatigue initiates eccentric contractioninduced injury in rat soleus muscle", *J. Physiol*. 464:477–489. 1993.
20. Gleeson, M., J. Almey, S. Brooks, R. Cave, A. Lewis, and H. Griffiths "Haematological and acute-phase responses associated with delayed-onset muscle soreness in humans";. *Eur. J. Appl. Physiol*. 71:137–142. 1995.
21. Kazunori Nosaka."Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage"; *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Volume 12 Issue 6 Page 337-346, December 2002.
22. Richard L. Lieber, PhD and Jan Fridén, MD, PhD; "Morphologic and Mechanical Basis of Delayed-Onset Muscle Soreness", *J Am Acad Orthop Surg*, Vol 10, No 1, January/February 2002, 67-73.
23. Lieber, R.L., and J. Fride´N, J. "Muscle damage induced by eccentric contractions of 25% strain", *Appl. Physiol*. 70:2498–2507. 1991.
- 24..Declan A.J."Treatment and Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness",.; *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2003, 17(1), 197–208.

25. A Grassino^a, G Czaika^a, M Hayota. Biología del daño y reparación muscular. Arch Bronconeumol. 2000;36:344-50. - Vol. 36 Núm.6.

- 26.Marianne F. Baird, ScottM. Graham, Julien S. Baker, and Gordon F. Bickerstaff. Creatine-Kinase- and Exercise-Related Muscle Damage Implications forMuscle Performance and Recovery. Hindawi Publishing Corporation Journal of Nutrition and Metabolism Volume 2012, Article ID 960363, 13 pages doi:10.1155/2012/960363.

- 27.Calderón Montero, Francisco Javier Benito Peinado, Pedro José Melendez Ortega, Agustín González Gross, Marcela. Biological control of endurance training. International Journal of Sport Science. Volumen II. Año II Páginas:65-87 ISSN:1885-3137 N° 2 - enero – 2006.

- 28.URHAUSEN, A., and W. KINDERMANN.1992^a. Biochemical monitoring of training.

29. Calderón, J. F, Benito, P.J, Meléndez, A, González, M, Control biológico del entrenamiento de resistencia(2006);2(2). Clinical Journal of Sports Medicine 2:52-61.

30. Houmard JA, Costill, DL, Mitchell JB, Park SH, Fink WJ, Burns JM. Testosterone, cortisol and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. Int J Sports Med 1990; 11:41-45.

- 31.A.J. Koch¹, R. Pereira⁴, M. Machado^{2,3}. The creatine kinase response to resistance exercise. J Musculoskelet Neuronal Interact 2014; 14(1):68-77.

- 32.Ana Maria Teixeira¹; Grasiely F. Borges. Creatine kinase: structure and function. Teixeira & Borges. Brazilian Journal of Biomotricity. v. 6, n. 2, p. 53-65, 2012.

33. MARCO MACHADO. Effect of varyingrest intervals between sets of assistance exercises on creatine kinase and lactate dehydrogenase responses. Journal of

Strength and Conditioning Research 2011 National Strength and Conditioning Association Volumen 25 | Number 5.

34. Hartmann, U., & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 209-215.
35. Kim R. Loa, Suzanne M. Hurst a, Kelly R. Atkinson a, Tom Vandenbogaerde b, C. Martyn Beaven a, John R. Ingram. Development and validation of a sensitive immunoassay for the skeletal muscle isoform of creatine kinase *Journal of Science and Medicine in Sport* 13 (2010) 117–119.
36. Harris, P. A., Marlin, D. J., & Gray, J. (1998). Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *Vet J*, 155(3), 295-304.
37. Córdova A., Álvarez-Mon M. *Inmunidad y deporte*. Ed. Gymnos. Madrid, 2001.
38. Lázaro Alessandro Soares Nunes, Fernanda Lorenzi Lazarim, René Brenzikofer and Denise Vaz Macedo. *Applicability of the Reference Interval and Reference Change Value of Hematological and Biochemical Biomarkers to Sport Science*. University of Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil. Libro editado por Kenneth R. Zaslav, ISBN 978-953-51-0005-8, Publicado: 17 Febrero 2012 bajo CC POR licencia 3.0 . © El Autor (s)..
39. Kahanov L*, Eberman LE, Townsend CM, Gurovich AN. Creatine Kinase and Myoglobin as Biochemical Markers of Muscle Damage in Division-1 Collegiate Football Players. ISSN 2277-0879; Volume 1, Issue 5, pp. 96-103; September 2012. *Online Journal of Medicine and Medical Science Research*.

40. Maria Gisel Dos Santos. Estudio del metabolismo energético muscular. y de la composición corporal de atletas. por métodos no destructivos. Universidad autonoma de Barcelona. Tesis. año 2001.
41. Karla Carvajal. problema bioquímico. participacion de la creatina cinasa. mitocondrial en el control de la fosforilación. Revista de educacion Bioquimica. ISSN(1665-1995) México.
42. T. Andrienko, A. V. Kuznetsov, T. Kaambre, Y. Usson⁵, A. Orosco, F. Appaix, T. Tiivel, P. Sikk, M. Vendelin, R. Margreiter and V. A. Saks, *Metabolic consequences of functional complexes of mitochondria, myofibrils and sarcoplasmic reticulum in muscle cells. The Journal of Experimental Biology 206, 2059-2072 2059 © 2003 The Company of Biologists Ltd doi:10.1242/jeb.00242
43. Guillermo E. D'Ottavio; Roberto Parodi; Joaquín E. Montero; Natalia Egri; Damián Carlson; Alcides Greca. Creatinfosfoquinasa y su aplicación clínica Cátedra de Clínica Médica y Terapéutica, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional del 2008 | N° XVI.
44. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. Am J Phys Med Rehabil 2002;81(11 Suppl):S52-69.
45. Albert L. Lehninger". Michael Matthew Cox. Principios de Bioquímica. Omega, 2006 - 1232 páginas
46. Mora M, Orrego M, Nicot G. Variación de la urea con el ritmo circadiano y la actividad física. Rev. Ant Med Dep. 2000; 3 (1):16-19

47. Orrego ML & Monsalve DC. (2006). Laboratorio clínico y ejercicio. En F. Marino, O. Cardona, & L. E. Contreras, Medicina del deporte (págs. 93-94). Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas.
48. Murray RK & Mayes PA. (2005). Bioquímica de Harper. 16ª Edición. México: Manual Moderno.
49. Viru A & Viru M. (2003). Análisis y control del Rendimiento Deportivo. Editorial Paidotribo. Barcelona.
50. Omar Milton Rivas Borbon. La creatin quinasa y la urea seria pre y pos competicion, como indicadores de daño muscular y el gasto proteico. Universidad Nacional. Tesis 2007.
51. Urhausen A & Kindermann W (2002). Diagnosis of Overtraining: What Tools Do We Have?. Sports Med. 32(2):95-102.
52. Banfi G, Colombini A, Lombardi G & Lubkowska A. (2012). Metabolic markers in sports medicine. Adv Clin Chem;56:1-54.
53. Désir, D., et al.: Effects of "jet lag" on hormonal patterns: Clin. Endocrinal Metab., 52, P: 628-641, 1981.
54. Elliot, A.L. et al: Effects of simulated time zone shifts upon plasma corticosteroid rhytms. J. Physiol. (Lond), 217: 50, 1971.
55. Karpman, U. L.: Sobreentrenamiento y sobretensión. En: Medicina Deportiva. Ed. Pueblo y Educación. C. Habana. P: 241-249, 1989.

56. Calderón, J., Benito, P., Meléndez, A., González, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 2 (2), 65-87. Härkönen, N., Kuoppasalmi, K., Naveri, H., Tikkanen, H., Icen, A., Adlercreutz, H.
57. *Endocrinología Básica y Clínica*. México. El Manual Moderno, S.A. de C. V. 1988; 452-470.
58. Viru, A. 1992. Mechanisms of general adaptation. *Medical Hypothesis* 38:296-300
59. Hackney AC. Endurance training and testosterone levels. *Sports med* 8:118-27, 1989.
60. Urhausen A., Gabriel H., Kindermann W. Blood Hormones as Markers of Training Stress and Overtraining. *Sports. Sports Med.* 20: 266-287, 1995.
61. Xavi Schelling i del Alcázar, Julio Calleja-González, Nicolás Terrados Cepeda. Variation of the Testosterone-Cortisol ratio in elite basketball players. Volumen XXVII Número 135 2010; Págs. 8-18.
62. García- Manzo JM Alto rendimiento. Ed. Gymos. Madrid, 1999.
63. Dra. Patricia Susana Minuchin. *Fisiología Del Ejercicio/ Physiology of the Exercise: Metabolismo Intermedio y regulación hormonal*. 2da parte Glandulas endocrinas y sus mensajeros, las hormonas. 1ra edición. Buenos aires. Nobuko, 2005
64. Galbo H. *Hormonal and Metabolic Adaptations to exercise*. ED. Thieme Stratton. New York, 1993.

65. Karvonen, J. (1984) Biochemical indicators in diagnosis of overstrain condition in athletes. Sports Med Exerc Sci Proceedings of Olympic Scientific Congress. Oregon, USA.
66. Adlercreutz, Härkönen, M., Kuoppasalmi, K., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A. y Kervonen, J. (1986) Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. International Journal of Sports Medicine, 7, 27-28.
67. Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados, J. E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D., Fleck, S. J. (1990) Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise. protocols. Journal of Applied Physiology, 69, 1442-1450.
68. Häkkinen, K., Pakarinen, A. (1993) Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. Journal of Applied Physiology, 74, 2, 882-887.
69. Banfi, G., Marinelli, M., Roi, G. S. y Agape, V. (1993) Usefulness of free Testosterone/Cortisol ratio during a session of elite speed skating athletes International Journal of Sports Medicine, 14, 7, 373-379. Barron, J. L., Noakes, T. D., Levy, W., Smith, C. y Millar, R. P.
70. Pedersen Bv., Bruunsgaard H., Kilokkes M., Kappel M., Macheans DA., Nielsen HB., Rohde T., Ullum H., Zachp M. Exercise induced Immunomodulation. Possible Roles of neuroendocrine and Metabolic Factors. Int J Sports Med 18:123-132, 1997.

71. Calderon, F., Benito, P., Meléndes, A. y González, M., (2006); Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Internacional Journal of Sport Science*, 2 (2), 65-87
72. Jorge ortega Díez, Blood test as a tool assessment of training triathletes. Buenos Aires - Año 12 - N° 117 - Febrero de 2008.
73. Banfi G, Marinelli M, Roi GS, Agape V. Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *Int J Sports Med* 1993;14:373-79.
74. Hackney AC., Sinning WE., Bruot BC. Hypothalamic-pituitary-testicular axis function of Endurance-trained and untrained males. *Int J Sports Med*. 34: 949-954, 1990.
75. Hutchinson KA. Androgens and sexuality. *Am J Med* 98: 111S-115S, 1995.
76. Bunt J., Bahr JM., Bembien DA. Comparison of estradiol and testosterone levels during and immediately following prolonged exercise in moderately active and trained males and females. *Endocrinol Res*. 13: 157-172, 1987.
77. Córdova A., Álvarez-Mon M. Inmunidad y deporte. Ed. Gymnos. Madrid, 2001.
78. Córdova A., Ferrer R., Muñoz ME., Villaverde C. Compendio de fisiología para ciencias de la salud. Ed. McGraw-Hill- Interamericana. Madrid, 1994.
79. Mark S. Tremblay, Jennifer L. Copeland, and Walter Van Helder Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *J Appl Physiol* 96: 531–539, 2004. First published September 26, 2003; 10.1152/jappphysiol.00656.2003.

80. Calleja J, Lekue J, Leibar X, et al. Mineral status during basketball matches in top level junior players. en IV International scientific conference on kinesiology. 2005. Opatija, Croatia.
81. Myhal M and Lamb DR. Hormones as performance enhancing drugs. In: Sport Endocrinology, edited by Warren MP and Constantini NW. Totowa NJ: Humana, 2000, p. 433–476.
82. Kreider RB, Fry AC, O'Toole ML. Overtraining in sport. Champaign (IL): Human Kinetics; 1998.
83. Sharp NC, Koutedakis Y. Sport and the overtraining syndrome: immunological aspects. Br Med Bull 1992;48(3):518-33.
84. Banfi G, Dolci A. Free testosterone/ cortisol relación in soccer: usefulness of a categorization of values. Epidemiology and clinical medicine. 2006;46(4):611-7.
85. Kraemer WJ, Hakkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, Gotshalk LA, Gordon SE, Fleck SJ, Campbell WW, Putukian M, and Evans WJ. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. J Appl Physiol 87: 982–992, 1999.
86. Budgett R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining síndrome. Brit J Sport Med 1998;32:107-110.
87. Elloumi M, Maso F, Michaux O, Robert A, Lac G. Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. Eur J Appl Physiol 2003;90(1-2):23-8.

88. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med* 2005; 35(4):339-61.
89. Harris, P. A., Marlin, D. J., & Gray, J. (1998). Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *Vet J*, 155(3), 295-304.
90. Keizer H, Janssen GM, Menheere P, Kranenburg G. Changes in basal plasma testosterone, cortisol, and dehydroepiandrosterone sulfate in previously untrained males and females preparing for a marathon. *Int J Sports Med*. 1989; 10(Suppl 3):S139-45.
91. Bosco C. Influencia de la testosterona en la fuerza. Cuadernos de Atletismo. R.F.E.A. Ed. Gymnos. Madrid, 1998.
92. Brownlee K, Viru M, Viru A, Behr M, Hackney A. Exercise and the relationship between circulating cortisol and testosterone concentrations in men. *Physical Education and Sport* 2006; 50:30-33.
93. Roberts AC, McClure. RD, Weiner RI, Brooks GA. Overtraining affects male reproductive status. *Fertil Steril* 1993;60:686-92.
94. Crowley M, Matt K. Hormonal regulation of skeletal muscle hypertrophy in rats: the testosterone to cortisol ratio. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:66-72.
95. Hackney AC. Endurance training and testosterone levels. *Sports Med* 8: 117-27, 1989.

96. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editor. Physiological testing of elite athlete. London: Human Kinetics; 1991. p. 223-308.
97. Cabañas MD, Esparza F. Compendio de Cineantropometría. Madrid: CTO; 2009.
98. Norton, K; Olds, T. Antropometria. University of New South Wales Press, Sydney, Australia. 1996.
99. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. Physiological testing of elite athlete. London: Human Kinetics; 1991. p. 223-308.
100. García Manso JM, Granell JC, Giron PL, Abella CP. El talento deportivo. Madrid: Gymnos, 2003.
101. Martínez-Sanz JM y Urdampilleta A. Antropometría y control de peso. Sport Training Magazine. 2012; 41:54-7.
102. Verkhoshansky, Y. Un nuevo sistema de entrenamiento en los deportes cíclicos. Revista di Cultura Sportiva; 2000.Vol 11.
103. Tiidus, P.M. (2000). Estrogen and gender effects on muscle damage, inflammation and oxidative stress. Can J Appl Physiol, Vol.25, No.4 (Aug), pp274–287, ISSN 1066-7814.
104. Mayhew DL, Thyfault JP, Koch AJ (2005). Rest-interval length affects leukocyte levels during heavy resistance exercise. J Strength Cond Res; 19:16-22.
105. Chen TC, Nosaka K (2006). Responses of elbow flexors to two strenuous exercise bouts separated by three days. J Strength Cond Res; 20:108-116.

106. Brancaccio P, Limongelli FM, Maffulli N (2006) Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sports Med*; 40:96-107.
107. Alfredo Crdova. Los inmunomoduladores frente a la inflamacion y daño muscular originados por el ejercicio. *Med Sport* 2010; 45 (168): 265-270.
108. Ordoñez Llanos I Castany, R. Roig I Martinez, R. Serra I Grima. Utilidad de la concentración másica de creatina cinasa 2 (CK-MB) y de la actividad de los isoformas de creatina cinasa 3 (CK-MM) como marcadores Bioquímicos de la lesión muscular. (1997). *Ciencias Aplicadas al Deporte*. Vol 33. 5-11
109. Lemon, P:W:R, and J:P: Mullin 1980. The effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology* 48:624-9.
110. Banfi G, Colombini A, Lombardi G & Lubkowska A. (2012). Metabolic markers in sports medicine. *Adv Clin Chem*;56:1-54.
111. National Committee for Clinical Laboratory Standards. Procedures for the handling and processing of blood specimens; second edition; approved guideline. NCCLS Document H18-A2; Wayne (PA): NCCLS; 1999 Oct. 40p). Ross W.D., Wilson N.C.: A Stratagem for Proportional Growth Assessment in J. Borms, M. Hebbelinck (Eds.). *Children and Exercise Acta Paediat. Belg. Suppl. 28*, p.p.169-182, 1974.
112. Ross W.D., Ward R.: Sexual Dimorphism and Human Proportionality; in Hall (Ed.), *Human Dimorphism in Homo Sapiens*, Chapter 7 - Praeger, N.Y., 1982.
113. Gleeson M (2002). Biochemical and immunological markers of overtraining. *J Sports Sci Med*; 1:31-41

114. T. Kyriakides, C. Angelini, J. Schaefer et al., "EFNS guidelines on the diagnostic approach to pauci- or asymptomatic hyper-CKemia," *European Journal of Neurology*, vol. 17, no. 6, pp. 767–773, 2010.
115. STOCK, W., H. J. BOHR, W. ISSELHARD. The restitution of energy metabolism in rat skeletal muscle after lengthy ischemia (Die Restitution des Energiestoffwechsels der Skelettmuskulatur der Ratte nach langdauernder Ischämie). *Res. Exp. Med.* 159:306–320, 1973.
116. SPITLER, D. L., W. C. ALEXANDER, G. W. HOFFLER, D. F. DOERR, and P. BUCHANAN. Heptoglobin and serum enzymatic responses to maximal exercise in relation to physical fitness. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16:366 –370, 1984.
117. Vasilis Mougeos. Reference intervals for serum creatine kinase athletes. *Br J Sports Med.* 10 2007; 41 (10): 674-678.
118. Noakes T D. Efecto del ejercicio sobre la actividad de las enzimas en suero en humanos. *Sports Med* 1987. 4 245 a 267,267.
119. S MG, Protosygellou MD, Petridou A. et al Hematológicas y perfil bioquímico de juveniles y adultos atletas de ambos sexos.: implicaciones para la evaluación clínica *Int J Sports Med* . 2003 24 506 a 511,511.
120. Hartmann U, Mester J. Formación y sobreentrenamiento marcadores en eventos seleccionados. *Med Sci Sports Exerc* 2000. 32 209 a 215,215.
121. Newham DJ, Jones DA, Edwards R H. plasma cambios creatina quinasa después de las contracciones excéntricas y concéntricas. *Muscle Nerve* 1986. 9 59-63,63

122. Apple FS, Rogers M A. creatincinasa mitocondrial alteraciones de la actividad en el músculo esquelético durante la carrera de larga distancia. J Appl Physiol 1986. 61 482 a 485,485.
123. J. Ramirez, Susana Zgaib, R, de Miguel, J. Ferraris, R, Persico Irene Z, Da Graca, C, Gianantonio. Actividad de la creatin Kinasa y sus isoenzimas en el síndrome uremico hemolítico. Medicina Buenos aires. 49:285-292 1989.
124. Apple FS, Hellsten Y, Clarkson PM. Early detection of skeletal muscle injury by assay of creatine kinase MM isoforms in serum after acute exercise. Clin Chem 1988;34(6):1102-4.
125. Bosco Carmelo, La Forza Muscolare. Aspetti Fisiologici ed applicazioni pratiche. 2da Edizione, Societa Stampa Sportiva, Roma, 2007.
126. Sassi, Aldo, Allenamento e Sovrallenamento. Le basi per conoscere e prevenire l' overtraining. 8va Edizione Edi-Ermes, Milano, 2007.
127. Banfi G., Mrinelli M. and Roi GS., Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season training of elite speed skating athletes. Inter. J. Sports Med., 1993, 14: 373-379.
128. Hakkinen, Keijo, Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. J. Sports Medicine and Phys. Fit. 1989, 29(1): 9-26.
129. Izquierdo, M., Hakkinen, K., and Kraemer, WJ. Maximal strength and Power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. J. Sports Sciences, 2004, 22(5): 465-478.

130. Adlercreutz H., Harkoven M., Kouppasalmi K., et al., Effects of training on anabolic and catabolic steroid hormones and the responses during physical exercise. *Inter. J. Sports Med.*, 1986, 7: 27-31.
131. Cabrera VM., Hernández Hernández A. y Pino Rivero P. Las hormonas en el deporte: Una vieja herramienta con nuevas perspectivas. *Rev. Cub. Med. Dep. Cult. & Fís.* 2010, Vol 5 (2). ISSN 1728-922X.
132. Viru A. and Viru M. *Análisis del control del Rendimiento*. 2da Edición, Editorial Paidotribo, Barcelona, 2003.
133. Viru, A. y Bosco C., *Controllo Biochimico dell Allenamento*. En C.Bosco (edit) *La Forza Muscolare. Aspetti Fisiologici ed Applicazioni Pratiche*. Societa Stampa Sportiva, Roma, 2da Edizione, 2007 pp.349-418.
134. Lehmann MJ., Lormes W., Opitz-Gress JM., et al. Training and overtraining: and overview and experimental results in endurance sports. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1997, 37(1): 7-17.
135. EBBELLING, C.B.; CLARKSON, RM. "Exercise-induced muscle damage and adapration". *Sports Med.*, 1989; 7:207-34.
136. LONKA, R; PEDERSEN, A. "Fatal rhabdomyolysis in marathón runners ". *Lancet* 1987; i:85 [Letter].
137. Tremblay MS., Chu SY., Mureika R. Methodolical and Statistical Considerations for Exercise-Related hormone Evaluations. *Sport Med.* 20:90-108, 1995.

138. Bunt J., Bahr JM., Bemben DA. Comparison of estradiol and testosterone levels during and immediately following prolonged exercise in moderately active and trained males and females. *Endocrinol Res.* 13:157-172, 1987.
139. Wheeler GD., Singh M., Pierce WD., Epling WF., Cumming DC. Endurance training decreases serum testosterone levels in men without change in luteinizing hormone pulsatile release. *J Clin Endocrinol Metab.* 72: 422-425, 1991.
140. Shephard A., Eichner G., Sutton T. Year Book. *Medicina Deportiva*. Ed. Merck. Madrid, 1991.
141. Dolve PA., Redman DS., Burstein R., Arnon R., Epstein Y. Androgenic response to long-term physical training in male subjects. *Int J Sports Med.* 11:421-424, 1990.
142. Smals AGH., Kloppenborg PWC., Benraad THJ. Circannual cycle in plasma testosterone levels in man. *J Clin Endocrinol Metab.* 42:979-982, 1976.
143. Cumming DC., Wheeler GD., McColl EM. The effects of exercise on reproductive function in men. *Sports Med* 7:1-17, 1989.
144. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev.* 23:25-63, 1995.
145. Ponjee GAE., Deroy HAM., Vader HJ. Androgen turnover during marathon running. *Med Sci Sports EX* 26:1274.1277, 1994.
146. Galbo H. *Hormonal and Metabolic Adaptations to exercise*. ED. Thieme Stratton. New York, 1983.

147. Arce JC., De Souza MJ. Exercise and Male Factor Infertility. Sports Med. 15: 146-169, 1993.
148. Barral JR., Oro LA., Galarza OG. Efectos del ejercicio físico sobre los niveles plasmáticos de testosterona. Arch Med Dep 5: 17-25, 1988.
149. Hackney AC. Endurance training and testosterone levels. Sport Med 8: 117-27, 1989.
150. Tyndall GL, Kobe RW, Houmard JA. Cortisol, testosterone, and insulin action during intense swimming training in humans. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 73:61-65, 1996.
151. Hakkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. J Gerontol A Biol Sci. 55:95-105, 2000.
152. Fahner CL., Hackney AC. Effects of Endurance Exercise on Free Testosterone Concentration and the Binding Affinity of Sex Hormone Binding Globulin (SHBG). Int J Sports Med 19: 12-15, 1998.
153. Adlercreutz H., Harkonen M., Kuoppasalmi K. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. Int J Sports Med 7 (Supl.): 27-8, 1986.
154. Kindermann W. Overtraining. expression of a disturbed autonomic regulation. Dtsch Z Sportmed. 37: 238-45, 1986.

155. Beitins Y., Bayard F., Kowarski A. The effect of ACTH administration on plasma testosterone, dihydrotestosterone and serum LH concentrations in normal men. Steroids. 21: 553-63, 1973.
156. Oscar Calve San Juan. Tesis doctoral. Cambios Hormonales de la Testosterona y el Cortisol en respuesta al entrenamiento de resistencia en atletismo. Universidad de la Rioja. 24 de Junio del 2003. ISBN 84-688-6652-0.
157. Hakkinen K., et al. Relationships between training volumen, physical performance capacity and serum hormone concentrations during prolonged training en elite weight lifters. Int. J. Sport. Med. 8:61-65, 1987).
158. Yie SM, et al. Circadian variation of serum sex hormone binding globulin capacity in normal adult men and womwn . J. Steroid. Biochem 36:111-115, 1990)

ANEXOS

Anexo A: Formato de Historia Clínica para los deportistas de natación en el año 2013

HISTORIA CLINICA

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INTERVALLE**

CODIGO EDAD FECHA SEXO

A. ANTECEDENTES PERSONALES:

1. PATOLOGICOS:

S. CARDIO-RESPIRATORIO

S. OSTEOMUSCULAR

LESIONES _____

SECUELAS _____

TIEMPO DE REHABILITACION

OTROS SISTEMAS

2. QUIRURGICOS

3. DEPORTIVOS, excluyendo natación con monoaleta.

Cual deporte _____ Años de entrenamiento _____ sesiones
por semana _____ Duración de cada entreno _____

4. DESCANSO

¿A qué hora se acuesta a dormir? ____ ¿A qué hora se levanta? ____
¿Durante el día Ud. Descansa? ____ ¿Cuánto tiempo en horas? ____

B. ANTECEDENTES FAMILIARES:

DM ☐ HTA ☐ CANCER ☐ OBESIDAD ☐ ASMA ☐

ENFERMEDAD MENTAL ☐ OTROS

C. EXAMEN FISICO:

FC(Lat/min)	Tensión arterial sistólica	Tensión arterial diastólica

S. Otorrinolaringológico_____

S. Cardiovascular _____

S. Gastrointestinal_____

S. Urogenital_____

S. Osteomuscular_____

Columna_____Extremidades_____

S. Neurológico y Control Motor:

Equilibrio_____Propiocepción_____

Agilidad_____Destreza_____

Motricidad fina_____Motricidad Gruesa_____

Fuerza en:

Miembros Superiores: _____ Miembros Inferiores: _____

Abdomen _____ Espalda _____

Gesto Técnico:

De pie _____ En cuatro apoyos _____

D. DIAGNOSTICO:

E. CONDUCTA A SEGUIR:

F. REMISION

FIRMA MEDICO: _____

Anexo B. Lista de asistencia al entrenamiento

Lista de asistencia

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INTERVALLE**

[illegible]

Anexo C. Recomendaciones Nutricionales

Recomendaciones Nutricionales

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

RECOMENDACIONES ALIMENTARIAS PARA DEPORTISTAS
• Todo deportista debe desayunar o tomar un refrigerio, aunque sea 40 minutos antes del comienzo del entrenamiento. Esta ingesta es vital para evitar los efectos del ayuno nocturno (en el caso del desayuno) y de la caída de la glucosa sanguínea en el entrenamiento matutino. • Comenzar el entrenamiento, bebiendo agua mineral sin gas.
DESAYUNOS Y REFRIGERIOS:
(Alimentos base)
1. BEBIDA CON LECHE * Consumirlos mínimo una hora antes de entrenar dado que es el tiempo que demora su digestión, probar tolerancia.
Té, café con leche descremada o semidescremada y edulcorantes (restringir uso de azúcar para las personas con porcentajes de grasa altos)
Leche descremada o Semidescremada
Yogurt descremado o Light
2. ALIMENTO PROTEICO
Huevo una unidad, 3 veces por semana: Tibio, Revuelto con tomate o cebolla sin adición de aceite, o Poché (Frito en agua). (No frito en aceite)
Queso descremado o Semigraso 30 grs.

Salchicha (1 unidad) o jamón (2 tajadas) 96% libre de grasa.
3. ALIMENTO ENERGETICO
Alimentos preferiblemente Light o Integrales.
Tostadas (1-2 Unidades)
Pan Tajado (2-3 unidades), Pan 30-40 grs
Cereales Comerciales (½ pocillo)
Galletas (2-3 unidades)
4. FRUTA O JUGO DE FRUTA
Todas Excepto: Banano, Manzana o Mango dulce en especial las personas con porcentaje de grasa alto.
5. ACOMPAÑAMIENTO ENERGETICO
Mermelada o jaleas bajas calorías (BC) o Sin azúcar, pueden contener otros endulzantes
ALMUERZOS Y CENAS: (Ejemplos)
ALIMENTOS PROTEICOS: En este grupo encontramos las carnes como: la carne de res, pollo, pescado, ternera consumirlos a diario en preparaciones adecuadas (asados o cocidos con poca grasa o sin ella) y alimentos proteicos ricos en hierro hémico como hígado, pajarilla o menudencias, sin embargo son ricos en grasas por lo tanto consumirlos una vez a la semana. Preferir los cortes magros, sin gordos, piel ni hueso, utilizando preparaciones a la parrilla, asadas, sudadas o salteados.
Ejemplos:
Carnes rojas (cortes magros) a la plancha o a la parrilla
Pollo, sin piel, a la plancha, a la parrilla
Pescado a la plancha o a la parrilla
Jamón cocido o crudo, desgrasado.

ALIMENTO ENERGETICO: En este grupo encontramos los tubérculos: Papa o yuca; plátanos: plátano verde o maduro y guineos, Cereales o Derivados de Cereal: Pasta o Arroz. Preferir los cereales integrales como pasta integral o arroz integral, moderar su consumo de 1-2 porciones por tiempo de comida (Almuerzo o Cena) de acuerdo a recomendación nutricional, evitar preparaciones grasosas o fritas.
Ejemplos:
Papas en puré
Papas cocidas o en preparaciones sin grasa
Plátano asado o cocido sin adición de grasa en la preparación
Arroz blanco, con aceite (poca cantidad).
Pastas al tomate (sin freír), al pesto, al aceite, salsa blanca con leche descremada, con crema “light”, con queso rallado (poca cantidad)
Preparación que involucren cualquiera de estos alimentos pero con la menor cantidad de grasa posible: ensaladas, tortas, platos únicos etc.
VERDURAS , HORTALIZAS Y/O FRUTAS Es importante concientizar sobre la importancia de su consumo en el deporte y desarrollar el hábito (aprendido de sus padres) del consumo de verduras, hortalizas y frutas, por su alto poder antioxidante, aporta vitaminas y fibra, favorece la utilización de energía de los macro nutrientes entre otras. Ejemplos:
Ensaladas variadas (tomate, lechuga, repollo, apio, remolacha, zanahoria, rábano, brócoli, cebolla, coliflor etc.)
Ahuyama, zanahoria en puré.
Frutas variadas (frescas, evitar frutas enlatadas)
Ensaladas de frutas
LEGUMINOSAS: En este grupo encontramos: las arvejas, lentejas, frijoles, garbanzos y habas, consumido en cantidades moderadas (no más de 1 pocillo). Pueden mezclarse con pequeñas cantidades de arroz para optimizar el aporte de

proteína de ambos alimentos. Se pueden incluir las carnes en el mismo plato para utilizar el factor de la carne para el aprovechamiento biológico del hierro no hémico. 2-3 veces a la semana.
JUGO DE FRUTA:
Consumir jugo de fruta idealmente naturales o pulpas naturales.
Evitar el consumo de gaseosas y bebidas instantáneas.
Los jugos deben ser preparados sin azúcar o con edulcorante si se desea controlar el peso, o en caso contrario con la menor cantidad de azúcar posible.
<u>COMER OCASIONALMENTE: (NO MAS DE 1-2 VECES POR SEMANA)</u>
<i>Frituras, salsas con grasa, mantequilla, margarina, mayonesa, chocolate, caramelos, confituras, tortas, ariquepe o mermeladas comunes, conservas, tortas de panadería, chorizos de cerdo o vaca, bizcochos o galletitas dulces, helados de crema.</i>
<u>Normas saludables de cocción de alimentos:</u>
<u>CARNES:</u> Variar entre carne de vaca (cortes muy magros), pollo (sacar la piel) y pescados, Cocidos a la plancha, parrilla, horno, milanesas al horno, hamburguesas caseras, etc.
<u>HUEVOS:</u> Huevo duro, pasado por agua, poché, en soufflé, en tortas o para unir preparaciones, en ensaladas.
<u>VERDURAS:</u> Crudas, cocidas, al horno, al vapor, hervidas, en ensaladas, asadas, condimentadas con salsas dietéticas, con aceite, en puré, en rellenos, en soufflé, budines, croquetas, tartas.
<u>PASTAS:</u> Con salsas bajas en grasa, boloñesa, salsa de tomate natural, queso blanco, gratinados, al pesto, con aceite, con vegetales, con salsa blanca (hacer con leche descremada). Agregar queso de rallar.

<u>Cocinar las salsas al vapor, sin freír los componentes</u>
<u>FRUTAS:</u> Frescas, al natural, jugos, licuados sin azúcar, con yogurt light o en mousse bajos en grasa.
<u>PAN:</u> Fresco, tostado, al horno, para acompañar las comidas. Preferentemente, usar rodajas de pan Bimbo Light.
<u>AREPA:</u> Consumirlas lo más frescas y natural posible, sin adición de mantequilla, queso de untar o margarinas.
<u>CEREALES:</u> Usar cereales sin azúcar tipo Corn-flakes o línea light. Preferentemente, no azucarados ni con revestimiento de chocolate.
<u>BEBIDAS CON LAS COMIDAS:</u>
- Agua sin gas o aguas saborizada, jugos de frutas preparados con muy poca azúcar o sin esta si se trata de frutas como (naranja, mandarina, piña, mango etc.).
- Evitar gaseosas sistemáticamente, como bebida en las comidas, o antes y después del entrenamiento. Las bebidas gaseosas son hipertónicas, aumentan los estados de deshidratación y reducen la absorción de los niveles de Calcio y del Hierro de los alimentos ingeridos, lo que es muy negativo para el rendimiento muscular y el estado saludable.
- NO Tomar alcohol
- <u>Beber siempre durante los entrenamientos:</u> Agua mineral sin gas y bebidas deportivas
Alba Leonor Piñeros
Nutricionista Dietista

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INTERVALLE**

Anexo D. Consentimiento o asentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INDERVALLE

A. DATOS GENERALES

Santiago de Cali, _____ del 201__

Nombre: _____ edad: _____

Género: _____

Estrato/barrio: _____ escolaridad: _____

Se entiende por consentimiento informado el acuerdo por escrito mediante el cual el sujeto de investigación, o en su caso, su representante legal autoriza su participación en la investigación, con pleno conocimiento de la naturaleza de los procedimientos, beneficios, y riesgos a que se someterá, con la capacidad de libre elección y sin coacción alguna; esta fase del proceso de investigación es esencial, ya que permite involucrar al participante como objeto de estudio

El Proyecto: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS METABOLITOS DURANTE EL CICLO PREPARATORIO DEL GRUPO DE NADADORES CON MONOALETA Y SELECCIÓN VALLE 2013** se apoya en la Resolución N° 008430

del 4 Octubre de 1993 del Ministerio de Salud, por el cual se establecen las normas científicas y administrativas para investigación salud.

Justificación: Al revisar el control biomédico del entrenamiento en natación con monoaleta para medir el impacto y la influencia en los resultados deportivos, se observa que en Colombia son pocos los que existen y los que hay, adolecen de una sustentación científica y de un seguimiento longitudinal acorde al macrociclo de preparación. Su participación le permitirá al equipo de trabajo y a usted tener un mayor conocimiento de su condición previa y posterior al entrenamiento en las diferentes etapas de la preparación deportiva y revertirá en un mejor logro deportivo.

Objetivos: Realizar periódicamente evaluación del comportamiento de algunos metabolitos como son **CK, Urea, Testosterona y Cortisol** evaluaciones antropométricas, nutricional, ergométrica y del consumo de oxígeno en deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo preparatorio del año 2013.

El procedimiento que se va a realizar: se determinará periódicamente los niveles de **CK, Urea, Testosterona y Cortisol** para estudiar su comportamiento en el esquema de entrenamiento a realizar durante el año 2013. Paralelamente se realizará medición del consumo de oxígeno y de variables antropométricas como el Índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal. Se explorará la relación del lactato con todas estas variables.

A mediados de Enero se iniciaran las valoraciones médicas deportivas de todos los atletas que participan en el estudio, iniciando con la valoración médica, exámenes de laboratorio, se les socializara el proyecto en forma grupal a todos los deportistas y a los padres de familia de los que sean menores de edad, (para su consentimiento firmado). Dentro de la segunda intervención con el grupo se les realizara un estudio antropométrico completo siguiendo la metodología de la ISAK, Sociedad

Internacional sobre el avance de Antropometría logrando determinar el porcentaje muscular y graso y la relación Estatura-talla.

La medición de **CK, Urea, Testosterona y Cortisol** se llevaran a cabo en las piscinas Alberto Galindo de la ciudad de Cali, en test de corta y mediana distancia, para lo cual se tomaran distancia de 50 mts en series de 10 para los primeros, en tanto que para los de distancia media se utilizara test de 200 mts en 10 repeticiones con toma de lactato y se tomaran en el momento de la recuperación activa al tercer y quinto minuto.

Se tomaran test de Saltabilidad y de potencias en miembros inferiores en los deportistas, detectando la carga de trabajo óptima para sus entrenos de fuerza en el gimnasio con pesas y en las diferentes maquinas.

Las tomas de la concentración de ácido láctico se llevaran a cabo al inicio del plan anual de entrenamiento y durante el año de entrenamiento en forma programada; estas mediciones se realizaran junto con la determinación del consumo de oxígeno, medidas antropométricas, acorde al plan de entrenamiento.

Para la determinación del consumo de oxígeno se utiliza una banda sinfín dentro del laboratorio de Fisiología del Esfuerzo Físico de INDERVALLE, que alcance los 25 km por hora y el equipo de medición directa, marca Cosmed, siguiendo un protocolo de exigencia máxima para los deportistas, de acuerdo al Colegio Americano de Medicina del Deporte, con las recomendaciones previas, establecidas con anterioridad a cada uno de los deportistas.

La duración del estudio es de 18 meses y la forma para ingresar a la presente investigación es voluntaria una vez se cumplan con los criterios de inclusión Deportistas vinculados a la selección Valle de natación con monoaleta; que sean mayores de 17 años, Que tengan 6 años de entrenamiento como mínimo, Que

entrenen bajo la dirección del profesor. Que asistan por lo menos al 90% de las secciones de entrenamiento (gimnasio, entrenamiento en tierra, en agua y en pista), Compromiso y consentimiento informado, Que utilice los implementos adecuados e idóneos para cada deporte durante las sesiones de entreno, asistir y acatar las recomendaciones nutricionales generales y Conservar las recomendaciones nutricionales el día antes de las pruebas. El total de nadadores participantes es de 16.

Para el manejo de la confidencialidad se omitirán los nombres y apellidos de los deportistas y se codificarán, además de la reserva en el manejo de la información al momento de la socialización de los resultados de la investigación.

Esta investigación será desarrollada por BETTY OVIEDO SARRIA, Licenciada en Biología y Química que labora en la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, quien además solicitará a cada deportista participante el carnet de la EPS y se compromete a minimizar los posibles riesgos que se puedan generar en el desarrollo de las pruebas. Igualmente se compromete a dar respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios, y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento del sujeto, aclarando que su participación no generará costos para el deportista. El investigador principal debe establecer desde el comienzo la disponibilidad de tratamiento médico y la indemnización a que legalmente tendría derecho por parte de la institución responsable de la investigación, en el caso de daños que le afecten directamente y que sean causados durante el desarrollo de la investigación. El participante en este proyecto está en total libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio sin que por ello se creen perjuicios para continuar su cuidado y tratamiento.

Se entrega copia del consentimiento informado a cada participante.

B. DECLARACION DEL PACIENTE

Este documento certifica que el paciente confirma por escrito su decisión VOLUNTARIA en el presente estudio después de escuchar todo lo relativo a los objetivos y la metodología que se va a utilizar durante su desarrollo. Se ha solicitado el consentimiento al tiempo que se ha explicado que al otorgarlo puede revocarlo en cualquier momento cuando a su juicio lo considere oportuno sin perjuicio de la atención a la salud y que se garantiza la confidencialidad de la información que sobre su salud se obtenga.

Yo, _____ conociendo todo lo anterior declaro que:

1. Tengo derecho a negarme a dar el consentimiento de participar en esta investigación, sin perjuicio de la atención que recibo en esta institución.
2. Se me ha explicado y he comprendido satisfactoriamente la naturaleza y propósito del estudio.
3. Autorizo a la realización de test y pruebas de capacidades físicas o responder las preguntas que sean necesarias en los cuales el manejo de la confidencialidad, privacidad e identidad serán acordes y permitidas por ley y no estarán a disposición pública.

C. AUTORIZACION Y FIRMAS

La Licenciada Betty Oviedo Sarria identificado con cedula de ciudadanía # 29185574 de Bolívar Valle me ha explicado de forma satisfactoria qué es, cómo se hace y para qué sirve “Comportamiento de CPK, urea y Creatina y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo preparatorio del año 2013”

He cumplido todo lo anterior perfectamente y por ello Yo:
_____ con documento de identidad:
_____ expedido en: _____ doy mi consentimiento
para que la Licenciada Betty Oviedo Sarria realice los procedimientos descritos
arriba, necesarios durante la realización de este estudio, a juicio de las personas
que lo llevan a cabo.

Persona mayor de edad participante.

Firma: _____

Nombre del paciente: _____

CC: _____ de _____

Dirección: _____

Firma del asesor: _____

Registro: _____ CC: _____ de _____

Testigos

Nombre _____

CC _____ de _____

Firma _____

Testigos

Nombre _____

CC _____ de _____

Firma _____

**Anexo E. Antecedentes (deportivos, médicos, personales y familiares,
nutricionales, de hábitos y estilos de vida)**

FORMATO ANTECEDENTES

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INDERVALLE

<u>Apellidos:</u>	<u>Nombre:</u>
<u>Ocupación o profesión:</u>	<u>Estado civil:</u>
<u>Edad:</u> _____ años - F. de Nacimiento: / /	
E-mail:	
Domicilio:	Ciudad:
Código Postal:	Departamento:
Teléfono fijo:	Celular:

Sección A

Datos de Historia Clínica:

1. ¿Cuándo se sometió por última vez a una revisión médica?

2. Es usted alérgico a algún medicamento, alimento u otras sustancias, NO

SI

Indique

¿Cual? _____

3. Se le ha diagnosticado alguna enfermedad persistente o grave, indique cuál. NO

SI

4. ¿Alguna vez usted ha sido hospitalizado?

NO SI

Describa la causa _____

Sección B

Signos y Síntomas de los 3 últimos años:

1. ¿Ha experimentado algún desmayo, mareo o amnesia temporal?

Si No

2. ¿Ha tenido frecuentemente problemas para dormir?

Si No

3. ¿Ha tenido visión borrosa alguna vez?

Si No

4. ¿Ha tenido dolores agudos de cabeza?

Si No

5. ¿Ha tenido tos repetidamente en las mañanas?

Si No

6. ¿Le han dicho que tiene un soplo cardíaco?

Si No

7. ¿Ha experimentado latidos del corazón anormales, tales como retraso de algún latido o palpitaciones ?

Si No

8. ¿Ha experimentado traumatismos de cráneo o convulsiones?

Si No

Signos y síntomas de los últimos dos meses:

1. ¿Se le hinchan los pies y los tobillos?

Si No

2. ¿Ha presentado dolor, rigidez o calambre en las piernas?

Si No

3. ¿Le han dicho alguna vez que su Presión arterial es anormal?

Si No

4. ¿Le han dicho alguna vez que su nivel de colesterol o de triglicéridos en sangre es alto ? Si es positivo, qué cantidad?

Si No

5. ¿Padece de algún tipo de alergia?

Si No

6. ¿Le han dicho alguna vez que su nivel de azúcar en la sangre es alto? Si

No

En caso afirmativo, ¿qué cantidad? _____ ¿cómo la controla? _____

- | | |
|--|--|
| ☐ Solo dieta | ☐ Inyecciones de insulina |
| ☐ Medicación oral | ☐ Sin control |

Tipo de medicación (si usa, especificar) _____

7. ¿Ha tenido o tiene Asma Bronquial o broncoespasmo?

Si No

8. ¿Ingiere actualmente alguna medicación?

Si No

Si su respuesta es positiva, especifique nombre de medicación y dosis diaria:

9. Antecedentes Trauma-Ortopédicos: (En el caso de respuesta positiva, especifique)

- | | | |
|--------------------------------|----|----|
| • Fisuras-Fracturas | NO | SI |
| <hr/> | | |
| • Luxaciones de articulaciones | NO | SI |
| <hr/> | | |
| • Desgarros musculares | NO | SI |
| <hr/> | | |

- Distensión-Rotura de Ligamentos NO SI
-
- Pie Plano NO SI
-
- Escoliosis – Lordosis – Cifosis NO SI
-

Observaciones (No completar; para el uso del profesional)

Sección C

Evaluación del estilo de vida:

Actividades cotidianas:

Su ocupación u profesión es:

- ¿Si trabaja o estudia, en qué jornada y Cuantas horas diarias lo hace?

- ¿Trabaja Sábados y Domingo ? (Especifique) _____
- ¿Cuántas horas duerme de noche? _____
- Si duerme siesta, ¿cuántas horas duerme? _____
- Hace alguna otra actividad fuera del trabajo o del entrenamiento (Horas) ? _____
- Actividad recreativa o “hobby”? _____

Hábito de fumar

1. ¿Ha fumado alguna vez cigarrillos?

Si No

2. ¿A qué edad comenzó a fumar? ____ Años

3. ¿Cuántos cigarrillos fumaba? ____ Al día

5. ¿Fuma Ud. actualmente?

Si

No

Cuantos Cigarrillos: _____ al día

5. Si ha dejado Ud. de fumar, ¿Cuánto hace que lo hizo?

Antecedentes deportivos

1. ¿Qué actividades deportivas ha practicado en el pasado, han sido competitivas o recreativas?

- Durante la escuela primaria _____ (Competitivo / Recreativo)
- Durante la escuela secundaria _____ (Competitivo / Recreativo)

2. ¿En qué edad comenzó a nadar? _____

Sección D

Antecedentes Familiares:

Constitución del núcleo familiar:

1. ¿Sus padres viven? (SI / NO) Madre: _____ (Edad: _____)
Padre: _____ (Edad: _____)

2. Cuantos hermanos/as tiene: (especificar género y edades)

Antecedentes clínicos Familiares:

¿Ha sido tratado algún miembro de su familia cercana, de alguna de las siguientes enfermedades, o se ha sospechado que padecía alguna de ellas? Indique el grado de parentesco con Ud. (padre, madre, abuela/o paterno, abuela/o materno, hermana/o).

A. Diabetes Mellitus NO SI (¿Quién?)

B. Enfermedad del corazón NO SI (¿Quién?)

C. Accidente Cerebro-Vascular NO SI (¿Quién?)

D. Presión arterial alta NO SI (¿Quién?)

E. Cáncer NO SI (¿Quién y Qué tipo de Cáncer?)

SECCION E

Información Ginecobstetricia

(Sexo femenino):

- Fecha de primera Menstruación: ____/____/____ (especificar el mes y el año)
 - ¿Tiene periodo menstrual actualmente? SI NO
 - Cada cuantos días tiene el periodo menstrual _____ (aproximadamente)
 - Cuantos días le dura el periodo menstrual _____
 - La secreción menstrual es: Abundante____ Normal____
Escasa_____
 - ¿Tiene ciclos menstruales espaciados por más de 35 días?
SI NO
 - ¿En los últimos años ha tenido periodos entre menstruación y menstruación
mayores a 35 días? SI ____ NO____. Si su respuesta es afirmativa, Diga ¿cuantos
días tiene entre periodo y periodo?
-

- ¿Ha tenido periodos menstruales espaciados en menos de 24 días?
SI NO
- Si su respuesta es afirmativa, Diga ¿cuantos períodos ha tenido así en el último
año? _____
- Enfermedades Ginecológicas (actual o pasada; especificar)

- Si ha sido madre: Partos (Número)

Anexo F. Evaluación por nutricionistas

Evaluación por Nutricionista

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INTERVALLE

REGISTRO NUTRICIONAL Y ALIMENTARIO	
Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013	
UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INTERVALLE	
CODIGO: _____ _____	FECHA
FECHA NACIMIENTO _____ _____	DEPORTE MODALIDAD _____ CATEGORIA
PERSONA ENCARGADA PREPARACION DE ALIMENTOS _____	

REGISTRO DEL TIEMPO EN HORAS DE LAS ACTIVIDADES DIARIAS			
ESTUDIO	TRABAJO	ENTRENAMIENTO	OTRAS ACTIVIDADES

ANAMNESIS ALIMENTARIA		
ALIMENTO	CANTIDAD	PREPARACION
DESAYUNO		
MEDIA MAÑANA		
ALMUERZO		
MEDIA TARDE		
CENA		

REGISTRO DE HIDRATACION:					
PRODUCTOS			CATIDADES CONSUMIDAS/DIA		
AGUA					
JUGOS DE FRUTAS					
BEBIDAS HIDRATANTES					
BEBIDAS INSTANTANEAS					
GASEOSAS					
OTRAS BEBIDAS					
Perdidas de líquido (cualitativo) ----- ---					
CONSUMO DE MEDICAMETOS Y/O COMPLEMENTOS Y AYUDAS ERGOGENAS					
TIPO DE PRODUCTO		CANTIDAD O DOSIS		ORDENADO POR	
Periodo de consumo					
Observaciones:----- ----- -----					
Recomendaciones:----- ----- -----					
REGISTRO DE MEDIDAS ANTROPOMETRICAS					
FECHA	PESO	TALLA	% GRASA	% M. MUS	Peso - Estatura

Anexo G. Evaluación Antropométrica

Evaluación Antropométrica

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INTERVALLE**

182

Anexo H. Registro de metabolitos

Registro de metabolitos

Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INTERVALLE

CODIGO: _____				MODALIDAD: V ____ SF ____ F ____				
INTENSIDAD Y VOLUMEN DEL ULTIMO ENTRENO _____				FC ____ PESO ____ PRESIÓN ARTERIAL ____				
No. De días que asistió en el mes de septiembre: _____								
Condiciones previas:								
¿Sigue patrón de nutrición? Si ____ No ____								
¿Cumple recomendación de Hidratación pre-prueba? Si ____ No ____								
Ayudas ergogénicas: Si ____ No ____								
¿Toma Medicamentos? Si ____ No ____ ¿Cuál? _____								
Entrenamiento y toma de muestra.								
Muestra Horario	Último día (entrenamiento)	1ª Muestra ____ Hrs post	Último día (entrenamiento)	2ª Muestra ____ Hrs post	Último día (entrenamiento)	3ª Muestra ____ Hrs	Último día (entrenamiento)	4ª Muestra ____ Hrs
Fecha								
Hora								
Signos y síntomas:								
✓ Sensación permanente de fatiga si ____ No ____								
✓ Trastorno del sueño Si ____ No ____								
✓ Intolerancia al ejercicio Si ____ No ____								
✓ Malestar pos-esfuerzo (Después de 24 horas) Si ____ No ____								
✓ Irritabilidad si ____ No ____								
✓ Dolor muscular si ____ No ____								
✓ Cefalea Si ____ No ____								
Observaciones: (Generalidades del entrenamiento, volumen del entrenamiento, días de alta intensidad en el mes) _____								

Valor Marcador	Concentración 1ª. muestra	Concentración 2ª. muestra	Concentración 3ª. muestra	Concen tración 4a muestr a
CPK				
UREA				
CPKMM				
TESTOSTERO NA				
CORTISOL				

Anexo I. Resumen del artículo: Evaluación del estrés fisiológico en deportistas de alto rendimiento

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS FISIOLÓGICO EN DEPORTISTAS DE ALTO RENDIMIENTO

RESUMENES

XV SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE SALUD
DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

OCTUBRE 23-25, 2013. CALI, COLOMBIA

Revista Gastronhup Año 2013 Volumen 15 Número 3: 155-170 (julio-diciembre).

Evaluación Del Estrés Fisiológico En Deportistas De Alto Rendimiento.

Blanca Cecilia Salazar Contreras, Betty Oviedo S, Isabella Echeverry, Fabio Delgado.

Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Introducción: La alta exigencia del acondicionamiento físico en los deportistas de élite y el riesgo de sobrepasar los límites en el entrenamiento, hace necesario el control de la adaptación a éste. Se ha reportado que marcadores como la Creatin Kinasa (CPK), la urea, el cortisol y la testosterona, son parámetros usados en la evaluación del estrés fisiológico y metabólico en los deportistas de alto rendimiento con una carga de entrenamiento. **Objetivos:** Evaluar el comportamiento inicial de marcadores bioquímicos (CPK, urea, testosterona y cortisol) en un grupo de deportistas de alto rendimiento del Valle del Cauca. Metodología: Estudio descriptivo en 15 deportistas de monoaleta, avalado por el comité de ética de la universidad del Valle. La sesión de entrenamiento en agua cursa a una intensidad y volumen que dependen de un plan de trabajo por áreas funcionales según niveles de lactato, el acondicionamiento del deportista y la modalidad a la que pertenezca. A los dos meses de entrenamiento general se tomó muestra sanguínea post-entrenamiento a los 15 deportistas para la determinación de los diferentes

marcadores. **Resultados:** El valor encontrado de los marcadores no sobrepasó los valores de referencia: CPK mujeres: 24-170 U/L, CPK hombres: 24-190U/L, UREA:10- 50mg/dl, CORTISOL 5-25 ug/dl, TESTOSTERONA hombres: 2,4 a 18,4 ng/ml, TESTOSTERONA mujeres 0.0 - 0.8 1 n g / d l **Conclusión:** El entrenamiento de los deportistas, durante el periodo estudiado, no sobrepasó su capacidad de adaptación hacia el estrés fisiológico porque los valores encontrados estuvieron por debajo de los valores

Anexo J. CK Total pre y post-competencia en deportistas participantes en los juegos mundiales del 2013

**ASOCIACION COLOMBIANA DE CIENCIAS BIOLOGICAS
XLIX CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SINCELEJO DEL 7 AL 11 DE OCTUBRE**

**CK TOTAL PRE Y POST-COMPETENCIA EN DEPORTISTAS PARTICIPANTES
EN LOS JUEGOS MUNDIALES DEL 2013**

Oviedo, Betty ¹Lic., Echeverri, Isabella ²MD, PhD, Ariza, Yoseth ³ MD, MSc, Salazar, Blanca C.⁴ MD, MSc.

⁽¹⁾ Aspirante al título de maestría en Ciencias Biomédicas, Grupo de nutrición Universidad del Valle, grupo de estudios aplicados al deporte IU Escuela Nacional del Deporte. E-mail: bettyovsa@gmail.com

⁽²⁾ Docente Facultad de Salud, Universidad ICESI, Cali-Colombia. E-mail: isabella_ech@hotmail.com

⁽³⁾ Docente, Facultad de Salud, Universidad ICESI, Cali-Colombia. E-mail: yjariza@icesi.edu.co

⁽⁴⁾ Docente Facultad de Salud, Grupo de Nutrición, Universidad del Valle, Cali-Colombia. E-mail: bsblasalaz@gmail.com

Introducción: Los niveles séricos de Creatin Kinasa (CK) son una herramienta utilizada para evaluar el estado de estrés fisiológico muscular del deportista como parte de su adaptación a la carga de entrenamiento. **Objetivo:** Evaluar el cambio

pre y post competencia de los niveles de CK total en deportistas de la selección Valle de natación con monoaleta durante el año 2013. **Metodología:** Estudio observacional en 15 deportistas. Se seleccionaron cuatro competencias realizadas en diferentes períodos de entrenamiento del año 2013. Se tomó muestra sanguínea pre-competencia y 24 horas post-competencia. **Resultados:** La Me del cambio (CK total pre – CK total post) en las dos competencias del primer periodo para mujeres fue: 44(n=7) y -54.5(n=6); para los hombres: 74,5(n=6) y -18(n=6). En el segundo periodo los valores para las mujeres fueron: -50 (n=5) y 131 (n=5); para los hombres: -81 (n=2) y -4(n=5). **Conclusiones:** Para ambos sexos, el cambio de la CK total solo presentó diferencias significativas entre las competencias del primer periodo

Palabras clave: CK total, natación con monoaleta, carga de entrenamiento

Anexo K. Antropometría de deportistas de natación con monoaleta previa a los juegos mundiales del 2013

**ASOCIACION COLOMBIANA DE CIENCIAS BIOLOGICAS
XLIX CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SINCELEJO DEL 7 AL 11 DE OCTUBRE
ANTROPOMETRIA DE DEPORTISTAS DE NATACION CON MONOALETA
PREVIA A LOS JUEGOS MUNDIALES DEL 2013**

Piñeros, Alba L.¹ N y D, Herrera, José A.²MD, Oviedo, Betty.³ Lic. Leiva, Jaime⁴.PhD, Salazar, Blanca C.⁴MD, MSc

¹ Nutricionista Dietista, Escuela Nacional del Deporte; Instituto Departamental de Deportes y Recreación del Valle del Cauca.

² Medico Deportologo Grupo Nutrición Universidad del Valle,

³ Licenciada en Biología y Química Grupo de nutrición Universidad del Valle, grupo de estudios aplicados al deporte IU Escuela Nacional del Deporte.

⁴ Licenciado en educación física Universidad del Valle

⁵ Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Introducción: La natación con monoaleta, deporte cíclico con el que Colombia participó en los World Games del 2013, es practicado aproximadamente en 100 países. Gracias a su entrenamiento los deportistas tienen una antropometría específica. **Objetivos:** Caracterización antropométrica de deportistas de la selección Valle de natación con monoaleta al inicio del año 2013. **Metodología:**

Estudio observacional en el que participaron 15 deportistas seleccionados de alto rendimiento con edades entre 15 y 31 años. Las medidas antropométricas fueron realizadas por evaluador certificado internacionalmente, quien utilizó equipos calibrados y la técnica antropométrica ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry). Para el análisis de las evaluaciones se utilizó la metodología de los cinco componentes de Débora Kerr y Cols. y para su procesamiento el paquete estadístico Bodymetrix. **Resultados:** Las medianas de los diferentes indicadores antropométricos del género femenino fueron: peso: 60Kg (48-68) Kg; Talla: 168cm (155-171) cm; Talla sentado: 88,5cm (80,1-128,8) cm; masa magra: 43,87%(39,8-47,6) %; masa grasa: 31,75% (27,7-35,1) %; Envergadura 167cm (154-176) cm. Para el género masculino fueron: peso: 76Kg(60,7-90)Kg; Talla: 176cm(155-183)cm; Talla sentado: 92cm(85,5-96,7)cm; masa magra: 48,38%(43,81-51,66)%; masa grasa: 23,39%(18,76-26,6)%; Envergadura: 183cm(160-192,7)cm. Se midieron además, perímetros de cintura, muslo y pantorrilla y se analizó el Somatotipo, cuya tendencia en ambos géneros fue hacia la mesomorfia. **Conclusión:** La masa magra estuvo cerca de lo normal en hombres ($\approx 50\%$), pero menor en mujeres ($< 50\%$), mientras que el componente graso fue alto en ambos géneros, sin embargo, en el análisis del Somatotipo predominó la mesomorfia en todos.

Palabras claves: antropometría, porcentaje graso, masa magra, alto rendimiento, natación monoaleta.