

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 7</b>

16

<b>FECHA</b>	viernes, 22 de noviembre de 2019
--------------	----------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Extensión Soacha
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Del Deporte Y La Educación Física
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	<b>Ciencias del Deporte y La Educación Física.</b>

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Caicedo Soto	Geraldine	1073714819
Waltero Peñaloza	Camilo Andrés	1072194151
Aullon Gutiérrez	Henry Alexander	

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 7</b>

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Beltrán Rodríguez	José Diego

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
<b>Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico en voleibolistas durante un microciclo de choque</b>

<b>SUBTÍTULO</b> (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b> Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía Profesional en Ciencias del Deporte y la Educación Física

<b>AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
13/11/2019	126

<b>DESCRITORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1.Enzima	Enzyme
2.Voleibol	Volleyball
3.Marcador	Marker
4.Medicion	Measurement
5.Carga de entrenamiento	Training load
6.Anaerobico	Anaerobic

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 7</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

### Resumen

Se realiza investigación sobre marcadores biológicos, específicamente sobre la CPK (creatinfosfoquinasa), con el fin de conocer su incidencia en las prácticas y entrenamientos del grupo femenino de voleibol de la Universidad de Cundinamarca, extensión Soacha. Ya con esta información recolectada se pretende realizar toma de muestras sanguíneas mediante un microciclo de choque con cargas de trabajo específicas encaminadas al sistema anaeróbico alactico, siendo este el que prima en la práctica de este deporte. Las muestras pretenden ser cuantificadas y medidas mediante el sistema Reflotron el cual arroja resultados comparables a los obtenidos por métodos de laboratorio estándar, en dos o tres minutos por parámetro. De esta forma, el resultado estará disponible incluso en presencia del deportista y entrenador con el fin de adaptar las cargas de trabajo futuras a las características individuales de cada deportista, mejorando la calidad y el proceso de cada una de estas sin caer en sobreentrenamiento.

### Abstract

Research is carried out on biological markers, specifically on CPK (creatine phosphokinase), in order to know its impact on the practices and training of the women's volleyball group of the University of Cundinamarca, Soacha extension. With this information collected, it is intended to take blood samples by means of a shock microcycle with specific workloads aimed at the anaerobic alactic system, this being the one that prevails in the practice of this sport. The samples are intended to be quantified and measured by the Reflotron system which yields results comparable to those obtained by



standard laboratory methods, in two or three minutes per parameter. In this way, the result will be available even in the presence of the athlete and coach in order to adapt future workloads to the individual characteristics of each athlete, improving the quality and process of each of these without falling into overtraining.

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 7</b>

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 7</b>

investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.  
**SI \_\_\_ NO X.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

### LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.



- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



- j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
<p>1. Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico en voleibolistas durante un microciclo de choque.pdf</p>	<p>Texto</p>



**MACROPROCESO DE APOYO  
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO  
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAr113  
VERSIÓN: 3  
VIGENCIA: 2017-11-16  
PAGINA: 8 de 8**

2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
Caicedo Soto Geraldine	
Waltero Peñaloza Camilo Andrés	CAMILLO WALTERO PEÑALOZA
Aullon Gutiérrez Henry Alexander	Henry Aullon G.

**Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico en voleibolistas  
durante un microciclo de choque**

**Director de tesis:**

Investigador principal

José Diego Beltrán Rodríguez

**Co-investigadores:**

Geraldine Caicedo Soto

Henry Alexander Aullon Gutiérrez

Camilo Andrés Waltero Peñaloza

Universidad de Cundinamarca facultad de ciencias del deporte y la educación física

Soacha, 2019

**Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico en voleibolistas  
durante un microciclo de choque**

**Director de tesis:**

Investigador principal

José Diego Beltrán Rodríguez

**Co-investigadores:**

Geraldine Caicedo Soto

Henry Alexander Aullon Gutiérrez

Camilo Andrés Waltero Peñaloza

Universidad de Cundinamarca facultad de ciencias del deporte y la educación física

Soacha, 2018

## Índice de contenido

1. Introducción.....	8
2. Justificación.....	9
3. Objetivo general.....	11
3.1 objetivos específicos.....	11
4. Planteamiento del problema.....	12
5. Marco teórico.....	16
5.1 marcadores bioquímicos.....	17
5.1.1 Aspectos metabólicos del sobre entrenamiento.....	24
5.1.1.1 Hipótesis de la estructura muscular esquelética.....	25
5.1.1.2 Hipótesis de los carbohidratos.....	27
5.1.1.3 Hipótesis de los aminoácidos de cadena.....	29
5.1.1.4 Hipótesis de la glutamina .....	30
5.1.1.5 Hipótesis de los ácidos grasos poliinsaturados.....	32
5.1.1.6 Hipótesis de la leptina .....	33
5.1.1.7 Hipótesis del metabolismo proteico .....	35
5.1.2 El control bioquímico de la respuesta al entrenamiento deportivo.....	37
5.1.3. Visión general del control biológico del entrenamiento.....	43
5.1.4 Validez de análisis clínicos para diagnosticar el sobreentrenamiento.....	43
5.2 creatina y creatinina .....	46
5.3 cpk ¿qué es?.....	51
5.3.1 ¿por qué se produce la cpk en la práctica deportiva.....	52

5.3.2	Valores fisiológicos cpk.....	53
5.3.3	efectos secundarios de la cpk elevada.....	54
5.4	carga de entrenamiento.....	58
5.4.1	Componentes de la carga .....	59
5.4.1.1	magnitud de la carga.....	59
5.4.1.2	volumen.....	60
5.4.1.3	intensidad.....	61
5.4.1.4	densidad.....	63
5.5	fatiga.....	65
5.5.1	tipos de fatiga.....	66
5.5.2	principales causas de fatiga.....	67
5.6	recuperación.....	70
5.6.1	tipos de recuperación.....	71
6.	Sistema energético anaeróbico alactácido.....	72
6.1	sistema anaeróbico alactico en el voleibol.....	74
7.	efectos agudos del entrenamiento.....	75
8.	Medición con el Reflotron.....	76
8.1	Reflotron en los cuidados primarios de la salud.....	76
8.2	ventajas del producto.....	77
8.2.1	en poco espacio, múltiples parámetros.....	77
8.2.2	características y funciones .....	78
8.2.3	software.....	78
8.2.4	almacenamiento de datos y conectividad de it.....	79
8.3	pruebas de Reflotron.....	79

<b>8.3.1</b> control de calidad.....	79
<b>8.3.2</b> Fácil de usar con mínimo de mantenimiento: diagnostico en el lugar de la consulta en el consultorio con el Reflotron... ..	79
<b>8.4</b> información adicional.....	80
<b>8.5</b> procedimiento en pasos.....	80
<b>8.5.1</b> Reflotron además en la atención primaria.....	81
<b>8.6</b> el sistema Reflotron.....	81
<b>9.</b> Diseño metodológico.....	81
<b>9.1</b> Cargas y ejercicios aplicables a la investigación.....	82
<b>10.</b> Investigación descriptiva de orden mixto cuantitativo y cualitativo.....	95
<b>11.</b> músculos que intervienen en el remate y servicio en voleibol .....	98
<b>12.</b> Caracterización de la población.....	100
<b>13.</b> Como planificar .....	101
<b>14.</b> Macro ciclo de entrenamiento aplicado a la investigación .....	106
<b>15.</b> Resultados .....	109
<b>16.</b> Conclusiones.....	117
<b>17.</b> Bibliografía.....	119

## Índice de tablas

<b>Tabla.1</b> Temporización de las pruebas bioquímicas a realizar por los deportistas a lo largo de una temporada .....	18
<b>Tabla 2:</b> Los metabolitos y substratos medidos en sangre .....	23
<b>Tabla. 3</b> Tabla 3: Resumen de los parámetros del plasma bioquímico potencialmente implicado en la ocurrencia del sobreentrenamiento en los deportes.....	46
<b>Tabla 4:</b> Resumen de los parámetros obtenidos en un análisis de sangre que pueden ayudar al control del entrenamiento.....	51
<b>Tabla 5.</b> Niveles de CPK: Tomado de <a href="https://www.tuasaude.com/es/creatinfosfoqui">https://www.tuasaude.com/es/creatinfosfoqui</a> .....	57
<b>Tabla 6.</b> Clasificación del tipo de volumen según Bompa (1983).....	61
<b>Tabla. 7</b> Diferencia de intensidades según Bompa 1983 y Belloti 1987.....	62
<b>Tabla. 8</b> Relación de intensidad y el tiempo de recuperación.....	63
<b>Tabla. 9</b> Formulas de la densidad del entrenamiento Manno (citado por Lagarda Otero)...	64
<b>Tabla.10</b> Direcciones físicas alacticas (Coss Santiago 2014).....	74
<b>Tabla 11:</b> Diseño metodológico .....	82
<b>Tabla 12:</b> Contenido de los diferentes niveles de aprendizaje, perfeccionamiento y entrenamiento deportivo (G. Moras, 1994).....	85
<b>Tabla 13:</b> La relación entre estos métodos de trabajo y los tipos de esfuerzo.....	89
<b>Tabla 14:</b> Enfoques de la investigación científica .....	96
<b>Tabla 15:</b> Características contrastantes de la investigación cualitativa y cuantitativa.....	97
<b>Tabla 16:</b> rangos de referencia tomada de manual del Reflotron Plus.....	109

## Índice de figuras

<b>Figura. 1</b> Creatina en plasma.....	47
<b>Figura. 2</b> Encimas en suero.....	48
<b>Figura. 3</b> Evaluación de la concentración de CK en suero en relación a la carga de entrenamiento.....	49
<b>Figura 4:</b> Proceso metabólico del CPK según Calderón et al. (2006).....	53
<b>Figura. 5</b> Esquema de la carga de entrenamiento, recogido del libro: García Manso y cols., Juan Manuel; Navarro Valdivieso, Manuel; Ruiz Caballero, José Antonio, (1996).....	59
<b>Figura. 6</b> Componentes de la magnitud de la carga.....	60
<b>Figura 7:</b> Características de la carga .....	65
<b>Figura 8:</b> Concepto de ejercicio crónico y ejercicio agudo.....	76
<b>Figura 9:</b> pasos para usar Reflotron .....	80
<b>Figura 10:</b> características de los Niveles de entrenamiento 0 y I.....	86
<b>Figura 11:</b> características de los niveles de entrenamiento II, III, IV y V.....	87
<b>Figura 12:</b> La relación entre estos métodos de trabajo, los tipos de esfuerzo y la frecuencia cardíaca.....	90

## **1. Introducción**

La presente investigación busca evidenciar de qué manera afectan las cargas de entrenamiento al cuerpo con la medición de la CPK por medio del Reflotron, se analizarán los niveles de adaptación que se producen en el cuerpo a nivel metabólico y celular para así lograr cuantificar las cargas de un plan de entrenamiento en estudiantes pertenecientes al equipo femenino de voleibol de la universidad de Cundinamarca de 18 a 23 años, las cuales vienen de un proceso de 2 competencias importantes durante el año y se encuentran en preparación para la participación en juegos de universidades ASCUN .

De este modo todo el planteamiento y desarrollo de esta investigación se fundamentará en el interrogante que da el sentido y forma a los planteamientos realizados. El interrogante es el siguiente: ¿Según los niveles de adaptación arrojados por la medición de la CPK como control pre y post entrenamiento de un microciclo de choque en las deportistas, que ajustes se les hará a las cargas de entrenamiento a partir de los resultados que se obtengan de esta medición?, siendo estudiantes de ciencias del deporte y la educación física, atenderemos y se hará intervención en el grupo de voleibol masculino en la universidad de Cundinamarca seccional Soacha.

El sentido final de esta investigación es que con base en los resultados arrojados, lograr generar la información suficiente donde se evalúen los efectos de la carga de entrenamiento y sus adaptaciones, para así poder cuantificar de manera correcta las cargas de este plan de entrenamiento y ajustarlas de forma individual, logrando así satisfacer las dudas y necesidades de entrenadores y profesionales del deporte para lograr un mayor rendimiento y mejoras a nivel deportivo de sus practicantes.

## **2. Justificación**

Hoy en día en nuestra sociedad son pocas o nulas las instituciones que cuentan con un programa de control del entrenamiento dirigido a sus deportistas y que debido a la gran incertidumbre que nace entre atletas, entrenadores y científicos por comprender los diferentes cambios producidos como consecuencia del entrenamiento deportivo, se desarrollan diferentes herramientas y métodos para el control del entrenamiento que tienen como finalidad determinar el efecto de la carga de entrenamiento sobre el rendimiento de los atletas, por lo cual surge un interés en estudiar y validar la medición de CPK como medio de cuantificación de la carga interna del entrenamiento. Esta información podrá ser útil para entrenadores brindándoles la oportunidad de realizar cambios en la dosificación de cargas en su plan de entrenamiento al considerar el comportamiento del cuerpo frente a variables fisiológicas que intervienen durante el entrenamiento del atleta.

Las ciencias del deporte a través de la historia han demostrado diferentes cambios producidos como consecuencia del entrenamiento al interior celular, por lo cual se ha vuelto una incógnita para científicos y entrenadores el tratar de explicar, comprender y descifrar los fenómenos que surgen como respuesta a diferentes cargas de entrenamiento. Hoy en día debido a la alta exigencia del entrenamiento y el deseo de conseguir resultados satisfactorios para una amplia gama de deportes se han proporcionado diferentes medios para evaluar la respuesta del deportista ante determinadas cargas a través de lo que se conoce como: cuantificación del entrenamiento, el cual a través de diferentes variables facilita el conocer la relación que hay entre entrenamiento y rendimiento (Virus, 2003)

El entrenamiento deportivo ha dejado de ser una práctica casual o espontánea, la cual se basaba simplemente en el sentido común de los entrenadores o deportistas. Hoy en día se ha

convertido en un proceso metodológico riguroso y sistematizado, soportado y basado por conocimientos en las diferentes ciencias del deporte y la actividad física, conllevando con esto, a potencializar el rendimiento de los deportistas a un nivel competitivo cada vez mayor, donde el control del mismo cobra una relevancia muy importante en cuanto a la calidad del proceso. En este orden de ideas y adecuando una expresión del autor Tudor Bomba; podemos afirmar que el entrenamiento y la efectividad del mismo, está basado en las ciencias y en la metodología que a este se aplican (Bompa, 1996). Este nuevo prospecto sobre el entrenamiento deportivo nos muestra que, en deportes como el voleibol (el cual ha despertado en los últimos años un gran interés popular) se ha querido incursionar sobre evaluaciones; tanto de cargas externas (saltos, velocidades y tipos de desplazamientos), como de cargas internas (frecuencias cardíaca, consumo de oxígeno, lactato) permitiendo que con el análisis de dichos indicadores biológicos se contribuya a conocer respuestas y adaptaciones biológicas de los deportistas a los diferentes esfuerzos físicos; y del mismo modo, planificar y controlar las cargas de entrenamientos de una manera más adecuada.

Tanto es el interés hoy en día de los entrenadores por conocer los procesos adaptativos y evoluciones biológicas de sus deportistas a lo largo del proceso de entrenamiento, que cada vez es más frecuente que se someta a los deportistas a análisis de sangre con el fin de conocer el proceso de dichas adaptaciones en el organismo. Es así como la alta exigencia del entrenamiento para conseguir resultados deportivos hace que la utilización de marcadores biológicos tome gran relevancia como una herramienta clave para el entrenador.

La CPK es una enzima necesaria para el metabolismo anaeróbico de la fosfocreatina (CPr), la cual es la forma más rápida de obtención de energía, esta es liberada en la sangre cuando

se produce una importante ruptura muscular, junto a la mioglobina (proteína encargada del transporte de O<sub>2</sub> al musculo) y es por ello que en los deportistas estos niveles son mayores que en personas sedentarias (González, 2004). Es así como la medición de CPK (Creatinfosfatoquinasa) permitirá conocer los efectos en el volumen, densidad e intensidad que el entrenamiento tiene sobre los deportistas; evitando que se entre en cuadros de fatiga muscular e incluso en el sobre entrenamiento.

### **3. Objetivo General**

- Valorar la CPK pos sesión como elemento de verificación de los procesos de adaptación al entrenamiento.

#### **3.1. Objetivo Especifico**

##### **Específicos:**

- Generar un microciclo de choque adecuado que logre generar la respuesta adecuada de la CPK.
- Aplicar y controlar correctamente la carga a las deportistas en un microciclo de choque.
- Diagnosticar que tan efectiva fue la carga aplicada durante el plan de entrenamiento y el microciclo de choque

#### **4. Planteamiento del problema**

##### **Pregunta problema.**

¿Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico en voleibolistas durante un microciclo de choque?

##### **Planteamiento del problema.**

Se investigará sobre este tema debido a que se presenta gran interés personal y colectivo, debido a los pocos estudios en la región y principalmente hacia esta población sobre el control del entrenamiento. La alta exigencia que hoy en día se presenta hacia los deportistas por parte de los entrenadores con el fin de obtener un rendimiento cada vez mayor; hace necesario el control pre y post del entrenamiento. Con el fin de obtener información pertinente sobre un proceso de adaptación al entrenamiento, se hace pertinente la utilización de parámetros de laboratorio específicos para una adecuada valoración, esto debido a que muchas veces creemos que estos resultados se obtienen de manera adecuada simplemente de forma empírica, o solamente por observación. El deporte día a día evoluciona y exige que nosotros como entrenadores vayamos a la par con él, al igual que nuestros conocimientos.

Según la literatura, la importancia de la CPK en el cuerpo tiene más prevalencia en ejercicios de alto impacto, y a medida que se aumenta la intensidad pasa a ser importante hablar de un microciclo de choque. En cuanto al metabolismo muscular referido a las pruebas específicas para este estudio (alta intensidad o alto volumen), se corresponderá a un entrenamiento de potencia.

Volviendo al enfoque del estudio es importante decir que en estos momentos hay una gran tendencia social a la participación de eventos deportivos de larga duración, (hablando del voleibol, es un deporte anaeróbico principalmente por sus acciones cortas, pero la duración de un partido está cercano a una hora u hora y media). De esta forma es importante buscar especificidad en el entrenamiento en la modalidad de voleibol piso, centrándonos en este caso en la potencia, ya que en los aspectos cardiorrespiratorios de entrenamiento, por sus características de corte anaeróbico han estado un poco más definidos (suele dársele bastante importancia al entrenamiento en ejercicios de cortos lapsos de tiempo de manera explosiva en etapas precompetitivas).

Por lo tanto el objetivo de este trabajo es realizar una investigación de como funciona la CPK en el cuerpo y de esta manera poder controlar las cargas de entrenamiento y saber sus niveles de adaptación.

### **Contextualización**

El voleibol es un deporte que tiene cuatro modalidades de juego y son las siguientes: voleibol piso, voleibol playa, voleibol sentado y bossaball. En este estudio nos vamos a centrar en el estudio de voleibol piso, ya que es más fácil encontrar la población y es donde más se utiliza la potencia.

Concretamente la presente investigación va a ir encaminada a analizar la literatura por lo menos relacionada con el tema de la CPK y sus maneras de medición. Por ser un campo donde no parece haber un proceso de investigación importante y numerosa.

El rendimiento en el voleibol está dominado por la combinación de fuerza potencia, velocidad de reacción y desplazamiento y flexibilidad. Para mejorar estos aspectos hay que es lo que entendemos como entrenamiento físico.

La potencia va a ser el aspecto más relevante del trabajo, ya que cada día se pone más de manifiesto en diferentes deportes la necesidad de una preparación física en potencia, por ser considerada el mecanismo necesario para ejecutar efectivamente las diversas técnicas que requieren ser realizadas de manera rápida y acciones deportivas de la misma índole, el motivo por el que se debe desarrollar la fuerza no es solo con el único fin de ser más efectivos, sino para cubrir las necesidades específicas de cada deporte, desarrollar un tipo de potencia específica o una combinación de fuerzas que mejoren el rendimiento deportivo y llevarlo hasta un nivel lo más alto posible. En este sentido, la fuerza se periodiza según las necesidades fisiológicas de cada deporte en una fase dada y para una fecha en la que debe alcanzarse el pico máximo de rendimiento. Así ocurre también en el ámbito del voleibol.

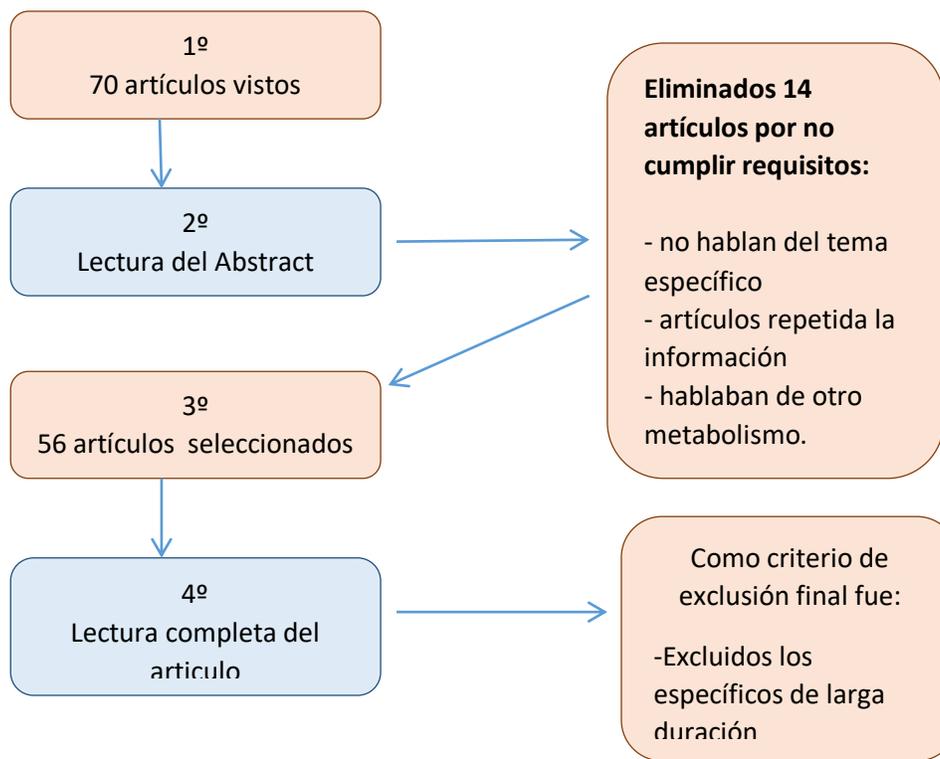
La potencia es determinante en voleibol, ya que es esencial para la calidad de las acciones ofensivas y defensivas. Para mejorar el rendimiento en dicho deporte, en relación a la aplicación de la potencia, se centra en la mejora de la producción de fuerza por unidad de tiempo.

### **Procedimiento de revisión**

La búsqueda de información específica de artículos científicos ha sido realizada en distintas fuentes: En las bases de datos de la biblioteca virtual de la universidad de Cundinamarca como lo son SCIENCE DIRECT, Mc GRAW HILL EDUCATION,

PEARSON, EDITORIAL BRUJAS, EDITORIAL KINESIS, SCOPUS, CONSORTIA ENFERMERIA, al igual que en las páginas de google académico. Dentro de cada uno de estos se ha filtrado la información utilizando palabras clave específicas de la temática como: (CPK AND VOLLEYBALL AND TRAINING LOAD, CPK AND VOLLEYBALL, TRAINING AND CPK) en idiomas español e inglés sin encontrar información y contenido ligado propiamente a nuestra investigación. En estas bases de datos se encontraron algunos artículos que hablaban de dicha medición en caballos de carreras, en investigaciones con roedores, en porteros de futbol, en deportes de invierno, algunos deportes acuáticos, en danza pero con carencia, sin decir nada de contenido de artículos que se basaran específicamente en las mediciones de la CPK en el voleibol, por ello decidimos y nos motivamos mucho más a continuar con esta investigación basándonos en la poca información que logramos rescatar de dicha búsqueda, no se refieren como tal al voleibol, pero brindan conocimiento para replicar dicho estudio para nuestra investigación (*artículos referidos en la bibliografía*)

## Esquema del procedimiento de revisión



## 5. Marco teórico

La evaluación del deportista va encaminada, en primer lugar, a valorar su salud para diagnosticar situaciones que contraindiquen y/o restrinjan el entrenamiento o la competición, y, en segundo lugar, trata de determinar objetivamente sus capacidades funcionales para prescribir y planificar un proceso de entrenamiento.

Dentro del marco teórico de esta investigación se tratara los siguientes ítems para el manejo de cada uno de los factores importantes que intervienen dentro de la misma los cuales son: marcadores bioquímicos en el entrenamiento, creatinfosfoquinasa (CPK), carga de entrenamiento, fatiga, recuperación.

## 5.1 Marcadores bioquímicos

Los parámetros bioquímicos determinados mediante análisis de laboratorio, sirven como biomarcadores que permiten saber qué está pasando en los músculos activos mediante un método no invasivo. El objetivo principal del control bioquímico del entrenamiento es ayudar a los entrenadores, y/o equipo multidisciplinar integrado por el fisioterapeuta, el médico y el dietista-nutricionista deportivo, a conseguir el rendimiento máximo y evitar el sobre-entrenamiento o fatiga crónica (Hug M, 2003). Además, las pruebas que pueden integrarse en el control bioquímico del entrenamiento, ayudarán a realizar una mejor valoración del deportista. Por ejemplo, el control bioquímico puede servir para determinar si existe una anemia real o si se trata simplemente de una pseudoanemia, situación que se da consecuencia de la adaptación al entrenamiento (expansión sanguínea). También es objetivo de la valoración bioquímica determinar si existen fallos en algún órgano o bien no se toleran las cargas de entrenamiento; si se cuida la alimentación e hidratación o si el deportista puede seguir realizando un mayor volumen de entrenamiento. Además, es importante conocer qué vías energéticas se han utilizado, o han primado, en el entrenamiento. Dicha información es necesaria para los entes deportivos, los cuales pueden observar, por ejemplo, posibles estados catabólicos y ayudar a que aumenten los anabólicos.

En algunas ocasiones, como por ejemplo con los atletas de Alto Rendimiento deportivo (ARD), el análisis de parámetros bioquímicos se puede convertir en una herramienta indispensable para el correcto control del deportista. Hay estudios que sugieren que la combinación de la restricción energética y la práctica de ejercicio físico intenso (que suele darse sobre todo en los deportes que compiten por categoría de pesos), ha de ser controlado

necesariamente con parámetros bioquímicos, ya que dicha estrategia puede afectar gravemente en la faceta psicobiológica de los atletas, e ir en decremento de su rendimiento deportivo si se realiza justo antes de las competiciones.

También es útil realizar estas pruebas cada vez que se cambie el período de entrenamiento, para ver si se han producido las adaptaciones esperadas. Si se trabaja con deportistas de ARD deberían realizarse, como mínimo, 4 analíticas a lo largo de una temporada (ver Tabla #1), porque son más susceptibles a tener cambios bruscos en sus parámetros fisiológicos y bioquímicos. Asimismo, es útil realizar pruebas bioquímicas cuando el deportista consiga sus mejores resultados y así tener unos niveles de referencia para él mismo y para su equipo técnico<sup>8</sup>, para futuras comparaciones. La comparación de datos de los parámetros biológicos entre deportistas es muy compleja y de poca utilidad debido a la gran variabilidad observada en datos publicados. Dichas diferencias entre los diferentes deportistas pueden explicarse, en parte, por las diferencias entre disciplinas deportivas, características del método de entrenamiento (objetivos metabólicos o técnico-tácticos), fase de temporada y características físico-biológicas del propio deportista.

<b>Fase de temporada</b>	<b>Temporización</b>	<b>Prueba</b>	<b>Información obtenida</b>
Inicio de temporada, después de vacaciones	1ª semana Octubre	Analítica General	Valorar qué estado de forma tenemos.
Finales del Periodo Preparatorio General (PPG)	1ª semana Enero (+3 meses)	Analítica Específica	Optimizar zonas de Umbral aeróbico (UAE) y anaeróbico (UANI).
Finales del Periodo Preparatorio Específico (PPE)	1ª semana Marzo (+ 2 meses)	Analítica Muy Específica	Valorar la destrucción muscular y procesos de recuperación.
Medios del Periodo Competitivo (PC)	1ª semana Junio (+3 meses)	Analítica Específica	Valorar el estado de nutrición general, y el sistema inmunológico, así como la recuperación.

**Tabla 1:** Temporización de las pruebas bioquímicas a realizar por los deportistas a lo largo de una temporada

Tradicionalmente, los biomarcadores han sido de interés en las ciencias del deporte para medir el rendimiento, el progreso en el entrenamiento y para identificar el sobreentrenamiento. Durante los últimos años, cada vez hay mayor interés en evaluar los efectos relacionados con la salud que se producen en el organismo debido a una actividad física regular y al deporte. El valor o la concentración de un biomarcador depende de muchos factores, como el grado de entrenamiento, el grado de fatiga y del tipo, la intensidad y la duración del ejercicio, aparte de la edad y del sexo. La mayor parte de los biomarcadores se miden en sangre, orina y saliva. Una de las principales limitaciones que presentan los biomarcadores bioquímicos es la falta de valores de referencia adaptados específicamente para deportistas y personas físicamente activas. Las concentraciones pueden variar considerablemente de los valores de referencia normales. Por lo tanto, es importante adaptar los valores de referencia siempre y cuando sea posible y controlar a cada sujeto regularmente, con el fin de establecer su propia escala de referencia. Otros biomarcadores útiles son la composición corporal (específicamente masa muscular, masa grasa, peso), la condición física (capacidad cardiorrespiratoria, fuerza, agilidad, flexibilidad), frecuencia cardíaca y presión arterial. Dependiendo de la finalidad, será conveniente analizar uno o varios biomarcadores. Para esta revisión, profundizaremos en los biomarcadores que se emplean para evaluar condición física, fatiga crónica, sobreentrenamiento, riesgo cardiovascular, estrés oxidativo e inflamación.

El ejercicio físico produce variaciones bioquímicas séricas que es importante conocer y tener en cuenta a la hora de interpretar resultados analíticos. Entre los incrementos enzimáticos que se han demostrado durante el ejercicio o la actividad física merecen una especial atención AST, ALT, CPK, y LDH, debido a su frecuente utilización en el

diagnóstico y seguimiento de muchas patologías de origen cardiaco, hepático y muscular (Noakes, 1987).

El ejercicio físico induce cambios en la concentración sérica de algunos metabolitos y sustratos así como en algunas actividades enzimáticas, debido a ello se han establecido la gran cantidad de factores que determinan el grado de aumento de dichas actividades, así como la variedad de enzimas que aumentan durante y tras la actividad física. Entre dichos incrementos enzimáticos descritos se destacan los mencionados anteriormente (CPK, LDH y AST). Parámetros que son utilizados comúnmente en el diagnóstico de infarto agudo de miocardio y desordenes musculares (Nosaka, 1992). La interpretación de estas elevaciones por parte de los primeros investigadores en este campo apuntaba a que se debían al daño anóxico o hipóxico del musculo, en concreto del sarcolema durante el ejercicio (Gardner GW, Bratton R, Chowdhury SR, Fowler WM, Pearson CM., 1964). Hoy en día esa explicación parece altamente improbable, ya que se ha comprobado que en las actividades físicas en las que se producen mayores aumentos enzimáticos que ocurren tras ejercicios prolongados se deben a daño miofibrilar franco, en particular de los discos sarcómeros Z, mientras que los aumentos más leves, producidos en ejercicios de más corta duración probablemente se deban a cambios en la permeabilidad de la membrana, sin daño real de la célula muscular (Friden J, 1983)

Los metabolitos y sustratos medidos en sangre se presentan como el principal medio de control bioquímico, aunque a veces estos marcadores son medibles en orina o en saliva. En la tabla adjuntada (Bosco, 2000), se muestran los principales.

<b>Metabolitos</b>	<b>Origen</b>	<b>Posible área de control del entrenamiento</b>
<b>Lactato</b>	Producto final de la escisión de glucosa o glucógeno	*Determinación del umbral anaeróbico.*Índice de intensidad de los ejercicios anaeróbico-glucolíticos o anaeróbico-aeróbicos.*Índice de utilización de la capacidad de trabajo anaeróbico.
<b>Amoniaco</b>	Resultado de la degradación de las fibras FG en AMP. Posible fuente adicional de oxidación de aminoácidos ramificados.	*Índice de resíntesis de ATP a través de la combinación de dos ATP y formación de AMP.*Índice indirecto de actividad de las fibras FG.
<b>Urea</b>	Producto final de la escisión de las proteínas (aminoácidos).	*Índice del efecto de ejercicios físicos aeróbicos prolongados.*Índice de procesos de recuperación.
<b>Tirosina</b>	Degradación de las proteínas, principalmente en el tejido muscular.	*Índice de intensidad del catabolismo proteico de los músculos.
<b>3- Metilistidina</b>	Producto de la degradación de las proteínas	*Índice del turno ver de las proteínas

	miofibrilares (miosina, actina).	contráctiles.*Comprobación del efecto entrenante en sesiones de entrenamiento de fuerza y potencia.
<b>Alanina</b>	Producto de combinación de los grupos NH <sub>3</sub> (liberados en la oxidación de aminoácidos de cadena ramificada y piruvato en los músculos).	*Valoración del porcentaje de glucosa-alanina que hace de enlace entre el metabolismo de proteínas y carbohidratos en la producción de energía de la actividad muscular.
<b>Leucina</b>	Aminoácido de cadena ramificada oxidable en los músculos.	*Índice del metabolismo de los aminoácidos de cadena ramificada.
<b>Triptófano</b>	Precursor de la síntesis del neuro-transmisor serotonina.	*Diagnóstico de la fatiga central y de un mecanismo central relacionado con el sobreentrenamiento.
<b>Glutamina</b>	Aminoácido esencial tanto para el óptimo funcionamiento de varios tejidos como para la normal inmuno-actividad.	*Diagnóstico de la fatiga y del sobreentrenamiento, utilizado principalmente para identificar posibles informaciones sobre los cambios en la inmuno-actividad.

<b>Ácidos grasos libres</b>	Producto de la lipólisis (escisión de los triglicéridos del tejido adiposo). Usado en los músculos como sustrato para la oxidación.	Determinación del valor de la utilización de los lípidos como sustrato oxidativo (la concentración sanguínea de ácidos grasos libres es proporcional a su uso en la oxidación).
<b>Glicerol</b>	Producto de la lipólisis. Usado en el hígado en la gluconeogénesis.	*Valoración de la intensidad de la lipólisis en el tejido adiposo.
<b>Glucosa</b>	Constituyente normal de la sangre. Se la suministra el hígado.	*Índice de la utilización de los carbohidratos.*Factor de control metabólico.

**Tabla 2:** Los metabolitos y sustratos medidos en sangre

En realidad, el verdadero objetivo de la monitorización bioquímica es la comprobación de los cambios inducidos por el entrenamiento, como:

- Valoración de la carga del entrenamiento.
- Valoración de los procesos de recuperación.
- Control de los efectos de los diferentes microciclos de entrenamiento.
- Verificación de los cambios adaptativos en el organismo, durante los períodos de entrenamiento y en todo un año de entrenamiento.
- Diagnóstico del sobreentrenamiento.

### **5.1.1 Aspectos metabólicos del sobre entrenamiento**

En los deportes de resistencia, se necesitan grandes cargas de entrenamiento con ejercicios repetitivos de larga duración a intensidades específicas para estimular ciertas rutas metabólicas que proporcionan energía a los músculos esqueléticos. Las adaptaciones metabólicas fundamentales para resistir la carga de entrenamiento se encuentran en las células del músculo esquelético, el hígado y el riñón. De hecho, estas ubicaciones están potencialmente asociadas a aspectos metabólicos del proceso de sobreentrenamiento. Otro resultado es que el estudio de este proceso requiere considerar parámetros de diferentes tejidos biológicos y/o combinar diferentes enfoques analíticos, es decir, bioquímicos, fisiológicos, endocrinos, neuronales, miológicos; cada uno potencialmente involucrado en la comprensión de los aspectos metabólicos del sobreentrenamiento. En las pasadas dos décadas, se realizaron varios estudios dirigidos a investigar determinados parámetros bioquímicos implicados en la aparición del sobreentrenamiento o para diagnosticarlo. Existen cada vez más indicios de que solo una cantidad restringida de esquemas metabólicos (hasta el momento seis) puede destacar la presencia de sobreentrenamiento. En este estudio, proponemos resumir el conocimiento actual sobre estos esquemas, cada uno centrado en un parámetro clave, es decir, carbohidratos, aminoácidos de cadena (BCAA), glutamina, ácidos grasos poliinsaturados (AGP), leptina, y proteínas. Como punto de partida, se presenta la hipótesis que plantea que el estrés mecánico y/o químico de los miocitos puede favorecer o inducir el sobreentrenamiento.

### 5.1.1.1 Hipótesis de la estructura muscular esquelética

Durante los ejercicios intensos y/o excéntricos, las alteraciones del miocito pueden inducirse ya sea por estrés mecánico (trastorno de las proteínas de la arquitectura celular) o estrés metabólico (agresiones químicas en los contenidos sub celulares).

Durante los procesos de oxidación-reducción, se producen continuamente especies de alta reacción al oxígeno (ROS) debido a que del 1 al 3% del oxígeno no está completamente reducido. A partir de las ROS pueden ocurrir reacciones sucesivas, produciendo aniones superoxidantes ( $O_2^-$ ) que pueden inducir la peroxidación de los fosfolípidos ubicados dentro de las membranas celulares de los músculos esquelético. También puede producirse el hidroperóxido ( $H_2O_2$ ) y este genera radicales hidroxilo (OH) en presencia del  $Fe^{2+}$ , altamente reactivos y que atacan a otras familias biomoleculares, específicamente las proteínas, el ADN y los lípidos. Los radicales lipídicos también pueden originarse a partir de radicales hidroxilo al sustraer hidrógeno de los AGP, lo cual conduce a la formación de radicales lipoperoxilo (LOO) y alcoxilo (LO), así como de aldehídos (malondialdehídos) como subproductos, los cuales modifican las funciones de la membrana celular de los músculos esqueléticos. La peroxidación de los lípidos ubicados en las membranas celulares se observó durante ejercicios intensos al medir la concentración de malondialdehído en plasma.

También se supone que la producción de aniones superoxidantes ( $O_2^-$ ) puede inducir la oxidación de catecolaminas que intervienen en la movilización de sustratos utilizados por los músculos esqueléticos durante el ejercicio de resistencia.

Al practicar ejercicio, el consumo de oxígeno puede multiplicarse hasta 40; lo que a su vez provoca un incremento considerable de la producción de ROS. Existe un sistema

de defensa que incluye acciones enzimáticas y no-enzimáticas (vitaminas) para reducir las agresiones de las ROS dentro de las células del músculo esquelético. Este sistema puede desarrollarse por el entrenamiento de resistencia. Se sugiere que un desequilibrio entre las acciones de las ROS y las capacidades defensivas antioxidantes de las células del músculo esquelético constituyen un factor potencial para facilitar el sobreentrenamiento.

Sin embargo, no se ha demostrado aún que la peroxidación a largo plazo de las células biomoleculares del músculo esquelético (fosfolípidos y proteínas contráctiles) pueda modificar las funciones celulares lo suficiente como para inducir el sobreentrenamiento. A pesar de esto, es evidente que las acciones de las ROS aumentan la permeabilidad de las membranas liberando varias células biomoleculares que pueden medirse en sangre, específicamente la creatina fosfoquinasa (CPK), mioglobina, troponina esquelética tipo I (sTi) y la 3-metilhistidina. La liberación sanguínea de la 3-metilhistidina se obtiene de la degradación de la proteína contráctil y su concentración puede permanecer elevada hasta 72 horas después de un ejercicio de resistencia exhaustivo.

La actividad de la enzima CPK depende del equilibrio bioquímico citosólico para la asociación entre las proteínas metabólicas (mioglobina) y contráctiles (sTi). Se propone medir las concentraciones de CPK en sangre durante y después de ejercicios de resistencia intensos para analizar la capacidad de recuperación de los atletas. Sin embargo, como la permeabilidad de la membrana permanece generalmente elevada entre 48 y 96 horas después del ejercicio, la liberación de CPK en el torrente sanguíneo ocurrirá necesariamente posterior a la reestructuración cinética de la membrana. Por otra parte, esta enzima se propaga por el torrente sanguíneo independientemente

de si el daño celular en el músculo esquelético se revierte en pocas horas o no, y su presencia es constante en la mayoría de las células del organismo para la realización de los procesos de resíntesis del trifosfato de adenosina (ATP). En efecto, sin considerar la importancia del daño celular en el músculo esquelético, el CPK en sangre puede resultar elevado después de la práctica intensa de ejercicios. Por consiguiente, su uso para destacar la ocurrencia del sobreentrenamiento, durante períodos de práctica con grandes cargas de entrenamiento sería muy difícil de apreciar.

La mioglobina es una proteína citosólica libre encargada de transportar el O<sub>2</sub> a las mitocondrias. Esta proteína se esparce fácilmente por el torrente sanguíneo en la medida en que aumenta la permeabilidad de la membrana celular. Las fibras tipo oxidativas son las más expuestas a las peroxidaciones de las ROS, causando una abundante liberación de mioglobina fuera del área celular del músculo esquelético. El estudio de su concentración cinética en sangre luego de una intensa actividad de resistencia parece ser útil para calcular el nivel de estrés químico en las células del músculo esquelético y para información sobre la fibra más dañada. No obstante, no se ha probado que las altas concentraciones de proteína muscular en sangre puedan ser parámetros sensibles para diferenciar la fatiga reversible de entrenamiento del proceso de sobreentrenamiento.

Los procesos de peroxidación no parecen inducir el sobreentrenamiento debido a que la destrucción de las células del músculo esquelético es una de las fuentes de sensibilidad o rigidez más importantes en los atletas, al igual que los ejercicios excéntricos que alteran los componentes celulares. Los dolores musculares son señales de alarma que inhiben la capacidad de los atletas de realizar otros ejercicios intensos. En efecto, es poco probable que el sobreentrenamiento surja como una consecuencia de alteraciones sucesivas

en el sistema muscular esquelético, sino que el daño celular esquelético puede ocurrir durante el proceso.

#### **5.1.1.2 Hipótesis de los carbohidratos**

Durante el ejercicio de resistencia, la fatiga puede inducir una hipoglucemia transitoria leve, debido al agotamiento de las reservas de glucógeno hepático y/o muscular, y/o a una insuficiencia en el flujo metabólico glicogenolítico. Después de largas sesiones de entrenamiento de resistencia intenso, la reducción de glucógeno puede volverse crónica si la ingestión de carbohidratos es inadecuada, provocando una acumulación lenta y dilatada. Se ha demostrado que la hipoglucemia por ejercicio podría ser más severa en atletas sobreentrenados y que el aumento de lactacidemia podría disminuir, sugiriendo una pobre participación de la glicólisis en el metabolismo del músculo esquelético. Como consecuencia de este bajo nivel de glicólisis, el metabolismo nucleótido de purina se prolongaría por hidrólisis de ATP y de difosfato de adenosina (ADP), lo que puede producir mayores cantidades de monofosfato de inosina (IMP) y  $\text{NH}_4^+$ . En este proceso se liberan subproductos como la hipoxantina y la xantina oxidasa, los que resultan tóxicos si se encuentran en altas concentraciones dentro de las células musculares. Sin embargo, aunque los atletas sobreentrenados presentan una mayor disminución de glucógeno como reacción a los ejercicios de resistencia de larga duración, el reabastecimiento de estas reservas entre cada sesión de entrenamiento es por lo general óptimo .

De hecho, en lugar de ser responsable por la ocurrencia del sobreentrenamiento en atletas de resistencia, estas reducciones de glucógeno repetidas pueden inducir cambios ligeros en las rutas metabólicas que contribuyen a abastecer la reserva energética del

músculo esquelético. Se plantea que la reducción de glucógeno a largo plazo puede conducir a un aumento de la oxidación de los BCAA, lo cual puede ser el origen del proceso principal de fatiga .

### **5.1.1.3 Hipótesis de los aminoácidos de cadena**

Durante el entrenamiento de resistencia, los BCAA (leucina, isoleucina, valina) pueden ser fácilmente capturados por los músculos esqueléticos (no por el hígado) para el proceso de oxidación por resíntesis de ATP . Conjuntamente con los BCAA, los ácidos grasos libres en plasma (FFA) también pueden oxidarse en grandes cantidades a través de los músculos esqueléticos en la medida en que las reservas de glucógeno se agotan . Los FFA no son solubles en agua, por lo que necesitan que se transporten cadenas de albúminas al torrente sanguíneo. Sin embargo, existe una competencia entre la unión del triptófano y los FFA con las albúminas para efectuar el transporte sanguíneo. Ciertamente, un incremento del transporte de FFA hacia los músculos esqueléticos induce una mayor utilización de la capacidad para el transporte de albúminas. A su vez, esta utilización de albúminas conduce a una liberación en sangre del triptófano libre. Los BCAA y los aminoácidos aromáticos utilizan el mismo portador en la barrera hematoencefálica. De esta forma, una consecuencia del incremento de la concentración de triptófano libre (mientras la de los BCAA disminuye) es facilitar su entrada en el área cortical. El triptófano cerebral se convierte entonces en serotonina, en áreas corticales específicas. La serotonina puede tener varias funciones: (i) inducción del sueño; (ii) excitabilidad moto neuronal e inhibición de reflejos post-sinápticos (particularmente durante el ejercicio); e (iii) inhibición de la liberación de hormonas hipotalámicas por parte de las funciones endocrinas, lo cual puede afectar varias

regulaciones endocrinas en el organismo . Estos fenómenos se han observado en atletas bajo condiciones de sobreentrenamiento, por lo que se propone un descenso del triptófano libre contenido en la concentración de BCAA en sangre (triptófano libre/cantidad de BCAA) como instrumento de diagnóstico para detectar el sobreentrenamiento en los atletas de resistencia .

No obstante, no se ha demostrado que la ingestión de BCAA durante o después del entrenamiento de resistencia es un modo de restablecer la concentración de triptófano libre/BCAA; asimismo, esta ingestión no cambió de forma significativa la pérdida del nivel de rendimiento debido a la fatiga metabólica inducida por la reducción de la reserva de glucógeno .

Por lo tanto, la secreción continua de serotonina que puede surgir durante grandes cargas de entrenamiento no parece ser un inductor de fatiga central capaz de ocasionar el sobreentrenamiento en los atletas de resistencia. Con respecto a otros aspectos metabólicos de este proceso, el vínculo entre la oxidación de los BCAA durante el ejercicio de entrenamiento y la secreción de serotonina es uno de los factores que puede causar un aumento de la susceptibilidad de los atletas al experimentar el síndrome de sobreentrenamiento, conjuntamente con otros inductores de fatiga centrales y/o secundarios.

#### **5.1.1.4 Hipótesis de la glutamina**

La glutamina es uno de los aminoácidos más comunes del organismo humano y es metabolizado por células inmunológicas como los linfocitos y los macrófagos. Su proliferación depende de la glutaminólisis, sugiriendo que una disminución de la

concentración de glutamina en sangre puede ser parcialmente responsable de la deficiencia o afectación de la función inmunológica. Solo una porción de glutamina dentro del organismo penetra en el intestino para ser metabolizada. El músculo esquelético parece ser el productor de glutamina más importante, la cual se libera posteriormente al torrente sanguíneo. De hecho, durante ejercicios de resistencia intensos, la concentración de glutamina en sangre constituye un enlace metabólico entre los músculos esqueléticos activos y las capacidades de reacción del sistema inmunológico. Bajo niveles de estrés catabólico como infecciones, intervenciones quirúrgicas, trauma, quemaduras y acidosis, la homeostasis de glutamina se ubica por debajo del estrés. Las reservas de glutamina pueden reducirse considerablemente, principalmente en los músculos esqueléticos. Para el metabolismo glutámico el ejercicio también puede considerarse una situación catabólica.

Las jornadas intensas de ejercicios de resistencia inducen una respuesta bifásica en la concentración de glutamina en sangre. Primeramente, aumenta con el entrenamiento y luego disminuye notablemente en los períodos de reposo por varias horas antes de recuperar su nivel inicial. Puede decirse que los periodos de descanso insuficientes entre las sesiones de entrenamiento pueden limitar la liberación de glutamina de los músculos esqueléticos y, por tanto, el sistema inmunológico puede estresarse cada vez más. La función intestinal también puede alterarse como resultado de las pobres disposiciones de este aminoácido, favoreciendo mayores riesgos de transposiciones virales y bacteriales dentro del organismo. Se han observado reducciones importantes de glutamina en atletas sobreentrenados que padecen URTI, al igual que una relación significativa entre la frecuencia de URTI y el decrecimiento prolongado de las concentraciones de glutamina. Evidentemente, la persistencia de

esta situación podría contribuir a la ocurrencia del sobreentrenamiento, siendo estas infecciones agentes inmunoestresantes mientras el atleta ha experimentado la fatiga por estrés metabólico. No obstante, los descensos en los niveles de glutamina no se observaron de forma sistemática en los atletas sobreentrenados y las URTI pueden aparecer con la misma frecuencia tanto en atletas bien entrenados como sobreentrenados. Por otra parte, la inmunodepresión se manifestó en atletas sobreentrenados aunque sin reducciones de glutamina y con ausencia de las URTI.

#### **5.1.1.5 Hipótesis de los ácidos grasos poliinsaturados**

Considerando que la inmunodepresión parece ser una afección recurrente en los atletas sobreentrenados, se propone una alternativa metabólica a partir de la inhibición de la proliferación de linfocitos debido a los AGP. Se cree que los AGP pueden causar esta inhibición en un nivel de cronicidad superior al de los ácidos grasos saturados (AGS). El estrés metabólico por ejercicio aumenta la concentración de ácidos en sangre, específicamente durante y después de ejercicios de resistencia exhaustivos por la reducción de las reservas de glucógeno. Los ganglios linfáticos se agrupan por tejido adiposo, así, durante el movimiento de los ácidos grasos de los adipocitos, las células de los ganglios linfáticos pueden estar expuestas a grandes concentraciones de AGP. En dependencia de la cantidad de ácidos grasos contenidos en los triglicéridos adiposos, su fuerte movimiento durante el ejercicio de resistencia conduciría a una inhibición de la proliferación de linfocitos en los ganglios linfáticos, junto a un incremento del flujo de AGP. Una elevada sensibilidad de los adipocitos a las hormonas linfáticas y el cambio de la composición de los triglicéridos en ácidos grasos y luego en AGP también pueden ser factores causantes de la inmunodepresión observada en los atletas sobreentrenados. Sin

embargo, esta condición no se ha evidenciado en dichos atletas, por lo que se debería tener en cuenta la transformación y diferenciación de los ácidos grasos sintetizados para el reabastecimiento de las reservas de triglicéridos entre arduas sesiones de entrenamiento de resistencia.

#### **5.1.1.6 Hipótesis de la leptina**

Leptina, producto del gen-ob, es liberada específicamente por adipocitos y refleja la concentración de grasas en el organismo. Además de sus funciones metabólicas, supuesta señal de saciedad en los humanos, parece afectar los mecanismos de retroalimentación del eje hipotalámico-pituitario-gonadal. La secreción de leptina tiene una regulación compleja en los humanos. Se conoce que la insulina estimula su secreción, mientras información in vitro sugiere que las catecolaminas y los FFA la inhiben. Está demostrado que el ejercicio exhaustivo a corto plazo no tiene un efecto inmediato o postergado sobre la circulación de la concentración de leptina. Por otra parte, varios estudios han revelado que las sesiones de ejercicios de resistencia disminuyen la concentración de leptina en plasma después de 48 horas, conjuntamente con un previo descenso de insulina. Sin embargo, sus efectos a largo plazo sobre las adaptaciones metabólicas al entrenamiento continúan siendo polémicas. De manera general, los niveles de leptina en suero disminuyen en los atletas de resistencia altamente entrenados en comparación con individuos sedentarios. Los niveles de leptina en suero en atletas de élite son análogos a los cambios en el contenido de grasa corporal y no constituyen un indicador independiente del nivel de entrenamiento de resistencia. Al parecer, la leptina en plasma no es sensible a un aumento del volumen de entrenamiento para individuos entrenados. De hecho, el nivel de entrenamiento

inducido por ejercicios de fuerza y/o resistencia no influyeron en la producción de leptina al considerar variaciones en la composición corporal.

La leptina, como el inhibidor B, el colecalciferol (vitamina D3), y posiblemente el activin y el resistin, son considerados indicadores de la sobrecarga de tejido en atletas altamente entrenados. Recientemente se sugirió que las funciones metabólicas de estas hormonas se pueden convertir en poderosos marcadores bioquímicos de la ocurrencia del sobreentrenamiento en los deportes. Se han detectado correlaciones entre las variaciones en estos parámetros del eje neuroendocrino y el rendimiento en atletas fatigados después de tres semanas de entrenamiento excesivo. Los mecanismos subyacentes pueden ayudar a comprender cómo los órganos y tejidos periféricos sobrecargados “informan” al cerebro su fatiga. No obstante, no existen estudios sobre los niveles de leptina en relación con la presencia del sobreentrenamiento. Datos sólidos de estudios recientes sugieren que la leptina en plasma no es sensible a un aumento del volumen de entrenamiento y que esta hormona puede no constituir un indicador de los cambios en la masa grasa con un incremento de la carga de entrenamiento en atletas femeninas. Estos datos sugieren que la leptina puede no ser eficaz para monitorear el estrés relativo al entrenamiento en los atletas. Por otra parte, los investigadores no han encontrado pruebas de alteraciones en los niveles de leptina en pacientes con síndrome de fatiga crónica, el cual se cree tenga relación con el sobreentrenamiento en cuanto a sus efectos biológicos sobre el organismo humano. Por consiguiente, hasta el momento, el control de cambios en los niveles de leptina junto con la duración e intensidad del entrenamiento no parece ser una herramienta eficiente para el diagnóstico o la prevención del sobreentrenamiento. Sin embargo, en conjunto con otras

hormonas estresantes, la leptina puede interferir en los tejidos sobrecargados al inducir una resistencia preventiva al estrés metabólico posterior. Este mecanismo podría ocasionar una regulación decadente del metabolismo de los carbohidratos y lípidos durante el ejercicio, facilitando el sobreentrenamiento

#### **5.1.1.7. Hipótesis del metabolismo proteico**

De manera general, el sobreentrenamiento no está asociado a variaciones importantes del contenido proteico en sangre. A pesar de esto, un ejercicio de resistencia intenso aumenta considerablemente los procesos metabólicos dentro de los músculos esqueléticos, el hígado y el riñón, los cuales pueden estar relacionados con la inflamación de los tejidos. Esta inflamación provoca una respuesta a corto plazo de las proteínas hepáticas – fibrinógeno, haptoglobina, proteína C reactiva (ácido glicoproteico  $\alpha_1$  y antitripsina  $\alpha_1$ )— a través de sus funciones antiproteolíticas. Un entrenamiento de resistencia extenuante puede causar tres niveles de inflamación: (i) inicialmente, esta puede observarse a través de un leve aumento en la concentración de antitripsina  $\alpha_1$ , junto a grandes cargas de entrenamiento pero sin cambios en la concentración de ferritina; (ii) el nivel siguiente muestra una afección severa caracterizada por marcados aumentos en las concentraciones de antitripsina  $\alpha_1$  y ferritina; (iii) la última se manifiesta durante cargas de entrenamiento de resistencia específicamente arduas y pesadas que pueden provocar importantes pérdidas de hierro seguido por descensos a corto plazo en los contenidos de haptoglobina en sangre, y un incremento de las concentraciones de ferritina y antitripsina  $\alpha_1$ . Estos sucesos pueden observarse de 24 a 48 horas después del entrenamiento.

La persistencia de esta situación de inflamación puede dar lugar a una disminución sustancial de las reservas funcionales de hierro en el organismo. Por otra parte, esta reducción puede ocurrir después de una anemia por hemólisis inducida mecánicamente (trauma, shocks repetidos, hematoma) y/o químicamente inducidos por la acción de las ROS. Además del estrés metabólico inducido por el ejercicio, los procesos de peroxidación modifican las funciones de la membrana celular de los eritrocitos, facilitando su deshidratación. Una posible consecuencia de estos procesos es el trastorno de la homeostasis iónica en los eritrocitos, que puede limitar la participación de estos en el micro circulación. Este mecanismo incrementa levemente la hipoxia dentro de los músculos esqueléticos activos, lo que puede aumentar la acción de las ROS sobre la membrana fosfolipídica de los eritrocitos; a su vez, esto puede ocasionar la destrucción de los eritrocitos, y, potencialmente, la anemia por ejercicio . Sin embargo, está demostrado que la destrucción de eritrocitos durante el ejercicio de resistencia no se considera nociva para los atletas. Por el contrario, la anemia leve por ejercicio puede ser una vía interesante para renovar la síntesis de eritrocitos, implicando la liberación sanguínea de eritrocitos jóvenes y virtualmente más eficientes. No obstante, la hematuria sucesiva durante el ejercicio de resistencia puede causar un descenso rápido y significativo en las concentraciones de haptoglobina, hemoglobina, hemopexina y ferritina en sangre . Las reducciones repetidas de estas reservas proteicas a largo plazo conjuntamente con el entrenamiento de resistencia intensivo pueden debilitar las defensas musculares y hepáticas para prevenir los procesos inflamatorios. A la renovación proteica normal mediante el ejercicio se suma la inflamación del músculo esquelético, que también puede asociarse al catabolismo de proteínas contráctiles y a la degeneración miofibrilar. A pesar de esto, la anemia

por ejercicio no está claramente asociada al sobreentrenamiento debido a que los atletas sobreentrenados no presentan importantes reducciones a largo plazo en las concentraciones de haptoglobina, hemoglobina, hemopexina y ferritina. Finalmente, estos procesos no parecen causar el sobreentrenamiento en los atletas, sino que aumentan el estrés metabólico y/o muscular y la inflamación del tejido hepático, el cual puede conducir a la acumulación de fatiga crónica.

### **5.1.2 El control bioquímico de la respuesta al entrenamiento deportivo**

#### **Valoración de sustratos energéticos y de regulación metabólica.**

Debido a que la concentración de los sustratos energéticos, estructurales y reguladores empleados durante el ejercicio físico cambia en función de la intensidad relativa y duración del ejercicio, así como en función de los depósitos iniciales de dichos sustratos, la variación de la concentración de los sustratos metabólicos se podría utilizar para el análisis de la adaptación del organismo al entrenamiento (Manetta J, 2000).

- Glucosa: la variación de las concentraciones de glucosa en sangre es muy pequeña. La glucemia está regulada por la acción de varias hormonas: directas (insulina y glucagón) e indirectas (catecolaminas, cortisol y somatotropina). Se podría decir que depende de muchos factores difíciles de controlar, tales como la dieta y la sensibilidad del hígado. La glucemia es un parámetro de especificidad muy baja, de manera que no puede considerarse como marcador de la asimilación de la carga de entrenamiento. Esto se debe a que sus concentraciones varían según diferentes estímulos en un espacio reducido de tiempo. Sin embargo, algunos investigadores han sugerido que esta puede ser sensible en casos de sobre-entrenamiento.

- Creatina: es un sustrato energético prácticamente exclusivo del tejido muscular. Se encuentra en una concentración del 98% y ello depende de varios factores como: a) dieta (la mayor parte de la creatina que se encuentra en el músculo proviene del tubo digestivo); b) actividad metabólica y endocrina; c) capacidad de formación intrínseca (se forma en el hígado a partir de arginina, glicina y metionina); y d) capacidad de degradación y eliminación (la creatina se degrada en el hígado mediante la reacción de hidratación que conduce a la creatinina). Este producto del metabolismo pasa a la sangre y se elimina en la orina. La relación de la concentración en el plasma y orina es un índice de función renal.
- Aminoácidos (AA): los AA libres son aquellos presentes en el plasma y el músculo que no van unidos a las proteínas. Tienen una estrecha relación con la urea y el catabolismo proteico como sustratos de regulación. Así, resulta interesante valorar la aminoacidemia, en aquellos AA más relevantes para determinar los efectos del entrenamiento o para detectar posibles síndromes de sobre-entrenamiento o fatiga crónica. Algunos autores sugieren que una mayor concentración para determinados AA (tirosina, 3 metil-histidina, AA ramificados o alanina) podrían servir como indicadores de utilización de la proteína como combustible energético (como podría ser también la urea), y otros AA (triptófano o la glutamina) son indicadores de fatiga crónica. Durante el ejercicio de corta/media duración, los AA provenientes del tejido miocárdico y del músculo esquelético aumentan la aminoacidemia en el plasma. Sin embargo, en los ejercicios de larga duración esta concentración de AA plasmáticos disminuye, posiblemente por la utilización de éstos por los órganos o

tejidos que lo requieren. Los AA más representativos en relación a la actividad física son:

- **Tirosina:** su aumento durante el ejercicio se puede utilizar como índice de catabolismo proteico del tejido muscular.
- **Metilhistidina:** no es específico del tejido muscular, pero indirectamente aporta información sobre el grado de catabolismo del músculo. En la concentración total de 3-metilhistidina, tienen influencia factores endógenos (tejido muscular esquelético, cardíaco y músculo liso) y exógenos (digestión de proteínas), haciendo necesario considerar todos estos factores para su interpretación.
- **Aminoácidos de cadena ramificada - AACR (leucina, isoleucina y valina):** los AACR son oxidados con gran rapidez cuando el ejercicio es prolongado e intenso y éstos se utilizan directamente a nivel intramuscular. En las maratones (en ruta o montaña) se estima que la energía proveniente de estos AACR puede llegar a ser de un 15-18%<sup>17</sup>. De los tres aminoácidos, se ha comprobado que la leucina es la que se oxida con mayor rapidez. Es por ello que las dietas hipocalóricas y con niveles bajos de los depósitos musculares de glucógeno, se utilizan los AA libres en plasma como sustrato energético, indicando un catabolismo proteico, puesto que pueden provenir del mismo tejido muscular para obtener: 1) directamente energía, a nivel intramuscular a través de los AACR; o 2) indirectamente, de AA como la alanina (ciclo glucosa-alanina) y los restos hidrocarbonados para esa función energética (piruvato y metabolitos intermediarios del ciclo de Krebs).

### **Valoración de enzimas en el plasma.**

La valoración enzimática resulta de gran interés para el control del entrenamiento,

ya que además de aportarnos información de la utilización de ciertas rutas metabólicas también aportan información sobre la destrucción muscular durante la actividad deportiva y poder determinar así el carácter del esfuerzo.

- Creatinfosfoquinasa (CPK): el valor de CPK es un parámetro cada vez más demandado para el control y valoración de la respuesta a los entrenamientos, al estar relacionado con fenómenos de destrucción muscular, además de ser un posible marcador de sobre-entrenamiento. Hatmann y colaboradores (Hartmann U, 2000) estudiaron en 847 deportistas (hombres y mujeres), con el objetivo de medir un posible estado de sobre-entrenamiento. Para el estudio realizaron 3 grupos: 1) valores bajos (150 U/l y >80 U/l). Observaron una distribución asimétrica con los valores elevados en el rango 100-250 U/l. Encontraron baja variabilidad en el grupo de valores bajos y alta variabilidad en el grupo de valores altos. Además, detectaron valores extremos de 3.000 U/l en los varones y de 1.500 U/l en las mujeres, concluyendo que en estos valores, influía la masa muscular de los deportistas (los deportistas más musculados obtenían valores de CPK más elevados). En este estudio no relacionaron dichos valores con las variables del entrenamiento como la intensidad, duración o fase de competición.

No obstante otros estudios muestran que sí hay relación entre carga de entrenamiento y valores de CPK (Harris PA, 1998). Se considera que los valores superiores a 200-300 U/l pueden significar que la carga de entrenamientos ha sido elevada. En este caso se constataría una permeabilidad celular anormal que conlleva a cambios estructurales y que se debería reducir la carga de entrenamiento en los días posteriores hasta estabilizar los niveles. Normalmente, los valores de CPK

aumentados post-competición (en deportes de equipo), a las 36-48 horas siguientes, deberían bajar a valores inferiores a 200 U/l36. Sin embargo, se observan grandes variaciones según la masa muscular y el carácter del esfuerzo, dando aumentos superiores con los ejercicios excéntricos. Es importante comentar que existen tres isoenzimas de CPK: a) de origen cerebral o 1 (CPK-BB); b) cardíaca o 2 (CPK-MB); y c) músculo esquelética o 3 (CPK-MM). En los valores de CPK, se obtiene un valor absoluto de todas. Si se quiere obtener información más precisa sobre su origen, se tendría que analizar cada isoenzima. Como parece lógico pensar, la isoenzima que más se aumentará con el ejercicio físico es la de tipo 3 (CPK-MM), proveniente del músculo esquelético, pero hay que tener en cuenta que en la actividad física también hay estrés cardíaco elevado, con lo que pueden encontrarse valores altos de la tipo 2 (CK-MB), isoenzima que aumenta enormemente cuando se da un ataque cardíaco. Es por ello que para poder diferenciar entre lesión muscular esquelética y cardíaca durante ejercicio severo, surgen problemas a través de los análisis séricos básicos. Estos parámetros se midieron en un estudio realizado en 11 corredores de maratón, donde se midieron en el pre y post-competición los niveles séricos de la troponina-I miofibrilar cardíaco-específica junto con los niveles totales de CPK total, CPK-MB, mioglobina, tropomiosina miofibrilar y proteína C-reactiva. La CPK total, CPK-MB, tropomiosina y mioglobina tuvieron una elevación significativa sobre los niveles pre-competición en todos los corredores entre 1 y 128 horas post-competición. No obstante, no se elevó la troponina-I cardíaca post-competición, lo cual indica que el daño a nivel del músculo esquelético fue la causa principal de la elevación de los indicadores séricos que CPK total. Esto sugiere que la CPK total puede ser un buen indicador para observar

cambios morfológicos en los deportistas de resistencia, y que sugiere un incremento en el músculo esquelético de la CPK-MM. La actividad de la CPK-MB alcanza el pico máximo a las 24 horas post esfuerzo. Se ha observado que la actividad del CPK-MB inducida por el ejercicio, puede ser superior a un infarto de miocardio. Así, la isoforma CPK-MB es específica de lesión del músculo cardíaco, pero las elevaciones de ésta en rangos indicativos de daño miocárdico, deben ser interpretados con precaución en deportistas de larga distancia.

### **Análisis bioquímico y su interpretación.**

El análisis bioquímico y la valoración del estado nutricional se pueden realizar a un nivel básico con el fin de encontrar posibles estados carenciales y, de manera más específica, para valorar la respuesta del organismo a los entrenamientos que se están realizando.

### **Análisis de sangre.**

Se hace necesario precisar que, a la hora de extraer las muestras sanguíneas, la punción de la piel ha demostrado ser un sistema fiable, un método fácil, una toma de muestras precisa y menos invasiva para la evaluación de ciertos parámetros hematológicos y bioquímicos como la CPK, urea, creatinina, linfocitos y plaquetas, sin necesidad de utilizar métodos más invasivos (Nunes LA, 2006). Por otra parte, parece de gran interés tener en cuenta los parámetros de referencia que se utilizan para la población sedentaria o el colectivo deportivo, ya que estas difieren en su gran mayoría.

### **5.1.3. Visión general del control biológico del entrenamiento**

Desde un punto de vista biológico, el entrenamiento persigue que se produzcan una serie de fenómenos de adaptación que determinen una mejora del rendimiento. Así, cuando se aplica una determinada carga (suma de intensidad, duración y descanso), esta puede ser:

1. Excesiva, cuando se sobrepasa la capacidad de adaptación del organismo y puede conducir al agotamiento.
2. Estimulante, cuando se alcanza la capacidad de adaptación e induce el efecto deseado.
3. De mantenimiento, cuando la capacidad de adaptación no sufre variaciones, pero se encuentra en un buen nivel.
4. De recuperación, cuando es necesario descender el nivel de adaptación del organismo tras una carga estimulante.

### **5.1.4. Validez de análisis clínicos para diagnosticar el sobreentrenamiento**

La principal dificultad en el diagnóstico del sobreentrenamiento es la necesidad de repetir el análisis de sangre antes y después del ejercicio. Además, los marcadores biológicos del sobreentrenamiento pueden variar con respecto a las características del deporte practicado y la naturaleza de las cargas de entrenamiento. Existen varios factores, psicológicos, sociales o culturales, que pueden interferir en los aspectos bioquímicos de este proceso. Por otra parte, hasta el momento, solo pocos estudios se han referido al fenómeno de cambios en el volumen de plasma inducidos por el ejercicio. Como se analizó recientemente, la exposición al entrenamiento sin calentamiento, el estrés psicológico, la nutrición, la hidratación y la duración e

intensidad del ejercicio pueden cambiar notablemente la hemoconcentración inducida por el ejercicio. Así, de manera general, continúa siendo imposible comparar los resultados obtenidos de diferentes estudios acerca del sobreentrenamiento. Este aspecto metodológico será de gran importancia en el futuro debido a que los parámetros bioquímicos del sobreentrenamiento parecen intensificarse más con el ejercicio que con el resto de los análisis. Por consiguiente, el diagnóstico del sobreentrenamiento continúa siendo lo más novedoso en este campo, posible en algunos casos e impredecible en otros. Hasta la fecha, se puede proponer una lista de marcadores potenciales para identificar el sobreentrenamiento en deportes. Sin embargo, aún no se puede proponer un marcador bioquímico que identifique este fenómeno, que evalúe el límite entre la fatiga reversible de entrenamiento y el sobreentrenamiento.

<b>PARÁMETRO CENTRAL</b>	<b>ÓRGANO IMPLICADO</b>	<b>VARIACIÓN DE PLASMA</b>	<b>VARIACIÓN DE PLASMA</b>
<b>Especies reactivas al oxígeno</b>	Músculo	CPK ↑; mioglobina↑; sTi↑; 3-MTH↑; ácido ascórbico (Vit C) ↓; tocoferol (vit E)↓	CPK ↑; mioglobina ↑; sTi↑; 3-MTH↑; MDA↑; retinol ↓; ácido ascórbico↓; tocoferol↓

<b>Carbohidratos</b>	Hígado, músculo	GLN↓; urea↑	GLC ↓; lactato ↑; GLN ↓; urea ↑
<b>BCAA</b>	Cuerpo	Serotonina ↑	BCAA↓; fTrp ↑; fTrp/BCAA↑; serotonina ↑; GLN ↑; IgA ↑
<b>Glutamina</b>	Músculo, intestinos	GLN ↓; IgA ↑; IgG ↑	GLN ↑; IgA ↑; IgG ↑
<b>AGP</b>	Ganglios linfáticos		AGP ↑
<b>Leptina</b>	Adipositos	Leptina↓; inhibidorB↓; colecalciferol (vit D3) ↓	Leptina↓; inhibidorB↓; colecalciferol (vit D3) ↓
<b>Proteínas</b>	Músculo, hígado, riñón	haptoglobina↓;hemoglobina↑;hemopexina↓; ferritina↑;α <sub>1</sub> - antitripsina↑;α <sub>1</sub> - ácido glicoproteico↑;macroglobulina↑;T/C ↓	haptoglobina↓;hemoglobina↑; hemopexina↓;ferritina↑; α <sub>1</sub> - antitripsina↑;α <sub>1</sub> - ácido

			glicoproteico ↑; macroglobulina ↑; T/C ↓
--	--	--	--

**Tabla 3:** Resumen de los parámetros del plasma bioquímico potencialmente implicado en la ocurrencia del sobreentrenamiento en los deportes.

## 5.2 Creatina y creatinina

La creatina es un sustrato metabólico que se encuentra en un 98 % en el tejido muscular y su concentración depende de los siguientes factores:

1. Dieta. La mayor parte de la creatina que se encuentra en el músculo proviene del tubo digestivo.
2. Actividad metabólica y endocrina.
3. Capacidad de formación intrínseca: La creatina la forma el hígado a partir de arginina, glicerina y metionina.
4. Capacidad de degradación y eliminación.

La creatina se degrada en el hígado mediante una reacción de hidratación que conduce a creatinina. Este producto del metabolismo pasa a sangre y es eliminada por la orina. La relación de concentraciones en plasma y orina es un índice de función renal. Los factores señalados indican la dificultad de utilizar la determinación de creatina o su metabolito para conocer la intensidad de la carga de entrenamiento.

**Valores de referencia:** 1-2 mg/dl (70-50  $\mu$ mol/l)  
0,5 – 1,3 mg/dl (varones) y 0,4-1,1 mg/dl (mujeres)

**Variaciones fisiológicas.** La elevación de la concentración de creatina puede ser causada por hipovolemia consecutiva a la deshidratación (sudoración profusa).

**Figura 1:** creatina en plasma

La determinación de la actividad enzimática requiere la extracción de tejido muscular, mediante la realización de biopsias musculares. Como se ha indicado anteriormente, este método de análisis no es de rutina. Una alternativa es analizar algunas enzimas en plasma, aunque más que para controlar el entrenamiento sirven precisamente para lo opuesto, es decir; valorar el estado de fatiga crónica. La **figura 1** indica los valores enzimáticos en plasma más representativos desde el punto de vista fisiológico. Dada su relevancia, la CK (ó CPK) (Hartmann & Mester, 2000), es la que se comentará con mayor detalle.

Hartman y Mester (Hartmann U, 2000) estudiaron la distribución de los valores de CPK en 2790 muestras de sangre, correspondientes a 847 deportistas (varones, N = 497 y mujeres, N = 350). Además, estos autores realizaron un análisis más minucioso en aquellos deportistas que tenían un gran número de medidas (varones  $n > 55$  medidas y mujeres  $n > 45$ ), dividiendo arbitrariamente los atletas en tres grupos: Valores bajos (varones  $< 65$  U/l y mujeres  $< 45$  U/l), medios (varones 95-110 U/l y mujeres 70-80 U/l) y altos (varones  $> 150$  U/l y mujeres  $> 80$  U/l).

**Las conclusiones de su estudio se muestran a continuación.**

1. Distribución asimétrica con valores elevados en el rango 100-250 U/l.
2. Valores extremos de 3000 U/l en los varones y 1150 U/l en las mujeres.
3. Baja variabilidad en el grupo bajo y alta variabilidad en el grupo alto.

1) Fosfatasa ácida en el suero

**Valores de referencia** 0,5-5 U King-Armstrong  
< 1,5 U Bodansky  
11 mU/ml (total) y 4 mU/ml (prostática) U internacionales

**Variaciones fisiológicas:** posible aumento por hemólisis (origen hepático y bazo)

2. Fosfatasa alcalina en el suero

**Valores de referencia** 4-13 U King-Armstrong  
1,5-5 U Bodansky  
30-110 mU/ml U internacionales

**Variaciones fisiológicas:** no relevantes (elevaciones indicativas de patología)

3. Aminotransferasas (Transaminasas): glutámico-oxalético-transaminasa (GOT) ó aspartato-amino-transferasa (AST) y glutámico-pirúvico-transaminasa (GPT) ó alanin-amino-transferasa (ALT)

**Valores de referencia** Transaminasas 8 a 40 U Cohen o Wroblewski  
GOT hasta 18 U/l varón y 15 U/l en la mujer U internacionales  
GPT hasta 12 U/l varón y 17 U/l en la mujer U internacionales

**Variaciones fisiológicas:** lesiones musculares

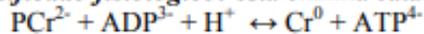
4. Creatin-(fosfo)-quinasa (CPK o CK)

**Valores de referencia** hasta 1 mU/ml U internacionales y la activada hasta 50 mU/ml

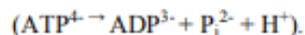
**Variaciones fisiológicas:** estrés muscular. Tres isoenzimas de la CPK:

Cerebral ó 1 (BB)  
Muscular intermedia ó 2, cardíaca (MB)  
Muscular lenta ó 3, esquelética (MM)

**Significado fisiológico:** esta enzima cataliza la siguiente reacción metabólica



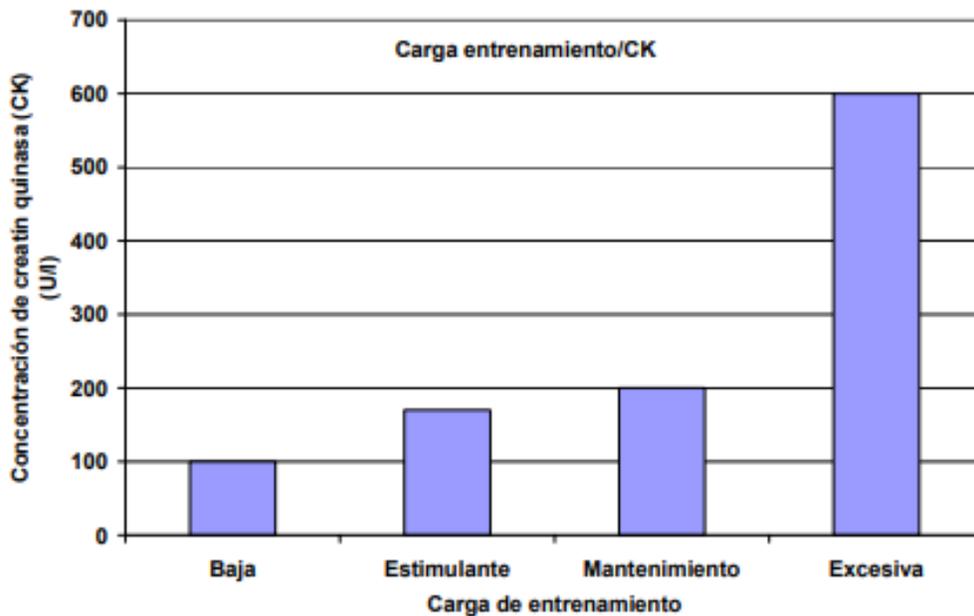
Esta reacción se acopla a la reacción de hidrólisis del ATP, catalizada por la ATPasa



Por tanto, esta enzima aumentará cuando la intensidad del ejercicio sea muy alta, de lugar a destrucción muscular y liberación a plasma.

**Figura 2: Enzimas en suero**

Como el objetivo del estudio de Hartman y Mester fue analizar la urea y la CPK como marcadores de sobreentrenamiento, no relacionaron las variables de entrenamiento (intensidad, duración y momento de la planificación) con sus concentraciones. Otros estudios han abordado la relación carga de entrenamiento/CPK. En todos se concluye que la valoración de esta enzima puede ser un parámetro adecuado para determinar la carga de entrenamiento (Hartmann U, 2000)



*Figura 3: Evolución de la concentración de CK en suero en relación a la carga de entrenamiento.*

En resumen, la CK o CPK es un buen indicador a tener en cuenta en la planificación del entrenamiento (Harris, Marlín, & Gray, 1998). De hecho, es un parámetro cada vez más demandado por los entrenadores hasta el punto de que existen aparatos de muy fácil utilización. Se considera que valores superiores a 200 U/l pueden significar que la carga ha sido excesiva, de manera que parece aconsejable se realice un entrenamiento de recuperación.

Se ha intentado demostrar la importancia que puede tener el control de determinados parámetros biológicos en la planificación del entrenamiento. Naturalmente, no existe un único parámetro que nos da la información precisa. La adaptación del organismo al entrenamiento es enormemente compleja como para poderla reducir a un determinado parámetro. Si al componente biológico añadimos otros condicionantes del rendimiento (técnico-tácticos, psicológicos, etc.), se comprenderá lo señalado.

De todos los parámetros que se conocen en la actualidad, los que mayor información pueden aportar al entrenador son:

- El ácido láctico
- La urea
- El amonio
- La creatinfosfoquinasa
- Determinados aminoácidos (glutamina y aminoácidos ramificados)

La determinación de estos parámetros exige unas condiciones de laboratorio o de equipos transportables que no siempre se tienen. Por tanto, en ocasiones, es necesario reducir el número de parámetros a determinar. A modo de resumen, en la *figura 3* se indican los parámetros que, desde un punto de vista práctico, consideramos pueden ayudar al control del entrenamiento, dando información relevante al entrenador que le sirva de retroalimentación en su planificación.

Parámetro biológico	Significado fisiológico	Aplicación al control del entrenamiento
Ácido láctico	Activación de la glucólisis en el tejido muscular.	Valoración del umbral anaeróbico. Capacidad para el trabajo anaeróbico.
Amoniaco	Actividad de las fibras glucolíticas. Fuente para oxidación de aminoácidos ramificados.	Índice de actividad metabólica anaeróbica.
Urea	Actividad hepática en el catabolismo de los aminoácidos.	Intensidad de la carga del entrenamiento. Criterio de recuperación tras una carga elevada.
Creatín quinasa	Actividad metabólica.	Intensidad de la carga total de la sesión de entrenamiento.
Tirosina	Actividad del metabolismo de los aminoácidos. Índice de degradación de las proteínas.	Intensidad de la carga total de la sesión de entrenamiento.
3,metil histidina	Actividad del metabolismo de las proteínas musculares.	Valoración indirecta del grado de afectación muscular. Intensidad de la carga total de la sesión de entrenamiento.
Alanina	Relación entre el metabolismo de los aminoácidos y carbohidratos.	Intensidad de la carga total de la sesión de entrenamiento.
Leucina	Índice de la actividad del metabolismo de los aminoácidos ramificados.	Intensidad de la carga total de la sesión de entrenamiento.
Triptófano	Relacionado con el mecanismo de la fatiga.	Asimilación de la carga de varias sesiones de entrenamiento.
Glutamina	Relacionado con el mecanismo de la fatiga.	Asimilación de la carga de varias sesiones de entrenamiento.

**Tabla 4:** Resumen de los parámetros obtenidos en un análisis de sangre que pueden ayudar al control del entrenamiento.

### 5.3 Cpk: ¿qué es?

Vamos a crear unas bases teóricas para poder entender los puntos siguientes tomando información de investigaciones y publicaciones realizadas en relación al tema a tratar por diferentes especialistas en fisiología del ejercicio, salud y preparación física. Para empezar Váscone (2014) en su tesis nos explica que la CPK es *“una enzima necesaria para el metabolismo anaeróbico de la fosfocreatina (CPr), que es la forma más rápida de obtención de energía y que se libera en sangre cuando hay una importante ruptura muscular, junto a la mioglobina”* (p 16).

Por otro lado desde la visión científica de D'ottavio, Parodi, Montero, Egri, Carlson y Greca (2008) explican que la CPK *“es una enzima citoplasmática que cataliza la transferencia de un fosfato de alta energía desde el fosfato de creatina, principal depósito de almacenamiento energético en el músculo en reposo, a la adenosina difosfato”* (p 156).

Los siguientes autores expresan que la CPK es un parámetro fisiológico del entrenamiento que ayuda al preparador físico o al entrenador deportivo a confeccionar las cargas en las sesiones de entrenamiento para una mejor consecución de objetivos (Calderón F. J., Benito, P. J., Meléndez, A., & González, M., 2006) D'ottavio et al. (2008) explican que la CPK en el argot de las ciencias del ejercicio físico y en las ciencias de la salud es conocida bajo el nombre de la Creatina Fosfoquinasa

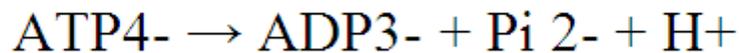
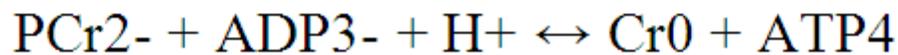
A modo de resumen es una enzima conocida popularmente como Creatina Fosfoquinasa que resulta imprescindible en el metabolismo anaeróbico (en ausencia de Oxígeno) la cual permite la obtención de energía de forma rápida y eficaz por medio de una serie de procesos fisiológicos que suceden en el organismo humano durante un esfuerzo físico anaeróbico, también podemos entender que es un parámetro de tipo fisiológico y metabólico que ayuda al preparador físico o al entrenador en la confección de sesiones de entrenamiento modulando las cargas del entrenamiento para una perfecta consecución de objetivos.

### **5.3.1 ¿Por qué se produce la cpk en la práctica deportiva?**

Una vez que hemos visto y entendido el concepto de la CPK ahora vamos a explicar cómo se produce, para entender por qué se origina esta sustancia durante la práctica deportiva.

Calderón et al. (2006) explican que la Creatina Fosfoquinasa presenta este proceso metabólico en la bioenergía humana en el ejercicio físico o reacción metabólica durante esfuerzos:  $\text{PCr}^{2-} + \text{ADP}^{3-} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{Cr}^0 + \text{ATP}^4$ , a esta reacción vista anteriormente se acopla a la reacción de hidrólisis del ATP o Adenosin Trifosfato catalizada por la enzima ATPasa ( $\text{ATP}^4 \rightarrow \text{ADP}^{3-} + \text{Pi}^{2-} + \text{H}^+$ ) Por tanto, esta enzima aumentará cuando la intensidad del ejercicio sea muy alta, de lugar a destrucción muscular y liberación a plasma sanguíneo.

## CPK



*Figura 4: Proceso metabólico del CPK según Calderón et al. (2006)*

### 5.3.2 Valores fisiológicos de cpk

En este punto vamos a conocer cuáles son los valores fisiológicos normales de la CPK en el organismo, antes de conocerlos es conveniente detenernos a conocer qué es el concepto de valores fisiológicos, Calderón et al. (2006) entienden que los valores fisiológicos son: *“datos cuantificables o medibles vía análisis en relación a variables de tipo fisiológico como por ejemplo niveles de glucosa en sangre, niveles de colesterol entre otros. En definitiva es información cuantificada sobre unos parámetros fisiológicos en el cuerpo humano”*.

Torres, Coca, Domínguez y Chamizo (2016) expresan que para conocer los valores de la Creatina Fosfoquinasa en el organismo es preciso la realización de una analítica en sangre en estado de ayunas, es decir, realizar una analítica sanguínea a primera hora de la mañana, previamente estando entre 8 y 12 horas sin haber ingerido ningún tipo de alimento antes de dicho examen sanguíneo. Según la información que nos proporciona la investigación, los valores normales fisiológicos o normo valor fisiológico de la CPK según sus investigaciones están entre 24-190 U/l o 24-210 U/l según diferentes perspectivas científicas investigadas por estos científicos (Torres, 2016)

### **5.3.3 Efectos secundarios de la cpk elevada**

A continuación vamos a conocer profundamente qué efectos secundarios conlleva el tener unos niveles de CPK altos en el organismo según diferentes investigaciones realizadas de diferentes profesionales en la investigación del ejercicio físico, la salud y la medicina deportiva.

Vásconez (2014) explica que: *“tener unos valores de CPK que excedan del normo valor fisiológico conllevan a padecer la enfermedad o trastorno metabólico conocido famosamente como la Rabdomiólisis”*, que según Pérez, Roiz y Diazaraque (2001) se produce por sobreentrenamiento, Suay, Ricarte y Salvador (2007) definen el sobreentrenamiento como *“el estímulo y el estado de fatiga crónica que resulta cuando el sujeto no consigue adaptarse a altas cargas de entrenamiento”* (p 8), según Suay et al. (2007) explican que el sobreentrenamiento es también conocido bajo el Síndrome de Sobreentrenamiento o SSE o trastorno producido por entrenar en exceso y no dando el tiempo adecuado de recuperación entre esfuerzo y esfuerzo conllevando a una mitigación en el rendimiento deportivo, salud y bienestar del que entrena, es decir, el sujeto enferma.

Ahora adentrándonos en conocer los efectos secundarios de la CPK elevada, Vásconez (2014) nos cuenta desde su punto de vista científico que son los siguientes:

- Insuficiencia renal, afectando en la salud nefrológica.
- Daños cardiacos, como: insuficiencia cardiaca, arritmias y síndrome compartimental requiriendo esta cirugía.
- Necrosis muscular o muerte de la estructura muscular.

De acuerdo a la publicación de D'ottavio et al. (2008) podemos destacar que los posibles efectos secundarios de Rabdomiólisis o exceso de los niveles de la CPK son:

- Mialgia y debilidad muscular que puede derivar en necrosis muscular en determinados casos.
- Origina mioglobinuria.
- Insuficiencias renales, pudiendo ser estas en casos graves tratadas con diálisis hemodinámica.
- Problemas de tipo cardiovascular y cerebro vascular, pudiendo llegar a la muerte súbita.

Tomando la visión de los siguientes profesionales en la investigación científica acerca de la Rabdomiólisis, podemos constatar que los efectos secundarios que esta presenta en el organismo son (Pérez, M., Roiz, J. C., & Diazaraque, R., 2001):

- Debilidad muscular severa y mialgias poniendo en riesgo vital la vida de la persona.
- Fallos renales o problemas en las funciones renales.
- Fallos cardiacos y problemas de salud en las funciones cardiacas.
- Agotamiento en las actividades diarias, es decir, cansancio extremo de tipo crónico.

Estando de acuerdo científicamente con Garamendi (2005) los efectos secundarios que presenta son:

- Calambres musculares.
- Debilidad en la función muscular.
- Destrucción muscular vía necrosis muscular.
- Problemas circulatorios, cardiacos y renales.

Realizando una lectura científica y una extracción de datos de forma científica a la publicación de los siguientes especialistas en salud y deporte destacamos estos efectos secundarios (Urdampilleta, A., Martínez, J. M., & López, R., 2013):

- Aparición del fenómeno de destrucción muscular.
- Problemas en el descanso, la recuperación durante las horas de sueño no se realiza correctamente.
- Cardiopatías y renopatias o nefropatías, en otras palabras más sencillas, enfermedades cardiacas y enfermedades renales.
- Fatiga crónica, cansancio permanente en las labores diarias como hacer la casa, ir a hacer la compra o dar un simple paseo por la calle entre otros ejemplos.

	<b>CPK alta</b>	<b>CPK baja</b>
<b>CPK BB</b>	Infarto, ACV, tumor cerebral, convulsiones, insuficiencia pulmonar.	--

<b>CPK</b>	Inflamación cardíaca, lesión en el pecho, choque eléctrico, en caso de desfibrilación cardíaca y cirugía al corazón.	--
<b>CPK</b>	Lesión por una contusión, actividad física intensa, inmovilización prolongada, uso de drogas ilícitas, inflamación en el cuerpo, distrofia muscular, después de una electromiografía.	Pérdida de masa muscular, caquexia y desnutrición
<b>CPK</b> <b>TOTAL</b>	Ingestión exagerada de bebidas alcohólicas, por el uso de medicamentos como anfotericina B, clofibrato, etanol, carbenoxolona, halotano y intoxicación con barbitúricos.	

**Tabla 5.** Niveles de CPK: Tomado de <https://www.tuasaude.com/es/creatinfosfoquinasa/>

Esta enzima se subdivide en tres tipos según su ubicación:

- CPK 1 o BB: Puede ser encontrada en los pulmones y en el cerebro, principalmente;
- CPK2 o MB: Se encuentra en el músculo cardíaco y por eso puede ser utilizado como un indicador de infarto, por ejemplo;
- CPK3 o MM: Está presente en el tejido muscular y representa el 95% de todas las creatinfosfoquinasa (BB y MB).

## 5.4 Carga de entrenamiento

La carga se define como la “medida cuantitativa y cualitativa del estímulo desarrollado durante el entrenamiento que determina las adaptaciones por su “conjunto” y no por su aplicación aislada”. (Rafael Burgueño D. L., 2012).

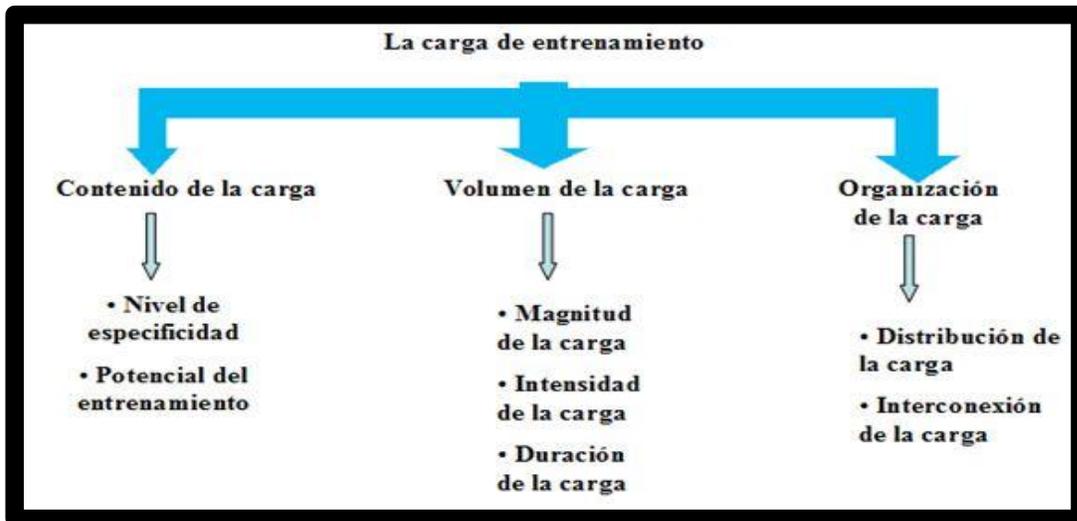
Según Verjoshanski (1990) la carga es “El trabajo muscular que implica en sí mismo el potencial de entrenamiento derivado del estado del deportista, que produce un efecto de entrenamiento que lleva a un proceso de adaptación”.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se puede decir que la carga de entrenamiento son los ejercicios los cuales con la práctica van generando adaptaciones en el cuerpo, pero para que este los asimile, va directamente relacionado con el tiempo de descanso que tenga el individuo. Es claro que con el tiempo deben ir variando los estímulos y ejercicios para que vayan creciendo y aumentando las adaptaciones, pues si en un inicio fue un estímulo muy bueno, con el tiempo, puede llegar a ser un estímulo negativo. (Rafael Burgueño D. L., 2012)

La carga debe medirse desde dos dimensiones. Por un lado, la cantidad de actividades planteadas en los entrenamientos, esto lo llamaremos carga propuesta, y por el otro la exigencia que tiene para el organismo las actividades planteadas, que lo denominamos carga real. (Rafael Burgueño D. L., 2012). Así pues, cuando realizamos una planificación tendremos que plantearnos el objetivo de que la exigencia esté bien representada por las actividades.

Según Verjoshanski, para elegir una óptima carga de trabajo habría que tener en cuenta una serie de puntos:

- El contenido de la carga.
- El volumen de la carga.
- La organización de la carga.



*Figura 5. Esquema de la carga de entrenamiento, recogido del libro: García Manso y cols., Juan Manuel; Navarro Valdivieso, Manuel; Ruiz Caballero, José Antonio, (1996)*

## 5.4.1 Componentes de la carga

### 5.4.1.1 Magnitud de la carga

Magnitud está determinada por las modificaciones causadas en el organismo, lo que significa: provocar en el organismo adaptaciones biológico – funcionales y psíquicas, mediante un sistema de ejercicios y métodos, a través de los diferentes componentes de la carga (Tschiene, 1987).



*Figura 6. Componentes de la magnitud de la carga*

#### 5.4.1.2 Volumen

Es la medida cuantitativa global de la carga de entrenamiento de diferente orientación funcional que se desarrollan en una sesión, microciclo, mesociclo o macrociclo (García Manso, 1996).

El volumen es un parámetro que fluctúa en función de tres variables:

- **Etapa de entrenamiento.** los deportistas más entrenados y con más años de entrenamiento realizan mayor volumen de entrenamiento que los debutantes y/o jóvenes (Wilke y Madsen, 1983).
- **Momento de la temporada.** el mayor volumen de trabajo se suele realizar durante el período preparatorio (Mateviev, 1993)
- **Características del deporte.** los practicantes de pruebas de resistencia realizan un mayor volumen de trabajo que los de velocidad (Maglischo, 1986).

Según Bompa (1983), el volumen puede ser medido:

- Espacio o distancia recorrida (metros o kilómetros): pruebas de resistencia.

- Peso de las cargas en toneladas o kilogramos, número de repeticiones: pruebas de fuerza.
- Tiempos totales y efectivos de trabajo: para ejercicios gimnásticos, deportes colectivos y de combate.
- Número de ejercicios, elementos, intentos y número de sesiones en un ciclo determinado

Tipo	Descripción	Ejemplo
Volumen Relativo	Duración total del trabajo o tiempo dedicado al entrenamiento por un deportista o equipo durante una sesión.	Sesión de entrenamiento es de 18.00 a 19.00; volumen relativo = 60 minutos.
Volumen Absoluto	Cantidad real de trabajo realizada por cada deportista individualmente.	Si el deportista realiza 4 veces 10 minutos de carrera continua con 5 de descanso dentro de 60 minutos; volumen absoluto: $4 \times 10 = 40$ minutos.

**Tabla 6.** Clasificación del tipo de volumen según Bompa (1983)

### 5.4.1.3 Intensidad

La intensidad se entiende como el aspecto cualitativo de la carga ejecutada en un período determinado de tiempo (García Manso, 1996). De este modo, a más trabajo realizado por unidad de tiempo, mayor será la intensidad.

$$\text{INTENSIDAD} = \text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo (W)}}{\text{Tiempo (t)}}$$

De acuerdo con (Navarro Valdivieso, Modelo de planificación según el deporte y el deportista., 2003), la intensidad de la carga de entrenamiento es el criterio que controla la potencia y la especificidad del estímulo sobre el organismo, o la medida del esfuerzo que comporta el trabajo desarrollado durante el entrenamiento.

La intensidad y el volumen tienen una relación indirectamente proporcional, quiere decir que:

- A mayor volumen, menor intensidad.
- A menor volumen, mayor intensidad.

Tipo	Descripción	Ejemplo
Intensidad Absoluta	Es la prestación en sí misma, sin referencia a la máxima maca personal. El valor cuantitativo del parámetro que mide el resultado.	Saltar 1,90 metros.
Intensidad Relativa	Es la intensidad referida al máximo del atleta, representando un porcentaje del máximo en un momento concreto.	Saltar 1,90m sobre 2m = 95%.
Intensidad Media	Refleja la demanda media a la que es expuesto el deportista en una sesión o ciclo de trabajo.  Fórmula: $\frac{\text{Suma (intensidad relativa \cdot volumen parcial)}}{\text{Suma (volúmenes parciales)}}$	

**Tabla 7.** Diferencia de intensidades según Bompa (1983) y Belloti (1987).

Entre sesiones de diferentes intensidades, como todo, debe tener un tiempo de recuperación para que el organismo esté en las condiciones óptimas para volver a tener la misma intensidad.

Intensidad de la sesión	Tiempo de recuperación
Regenerativa	Menos de 12 horas.
Baja	12 – 24 horas.
Media	24 – 48 horas.
Alta	48 – 72 horas.
Máxima	Más de 72 horas.

*Tabla 8. Relación intensidad y el tiempo de recuperación*

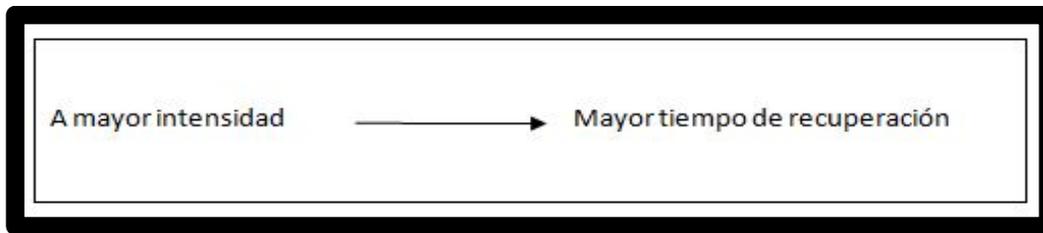
#### 5.4.1.4 Densidad

La densidad es la relación entre el esfuerzo y el descanso en una unidad temporal entre aquellas en que se organiza el entrenamiento.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Tiempo de trabajo}}{\text{Tiempo de descanso}}$$

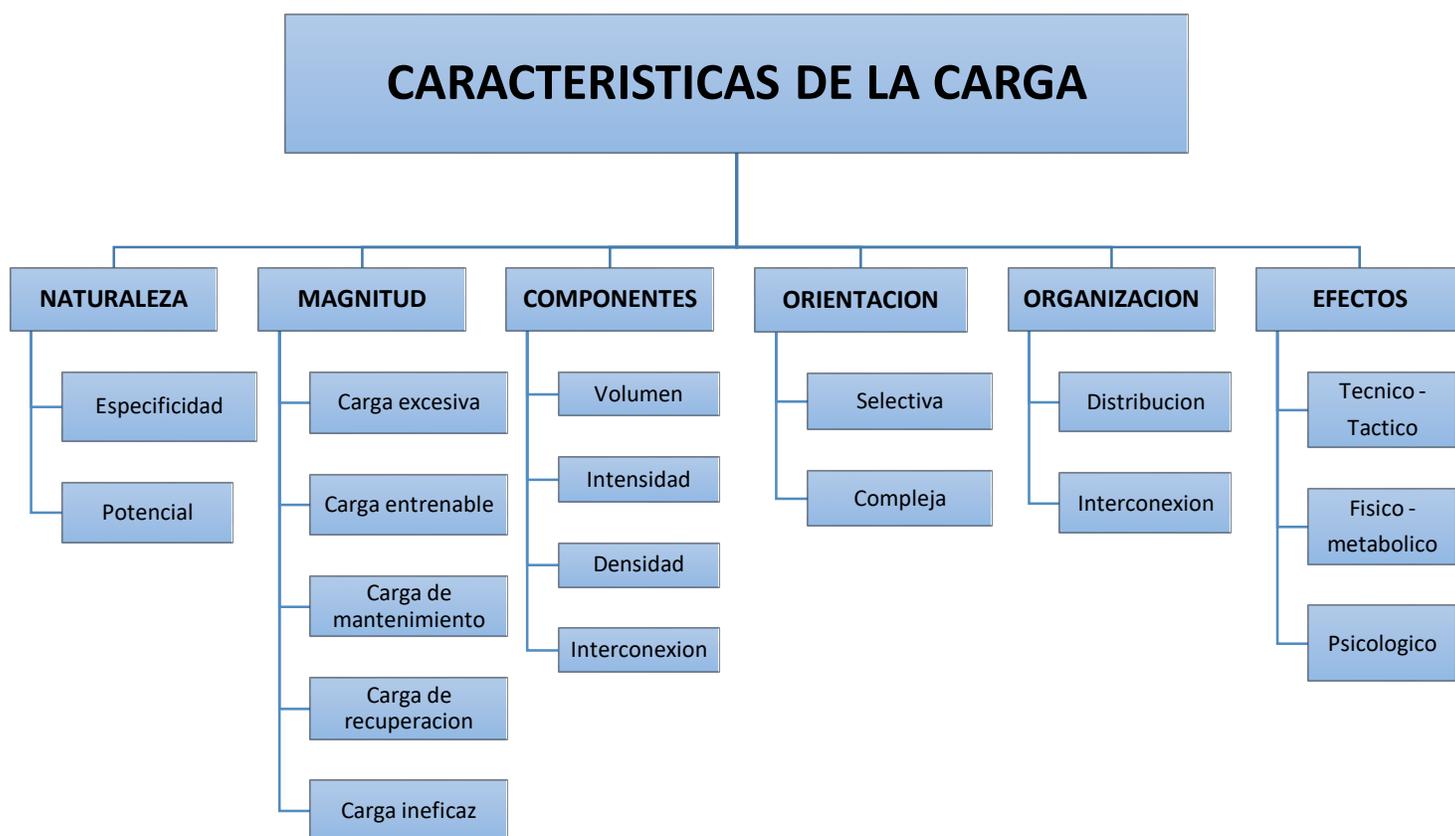
Una adecuada densidad asegura la eficacia de la carga y previene la adquisición de estados de fatiga críticos en el deportista.

Así, se establece una relación inversamente proporcional entre la duración del intervalo de descanso aplicado entre dos estímulos, de tal modo que: a intensidades más elevadas, corresponden pausas de mayor duración. (Rafael Burgueño D. L., 2012). No obstante, el aumento de la capacidad de rendimiento del deportista puede conducir a la disminución del tiempo de recuperación.



Tipo	Descripción	Fórmula
Densidad relativa	En la sesión se refiere a la relación entre el trabajo realizado individualmente (volumen absoluto) y el volumen total de trabajo o duración de la sesión (volumen relativo).	$\frac{\text{Volumen absoluto} \cdot 100}{\text{Volumen relativo}}$
Densidad absoluta	Se refiere entre el trabajo realizado de forma efectiva con respecto al volumen absoluto de la sesión.	$\frac{(\text{Volumen absoluto} - \text{Pausas}) \cdot 100}{\text{Volumen absoluto}}$

**Tabla 9.** Fórmulas de la densidad del en entrenamiento: Manno (Citado por Lagardera Otero, 1999)



*Figura 7: Características de la carga*

## 5.5 Fatiga

Por fatiga se entiende la serie de procesos psicofisiológicos que generan una disminución en la capacidad del organismo para mantener o producir la contracción muscular al nivel que lo demanda la intensidad del ejercicio que se esté realizando, es decir, es la incapacidad de continuar realizando el ejercicio principalmente por el agotamiento de fuentes energéticas implicadas según el tipo de ejercicio (Taylor, 2016). Otros autores se refieren a la fatiga como una disminución o fallo en los procesos de generación de fuerza o potencia (Millet, 2004) o el producto de una serie de factores que aumentan la percepción o sensación de cansancio (Kayser, 2003) Sin embargo, es importante señalar que esto es un

fenómeno de origen homeostático propio y natural del proceso de entrenamiento deportivo, de manera que la adecuada administración de la fatiga y los periodos para su respectiva recuperación (súper compensación) es lo que permite el aumento de las capacidades físicas y la mejora del rendimiento deportivo (Terrados, 2010). Estos autores, indican que las manifestaciones de la fatiga están en estrecha relación con aspectos como: el nivel de entrenamiento del deportista, las características del ejercicio que se esté realizando (intensidad, volumen y duración), así como la naturaleza del ejercicio sea este continuo o intermitente y de la vía energética que se esté utilizando. Con base en lo anterior Terrados y Calleja-González (2010), señalan que conocer los mecanismos productores de la fatiga es fundamental para así establecer los procesos de entrenamiento de una manera bien planificada, pero también esto permite generar y desarrollar los procesos o estrategias de recuperación más pertinentes en función del tipo y mecanismo causante de fatiga.

### **5.5.1 Tipos de fatiga**

- **Fatiga del Sistema Nervioso Central:** se produce en estructuras como neuronas aferentes y médula espinal, debido a procesos inhibitorios en la aferencia o alteraciones en las neuronas motoras (Taylor, 2016). Al respecto se indica que la fatiga del SNC es la responsable de la alteración en neurotransmisores (relación serotonina - dopamina), los cuales están asociados con la reducción en el reclutamiento de moto neuronas y la sensación de cansancio. A consecuencia de la fatiga del SNC se genera la disminución tanto de la frecuencia como de la intensidad con que el impulso nervioso llega al músculo, limitando así la capacidad de producir fuerza mediante la activación voluntaria.

- **Fatiga del Sistema Nervioso Periférico:** La fatiga periférica es la que se presenta principalmente a nivel del sistema muscular, se caracteriza por el cese o la incapacidad de generar la contracción muscular con la frecuencia e intensidad necesaria para satisfacer las demandas propias de la actividad o ejercicio que se esté ejecutando (Terrados, 2010). Esta puede ocurrir por alteraciones de la conexión neuromuscular, fallas en la transmisión nerviosa, depleción de neurotransmisores, dificultades en los receptores en la placa motora, alteraciones en la excitación del sarcolema y túbulos T, disminución de iones de calcio liberado por el retículo sarcoplasmático, interferencias con la captación del calcio por la troponina, sin dejar de lado la depleción de las fuentes energéticas y la acumulación de metabolitos de desecho, como por ejemplo iones de hidrógeno ( $H^+$ ), que generan un aumento en la acidez muscular (Plowman, 2014)).

### 5.5.2 Principales causas de la fatiga

Dentro de las principales causas de la fatiga se encuentran: depleción de substratos energéticos, alteraciones hidroelectrolíticas, modificaciones en los aminoácidos ramificados, acumulación de radicales libres, afecciones en el sistema inmune, acumulación de metabolitos de desecho, el incremento de la temperatura central (hipertermia) y daño muscular inducido por ejercicio,

- **Acumulación de metabolitos de desecho:** Se produce mayormente cuando se somete al organismo a realizar ejercicios de corta duración y alta intensidad, demandando así la vía energética de la glucólisis anaeróbica, en este caso estamos ante la presencia de la acumulación de metabolitos tales como el lactato y de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) dentro del músculo. Esto ocurre cuando el ácido láctico no es

eliminado, por lo que este se disocia convirtiéndose en lactato y produciendo acumulación de iones de hidrógeno ( $H^+$ ), esto ocasiona un aumento en la acidez muscular conocida como acidosis. Siendo esta acidez la responsable de la disminución en la producción de energía y por ende del agotamiento muscular. Para que esto no ocurra el cuerpo humano cuenta con mecanismos propios encargados de la neutralización de esta acidez, entre estos mecanismos está el bicarbonato ( $HCO_3$ ), el cual impide que el pH alcance condiciones tales que las células puedan morir. En este punto es importante señalar que el pH muscular en reposo es de 7.1, y que con tan solo bajar a niveles de 6.9 se inhibe la acción de la fosfofructuosa, enzima que regula la producción de energía por la vía glucolítica. A esto debe sumarse que los  $H^+$  interfieren con la captación de calcio dentro de las fibras musculares lo que limita la unión de los puentes cruzados de actina y miosina, generando una menor intensidad en la contracción y por ende disminuyendo la fuerza (Wilmore, 2007)). plantean que el efecto de las inmersiones en agua fría en la movilización de los metabolitos de desecho no se da directamente producto de las alteraciones o cambios en su metabolismo, sino que esto ocurre por acción colateral de otros procesos como lo son: la vasoconstricción cutánea y la presión hidrostática, dado que ambas generan una mayor movilización del flujo sanguíneo desde la periferia a la circulación central, lo que contribuye en la remoción de los metabolitos de desecho y al incrementando del proceso de la hemodilución mediante el cual se dan cambios en los fluidos intersticiales en los espacios intravasculares (Stocks, Patterson, Hyde, Jenkins, Mittleman, y Taylor, 2004).

- **Hipertermia:** Como producto de la generación de energía mediante las distintas fuentes y vías energéticas el cuerpo tiende a acumular calor, cuando este es mayor

al ambiental el cuerpo utiliza mecanismos de termorregulación (convección, conducción, radiación y evaporación) para transferir este calor al ambiente (Wilmore, 2007) siendo este último el que mayormente contribuye a la pérdida de calor corporal, dado que por esta vía se disipa el 80% del calor corporal durante el ejercicio, contribuyendo con ello a disminuir la temperatura corporal interna, indicando de esta manera que cuando esta se encuentra por arriba de los 38 °C se comienzan a presentar las manifestaciones de fatiga (Terrados, 2010) (Wilmore, 2007)

- **Daño muscular inducido por ejercicio:** El daño muscular inducido por ejercicio se define como la interacción compleja de una serie de adaptaciones centrales y periféricas que involucran mecanismos celulares, mecánicos y neurales, dicha interacción es la responsable de las disminuciones en la respuesta muscular (Burgess. T., 2010). Este fenómeno y sus manifestaciones puede ser evaluado de distintas formas, las cuales van desde indicadores directos como la medición de la concentración de Creatina Fosfoquinasa (CPK) en plasma, la evaluación de la máxima contracción voluntaria (MCV) hasta la manifestación subjetiva del dolor percibido. En este último punto por la factibilidad de su medición, es que el DOMS es por excelencia la manifestación que mejor caracteriza este proceso, el cual se define como la sanción de dolor, rigidez y de incomodidad experimentado por el atleta aproximadamente desde las 8 horas hasta las 72 horas después del ejercicio, siendo sus picos máximos a las 24 y 48 horas (Burgess. T., 2010); (Vanshika, 2012). Además, Vanshika (2012), indica que la gravedad y distribución del dolor están asociados con la intensidad, duración y tipo de ejercicio realizado, sin embargo, es el resultado principalmente de las micro rupturas sufridas en la unión

musculotendinosa y en la fibra muscular propiamente dicha, producto principalmente de la fase excéntrica de la contracción muscular. Estos mismos autores sugieren la siguiente secuencia en los eventos que producen el DOMS: primeramente durante esfuerzos intensos a los cuales no se está adaptado, y aún más con el elemento excéntrico incluido (Burgess. T., 2010) (Vanshika, 2012) lo que provoca una interrupción de proteínas estructurales en las fibras musculares, especialmente en las líneas Z de los sarcómeros, sin olvidar que de manera paralela ocurre el daño en el tejido conectivo de las uniones músculo tendinoso. En segundo orden, se produce un daño en el sarcolema, el cual genera una acumulación de  $Ca^{2+}$ , causando la inhibición en la producción de adenosín trifosfato (ATP) y causa una pérdida de la homeostasis ya que el ATP es necesario para que el calcio regrese a su lugar de almacenamiento. Finalmente, el daño estructural provoca procesos inflamatorios y activación del sistema inmune, el líquido o fluido se traslada al músculo y causan el edema, el cual genera un aumento en la presión de las estructuras musculares y conectivas en las uniones músculo tendinosas, estimulando los receptores de dolor en las terminaciones nerviosas.

## **5.6 Recuperación**

La recuperación puede definirse como la compensación de la fatiga o la disminución de rendimiento, este proceso está orientado al restablecimiento del estado basal bajo el principio de la búsqueda de la homeostasis. Para que esto ocurra es necesario conocer el tipo de actividad o la naturaleza del estímulo al que ha sido sometido el atleta en aspectos como el volumen y la intensidad, ya que el tiempo de recuperación está estrechamente

ligado al tipo de estímulo. Es decir, para que se dé una correcta recuperación se considera fundamental conocer el tipo de fatiga y los mecanismos que la producen (Terrados, 2010).

### **5.6.1 Tipos de recuperación**

La recuperación del deportista puede ser analizada desde dos vertientes, en función de la temporalidad y en función del método empleado.

#### **- De acuerdo a la temporalidad**

*Intra sesión:* Se refiere a los espacios de recuperación que se dan a lo interno de una sesión de entrenamiento, es decir, entre series y repeticiones de una tarea, siendo su efecto a corto plazo. Está orientada a dar los espacios necesarios para el restablecimiento de las funciones orgánicas a un nivel que permitan seguir con el entrenamiento, la naturaleza de estos espacios en cuanto a su duración y frecuencia van a estar determinados por los objetivos que se persigan con la carga de entrenamiento (Terrados, 2010)

*Inter sesiones:* Se refiere al espacio de tiempo que existe entre las sesiones de entrenamiento o entre competencias. En este caso es importante mencionar que en función de la frecuencia de entrenamientos y cercanías de competencias, y los mecanismos productores de fatiga en cada uno de esos escenarios, dependerá la temporalidad (inmediatez), el tipo de metodología o estrategias empleadas para definir el protocolo de recuperación, sea este intra sesiones, entre sesiones-competencias o entre competencia-competencia (Terrados, 2010)

#### **- De acuerdo con la metodología utilizada**

Cabe destacar que tanto en la temporalidad intra sesiones como inter sesiones, se puede hacer uso de distintas estrategias entre las que se pueden citar: las ergo nutricionales, las

cuales están básicamente orientadas a mitigar los efectos propios de la depleción de los sustratos energéticos, las estrategias basadas en el control de la hidratación, los métodos dirigidos a disminuir la temperatura corporal, las estrategias dirigidas a mitigar los efectos de la acumulación de metabolitos de desecho y otras estrategias concentradas en reducir el daño muscular inducido por el ejercicio. Teniendo claro que la temporalidad con que sean aplicadas es determinante para propiciar el efecto recuperador que con ellas se busca, estas distintas estrategias supracitadas se suelen clasificar en estrategias ergo nutricionales, físicas y fisiológicas (Terrados, 2010). Importante mencionar que el componente psicológico también es fundamental en el proceso de recuperación posterior al entrenamiento, como lo es el entrenamiento del atleta en uso de mecanismos de afrontamiento orientados en la tarea.

## **6. Sistema energético anaeróbico alactácido**

En cuanto a los sistemas energéticos anaerobios; debemos señalar que el de los fosfágenos (conocido como ATP- CrP) se pone de manifiesto su acción en las actividades deportivas de fuerza rápida que se caracterizan por su explosividad (en general, las que no superan unos pocos segundos, en las que se desarrolla la máxima fuerza y con la mayor rapidez posible), por esta razón es el sistema de mayor potencia energética, pero en cambio el de menor capacidad energética. Pudiéramos añadir que con la misma velocidad que se degrada el ATP durante la contracción muscular, así se resintetiza a partir del CrP (por eso se le conoce como sistema ATP-CrP, ya que cada mol de CrP degradado resintetiza un mol de ATP, aportando su hidrólisis una energía equivalente a aproximadamente 10,5 Kcal.) (Dra.C.Jiménez Gletechen, 2012)

Por lo que en el interior del músculo tienen lugar una serie de procesos para resintetizar el ATP descompuesto. El primer proceso que se pone en marcha cuando hay necesidades de energía para volver a formar el ATP es la destrucción de la fosfocreatina (que también es un compuesto de alta energía):



La utilización de fosfocreatina, en la formación de ATP, no comienza cuando los depósitos de ATP se han agotado, sino que comienza según empieza a utilizarse el ATP.

El agotamiento de este sistema viene dado por la disminución del sustrato energético, de forma que si los depósitos de fosfocreatina se agotan, el proceso no puede continuar. Las reservas musculares de PrC pueden ser utilizadas por completo (las de ATP, no), lo que representa una capacidad suficiente para mantener el nivel de producción de ATP durante unos **20-30 segundos al 70%** del consumo máximo de oxígeno. Sin embargo, para un ejercicio máximo de sprint, esas reservas se agotan en menos de 10 segundos.

Nº	Dirección física aláctica	Condición para su desarrollo
1	Rapidez de reacción	Inferior a los 3 segundos
2	Fuerza explosiva	No debe exceder de los 3 segundos

<b>3</b>	Fuerza máxima	No debe exceder de los 10 segundos
<b>4</b>	Rapidez de traslación	No debe exceder de los 10 segundos
<b>5</b>	Agilidad	Hasta los 10 segundos
<b>6</b>	Movilidad articular	Mantener la posición final más de 10 segundos
<b>7</b>	Tolerancia al lactato	Entre 20 a 35 segundos

*Tabla 10: Direcciones físicas alacticas. (Coss Santiago, 2014).*

### **6.1 Sistema anaeróbico alactico en el voleibol**

Por lo regular, este tipo de resistencia se entrena en la llamada resistencia especial en los tramos de 400, 500 ó 600 metros y en voleibol se puede entrenar en este camino en los complejos técnico –tácticos que impliquen acciones ofensiva-defensiva.

Según (Lellis 1997, Bosco 1996, Fox 1991, Mazza 2005) consideran que en el voleibol no predomina el sistema energético anaeróbico láctico, ya que al finalizar un partido no se encuentran grandes concentraciones de ácido láctico, se establece que es debido a que el deporte es (trabajo, pausa, reposo, trabajo...), se puede decir que es un deporte que trabaja zonas mixtas, se trabaja de manera aerobica de mediana intensidad y de larga duración durante la cual los mecanismo anaeróbicos participan de manera intermitente.

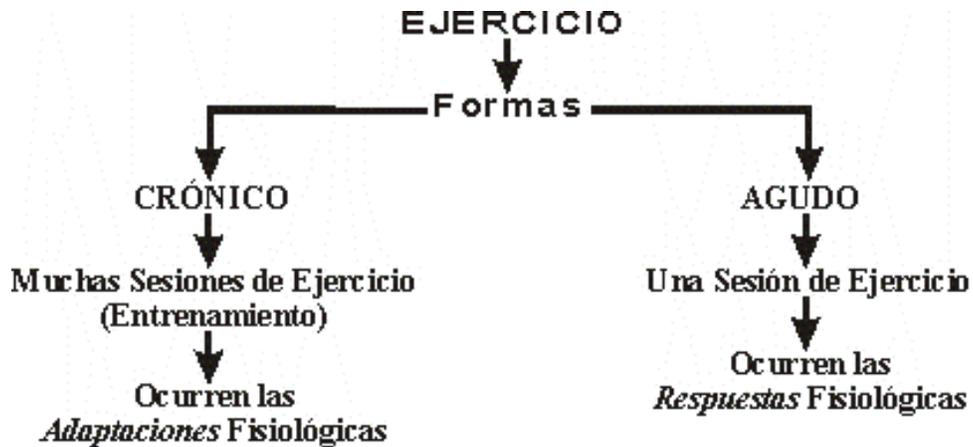
Por lo cual se concluye el voleibol se considera como un deporte aeróbico – anaeróbico alternado, intermitente con moderado predominio anaeróbico con componente de energía anaerobica predominante alactica (ATP-FC). (Portela, 2018 ).

En general, en la mayoría de los estudios se observan concentraciones de lactato bajas, lo que ha llevado a los diferentes autores a afirmar que el voleibol es un deporte aeróbico por la larga duración de los partidos, y con un componente anaeróbico alactico, debido a la breve duración y a la elevada intensidad de las fases activas, y en el que el sistema anaeróbico láctico no tiene apenas participación, (Dyba, 1982; Kunstlinger et al. 1987; Vittasalo et al. 1987; Bosco, 1987), citado por (Gonzales, 2002).

## **7. Efectos agudos del entrenamiento**

Son los cambios del estado del cuerpo provocados durante el ejercicio. En el caso de las actividades aeróbicas podemos identificar: aumento de la frecuencia cardiaca, de la ventilación respiratoria y en los casos de resistencia a la fuerza o fuerza pura se identifican la acumulación del ácido láctico, la reducción de la fuerza al momento de entrenar y la fatiga inmediata. (Hernandez, 2016), hay un aspecto muy importante para poder determinar qué tan agudo es el efecto y la carga de entrenamiento en el deportista; muchos entrenadores y deportistas, se basan en la frecuencia cardiaca (FC), ya que esta puede arrojar datos casi que inmediatos sin necesidad de una alta tecnología, ni someter a los deportistas a pruebas de laboratorio.

Teniendo en cuenta todo lo dicho anteriormente, el efecto agudo del entrenamiento no solo se evidencia a nivel físico, también puede afectar a nivel psicológico, social y emocional, una investigación realizada por (Bonet, Parrado, & Capdevila, 2017 ), hace evidente en su investigación la diferencia del estado de animo de un grupo experimental antes y después de realizar alguna actividad física, los resultados obtenidos mostraron que las personas activas en los ejercicios, mejoraban notablemente su estado de animo a comparación de la población quienes no fueron activos en los ejercicios.



*Figura 8: Concepto de ejercicio crónico y ejercicio agudo*

## 8. Medición con el Reflotron

El principio de medición del sistema Reflotron se basa en la fotometría de reflexión, medida del cambio de color producido en un reactivo seco, con alta precisión y exactitud.

Reflotron es fácil de usar y permite determinar 17 parámetros de química clínica a partir de sangre total, suero o plasma.

Los resultados son rápidos y confiables con una elevada funcionalidad.

El Reflotron presenta resultados comparables a los obtenidos por métodos de laboratorio estándar, en dos o tres minutos por parámetro. De esta forma, el resultado está disponible incluso en presencia del paciente y la decisión terapéutica puede ser tomada sin demora.

Reflotron apoya las recomendaciones del tratamiento y ayuda a mejorar el cumplimiento por parte de los pacientes.

### 8.1 Reflotron en los cuidados primarios de la salud.

Los resultados de pruebas inmediatas aseguran un desempeño rápido o la verificación de los diagnósticos sin retrasos. Con los 17 parámetros disponibles en las pruebas de

Reflotron, se cubren las indicaciones más importantes y frecuentes y en atención, tales

como la diabetes, las dislipidemias, las enfermedades renales, el infarto de miocardio, la anemia, las enfermedades hepáticas, la pancreatitis, la gota y los trastornos óseos.

Los resultados de las pruebas pueden ser discutidos de inmediato con el paciente reforzando su adhesión al tratamiento y motivándolos a continuar con una vida saludable.(Martínez Gimeno A, 2010;)

## **8.2 Ventajas del producto**

### **8.2.1. En poco espacio, múltiples parámetros.**

- 1.** Va al encuentro de sus necesidades - hecho a medida de las necesidades de evaluación en atención primaria.
- 2.** Amplia gama de parámetros - 17 parámetros de química clínica a partir de sangre total, suero o plasma.
- 3.** Diseño bien pensado - Un aparato portátil, liviano y fácilmente manejable que ocupa poco espacio.
- 4.** Operatividad fácil y rápida - Poco tiempo de inicio, arranque rápido a partir de la posición STAND-BY, resultados muy rápidos de las pruebas, en 2 o 3 minutos, guía del usuario a través de mensajes en el visor.
- 5.** Seguridad en el manejo de los resultados - Documentación inmediata a través de la impresora integrada o almacenamiento de datos en la memoria interna. (M., Tejuelo. 2010;)

### **8.2.2. Características y Funciones**

Reflotron es un aparato de diagnóstico in vitro concebido para la determinación cuantitativa de parámetros de química clínica utilizando las tiras reactivas de prueba Reflotron. Su acción se basa en el principio de fotometría de reflectancia y asegura resultados rápidos y confiables, siendo además fácil de usar.

Los resultados se presentan con claridad en un monitor de LC y el perfil puede ser impreso a través de la impresora integrada. Gracias a una cámara de lectura rediseñada, la limpieza y la operatividad se tornan aún más fáciles, reduciendo la mantenimiento al mínimo:

- Sin preparación de reactivos, sin calibración
- Selección individual de parámetros
- Determinación directa a partir de sangre capilar o venosa, plasma o suero
- Pequeño volumen de la muestra

### **8.2.3. Software**

- Guía para el operador a través de mensajes de texto
- Capacidad de almacenamiento de 60 resultados con información adicional
- Pero más allá del perfil del paciente, pueden ser calculados el riesgo cardíaco (según "Framingham" o el "PROCAM"), el colesterol LDL (de acuerdo con una fórmula de Friedewald), la relación colesterol total/colesterol HDL y la depuración de creatinina.

#### **8.2.4. Almacenamiento de datos y conectividad de IT**

Los datos de los pacientes pueden ser almacenados rápida y eficientemente. El Reflotron posee una capacidad expandida de almacenamiento de 60 resultados con información adicional. Gracias a su interface de datos, la aplicación de Reflotron Plus también puede ser ligada con facilidad a un computador externo, lo que permite un procesamiento posterior de los datos de los pacientes, así como el intercambio de datos. (Roche Diagnostics, 2018).

### **8.3 Pruebas de Reflotron**

Las pruebas de Reflotron se componen de tiras reactivas, concebidas para la determinación cuantitativa de 17 parámetros de química clínica para las indicaciones más comunes, utilizando material de la muestra no diluida. La incorporación de un sistema de separación del plasma torna posible la utilización de sangre total capilar o venosa, así como suero y plasma. En la parte de atrás de cada tira de prueba Reflotron existe una banda magnética que contiene todos los datos referentes a las pruebas de las especificidades del lote, de forma que no es necesario hacer ningún tipo de calibración por parte del usuario.

#### **8.3.1. Control de Calidad**

Después de cada operación de limpieza, el sistema óptico de Reflotron debe ser verificado utilizando Reflotron Clean + Check. Además, todo el sistema puede ser verificado con el material de control Reflotron (Reflotron Precinorm U, Reflotron Precinorm HB y Reflotron Precinorm, HDL).

#### **8.3.2. Fácil de usar con un mínimo de mantenimiento: diagnóstico en el lugar de la consulta en el consultorio con Reflotron**

El Reflotron está concebido para ser fácil de manejar con poco mantenimiento. Gracias a sus pequeñas dimensiones ocupa muy poco espacio. Las características bien concebidas

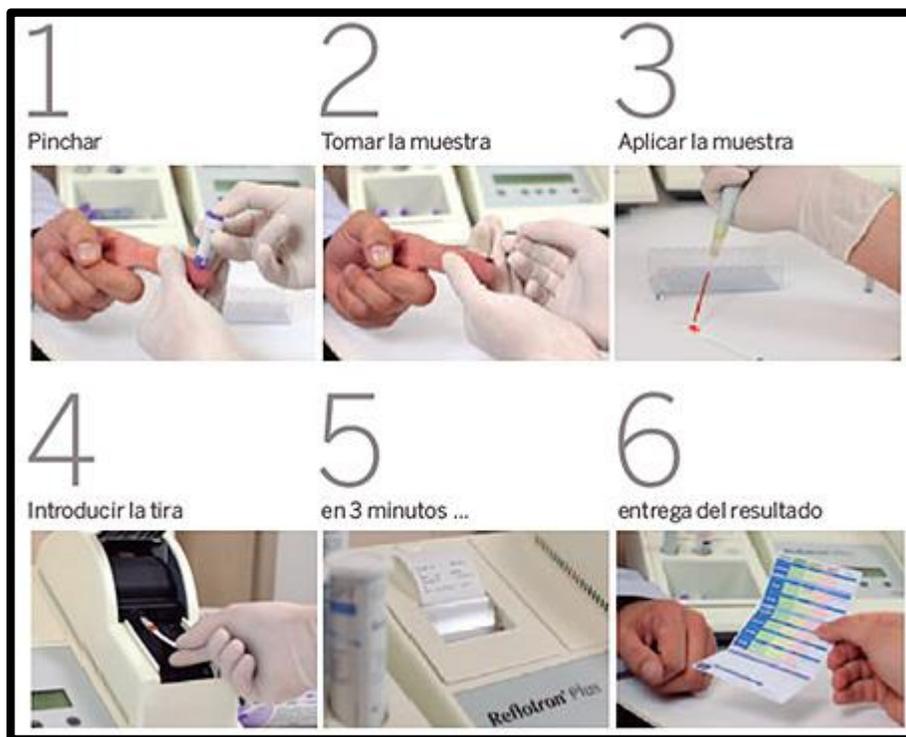
transforman la determinación de parámetros básicos de química clínica en algo rápido, conveniente y fácil. No hay necesidad de preparar reactivos y/o de proceder a la calibración del sistema.

#### 8.4. Información adicional

Proceso de detección sencillo, siguiendo los siguientes pasos:

1. Realizar la toma de la muestra de sangre capilar.
2. Colocar directamente sobre la tira.
3. Introducir la tira en el lector Reflotron y esperar los resultados. Resultados precisos en pocos minutos Fácil manipulado e interpretación con alta fiabilidad Sencilla recolección de la muestra.(Chile, 2018 Roche Chile Ltda.)

#### 8.5. Procedimiento en pasos



*Figura 9: pasos para usar Reflotron*

### 8.5.1. Reflotron Además en la atención primaria

Los resultados inmediatos de los ensayos garantizan un rendimiento rápido o la verificación de su diagnóstico sin demora. Con los 17 parámetros clínico- químicos detectables por la disposición Reflotron Los exámenes, las indicaciones más importantes en la atención primaria están cubiertas por problemas de salud tales como diabetes, trastornos de lípidos, enfermedades renales, enfermedades musculares, anemia, enfermedades hepáticas, pancreatitis, gota y trastornos óseos. Los resultados de las pruebas se pueden discutir inmediatamente con el paciente. Esto mejora el cumplimiento de los pacientes para los enfoques terapéuticos y motiva a los pacientes con buen estado de salud para continuar su camino de vida sano.

### 8.6. El sistema Reflotron

Es un instrumento que analiza cuantitativamente, de forma sencilla, diversos parámetros bioquímicos en menos de 5 minutos, a partir de sangre capilar, suero o plasma. Entre los parámetros bioquímicos que pueden determinarse se encuentran: ácido Úrico, colesterol, creatinina, glucosa, gama - glutamil transpeptidasa (GGT), alaninamino - transferasa (GPT), aspartato - aminotransferasa (GOT), lipoproteínas de alta densidad (HDL), hemoglobina, y urea. (Atalayas, 1987 España)

## 9. Diseño metodológico

VARIABLES AMBIENTALES	CONTROL
Temperatura	18° C
Hora de ejecución	Grupo experimental Miercoles (1 pm – 3 pm) Jueves (11am – 1 pm)

Infraestructura	Coliseo voleibol UdeC
<b>Publico variables parasitas (ligadas al objeto de la investigación)</b>	
Edad	18 años a 23 años
Genero	Femenino
Experiencia en el deporte	Adulto sano - estudiantes de ciencias del deporte.
<b>Características del investigador</b>	
Dominio del tema	Bueno
Agudeza en el análisis	Bueno
Rigor en el trabajo	Bueno
<b>Actitud del objeto de la investigación</b>	
Aprensión evaluativa	Descripción del proyecto de investigación
<b>Ligadas al tiempo</b>	
Mortalidad por abandono	Se presenta actitud por las deportistas en el desarrollo de las actividades.
<b>Aplicación de los instrumentos</b>	
Recursos de medición	Reflotron
Infraestructura	Coliseo Voleibol U.Cundinamarca extensión Soacha.

*Tabla 11: Diseño metodológico*

### **Instrumentos de recolección de información**

- Reflotron

## **Test de diagnostico**

- Medición en sangre con Reflotron.

### **9.1 Cargas y ejercicios aplicables a la investigación**

A menudo como entrenadores descuidamos el control de la carga durante el entrenamiento según la orientación física, técnica, táctica o mixta debido a la gran dificultad que esto conlleva. Proponemos para este estudio utilizar el registro de la frecuencia cardíaca como un medio muy útil para valorar la intensidad de los diferentes ejercicios en función del ritmo de ejecución, relacionando los métodos de entrenamiento con los elementos propios del voleibol.

Es fundamental poder alcanzar los objetivos controlando la intensidad y el método de entrenamiento en función de las necesidades individuales, del grupo y del período en el que se estemos ubicados.

La voluntad de los técnicos para poder entender todas las partes del entrenamiento de forma integrada, ha llevado a una nueva perspectiva para optimizar el diseño y el control del entreno. En esta línea se incluye la propuesta hecha por G. Moras (1995) aplicada al entrenamiento del voleibol. Desde esta propuesta se entiende el entrenamiento como un sistema de seis niveles (del O al V), cada uno de ellos con características propias:

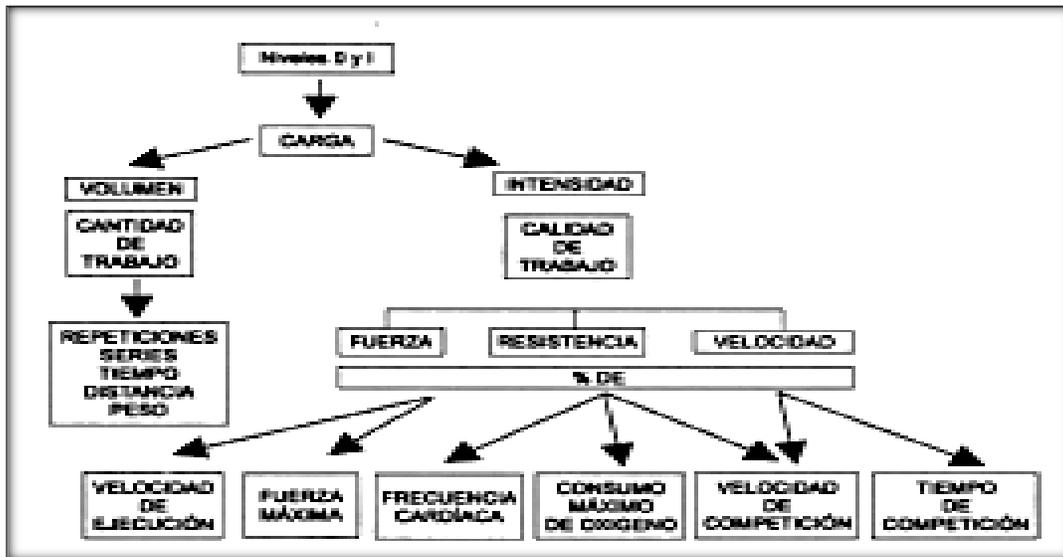
- **Nivel O:** En él se incluyen todos aquellos ejercicios de desarrollo y fortalecimiento de la globalidad del cuerpo cuyas posiciones corporales se alejan de las específicas del voleibol. Se pretende formar una base de todas las cualidades físicas con cargas de diferente orientación funcional, o también activar los mecanismos de regeneración después de una carga de entreno elevada.

- **Nivel I:** En él se incluyen aquellas tareas cuyas estructuras dinámicas tienen cierta similitud extrema con alguna de las técnicas específicas, realizando los movimientos de forma que respeten los ángulos de trabajo que exige la técnica deportiva. La sobrecarga es superior a la soportada en el juego y la musculatura entrenada es la que resulta determinante para el rendimiento.
- **Nivel II:** También llamado método transitorio, correspondería a la preparación condicional específica. Los ejercicios no sólo tienen similitud técnica, sino que también han de tener correspondencia en el tipo de contracción muscular y en el mecanismo de producción de energía con el real de competición. Se trabaja con pequeñas sobrecargas, pero siempre superiores a las de competición, para hacer la transición entre el trabajo de fuerza máxima y el de fuerza-velocidad.
- **Nivel III:** En este nivel el jugador aprende y perfecciona la técnica deportiva.
- **Nivel IV.** Corresponde al trabajo con acciones técnico-tácticas sencillas. En él se realizan ejercicios donde la capacidad cognitivo-táctica adquiere un papel fundamental.
- **Nivel V:** Es el entreno integral, en el que se diseñan estructuras en las que participan diversos jugadores y donde confluyen diferentes elementos físicos, técnicos y tácticos. El objetivo es transferir la preparación física, técnica, y técnico-táctica a las condiciones complejas del juego.

NIVEL 0	Desarrollo condicional, coordinativo y cognitivo general
NIVEL I	Entrenamiento orientado de las capacidades físicas
NIVEL II	Entrenamiento físico técnico
NIVEL III	Desarrollo de las habilidades técnicas
NIVEL IV	Desarrollo de la táctica individual
NIVEL V	Entrenamiento físico-técnico con el propio peso corporal Entrenamiento físico-técnico con sobrecarga Entrenamiento técnico complejo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinación de dos o más recursos técnicos</li> <li>• Ataque/contraataque</li> </ul> Entrenamiento técnico-táctico complejo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Táctica grupal</li> <li>• Táctica colectiva</li> </ul> Entrenamiento integral

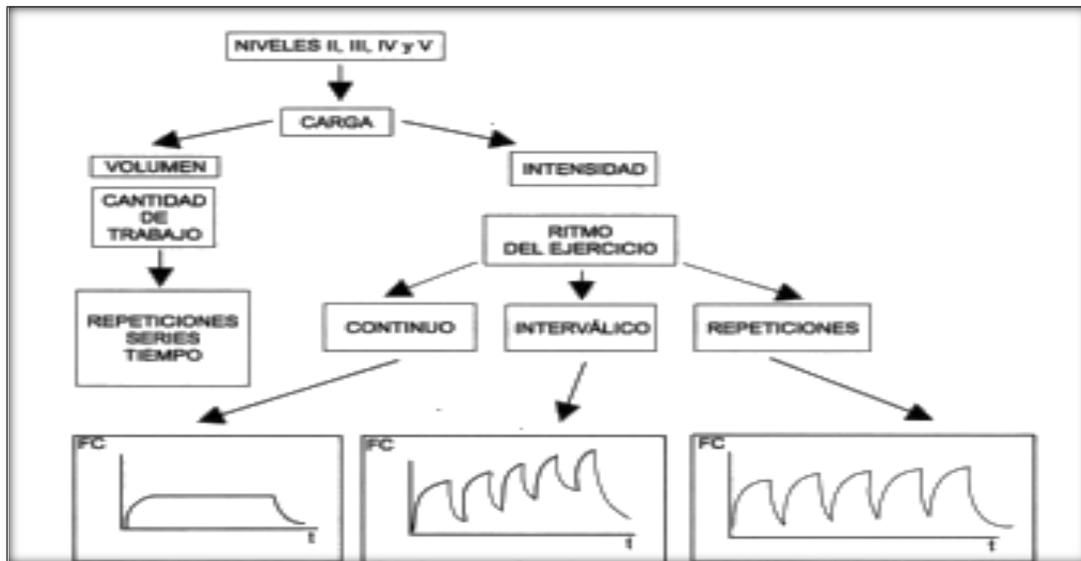
*Tabla 12: Contenido de los diferentes niveles de aprendizaje, perfeccionamiento y entrenamiento deportivo (G. Moras, 1994).*

En el cuadro I se representan los contenidos de los diferentes niveles de aprendizaje, perfeccionamiento y entrenamiento deportivo. La carga de entrenamiento en todos estos niveles viene definida por su volumen y su intensidad. En los niveles de entrenamiento 0 y I, ambos parámetros son fácilmente controlables (tabla 13). Los aspectos cuantitativos (volumen) se valoran contabilizando las series, las repeticiones, el tiempo o la distancia recorrida. Los aspectos cualitativos (intensidad) se valoran en porcentajes de la velocidad de ejecución o de fuerza máxima en trabajos de fuerza; en porcentajes de la frecuencia cardíaca, del consumo de oxígeno, de la velocidad de competición o de la concentración de lactato en trabajos de resistencia; o en porcentaje del tiempo de competición en los trabajos de velocidad.



*Figura 10: características de los Niveles de entrenamiento 0 y I*

En los niveles II, III, IV y V el volumen se sigue valorando mediante el número de series, de repeticiones o el tiempo de ejecución, pero evaluar la intensidad del trabajo en los niveles en los que se realizan las acciones físico-técnicas o técnico-tácticas se complica muchísimo. La dificultad de utilizar los porcentajes de fuerza máxima, de velocidad de ejecución o la concentración de lactato como indicadores de la intensidad nos plantea la necesidad de utilizar otros métodos para no descuidar el control de la carga de entreno en estos niveles. La simplicidad de la valoración, los estudios en campo realizados (P.S. Fardy; M.G. Hritz; H.K. Hellerstein, 1976) y la relación directa que guarda con la adaptación individual del sujeto al estímulo concreto de entrenamiento, hacen de la frecuencia cardíaca un medio muy útil para que el entrenador valore la intensidad de los diferentes ejercicios en función del ritmo de ejecución (figura 10).



*Figura 11: características de los niveles de entrenamiento II, III, IV y V.*

Basándonos en la clasificación de Zintl (1991), cualquier ejercicio de entrenamiento puede categorizarse en los siguientes métodos de trabajo:

**Continuos:** Consisten en una carga ininterrumpida y efectiva para el entreno durante un largo período de tiempo. El trabajo continuo puede ser de tipo:

- Armónico: No presenta cambios de intensidad.
- Variable: Se cambia la intensidad de forma sistemática dentro de ciertos márgenes (por ejemplo, entre 140 y 160 pulsaciones/min).
- Fartlek: El cambio de ritmo en el ejercicio no es sistemático.

**Intervalico:** Se caracterizan por una alternancia sistemática entre fases de esfuerzo y de descanso. Se caracteriza porque en las fases de descanso, las recuperaciones no son completas (llega a 120-130 pulsaciones/min). En voleibol, los trabajos interválicos pueden ser de tipo:

- Extensivo con intervalos medianos: La duración de la carga es de 60-90 segundos y el volumen de 12-15 repeticiones. La recuperación es de 1-2 minutos.

- Intensivo con intervalos cortos: La duración de carga es de 20-30 segundos y el volumen de 3-4 repeticiones y 3-4 series. La recuperación es de 2-3 minutos entre repeticiones y de 10-15 minutos entre series.
- Intensivo con intervalos extremadamente cortos: La duración de la carga es de 8-10 segundos y el volumen de 3-4 series y 3-4 repeticiones. La recuperación es de 2-3 minutos entre repeticiones y de 10-15 minutos entre series.

**Repeticiones:** La característica común es la aplicación de cargas repetidas y muy intensas con descansos completos intercalados (se llega a 100 pulsaciones/min). En el voleibol los métodos de repeticiones con tiempos de carga cortos son los más apreciados porque presentan una clara concordancia dinámica con el juego real. En ellos la duración de la carga es de 20-30 segundos como máximo, el volumen de 6-8 repeticiones y la recuperación es completa (unos 6-8 minutos).

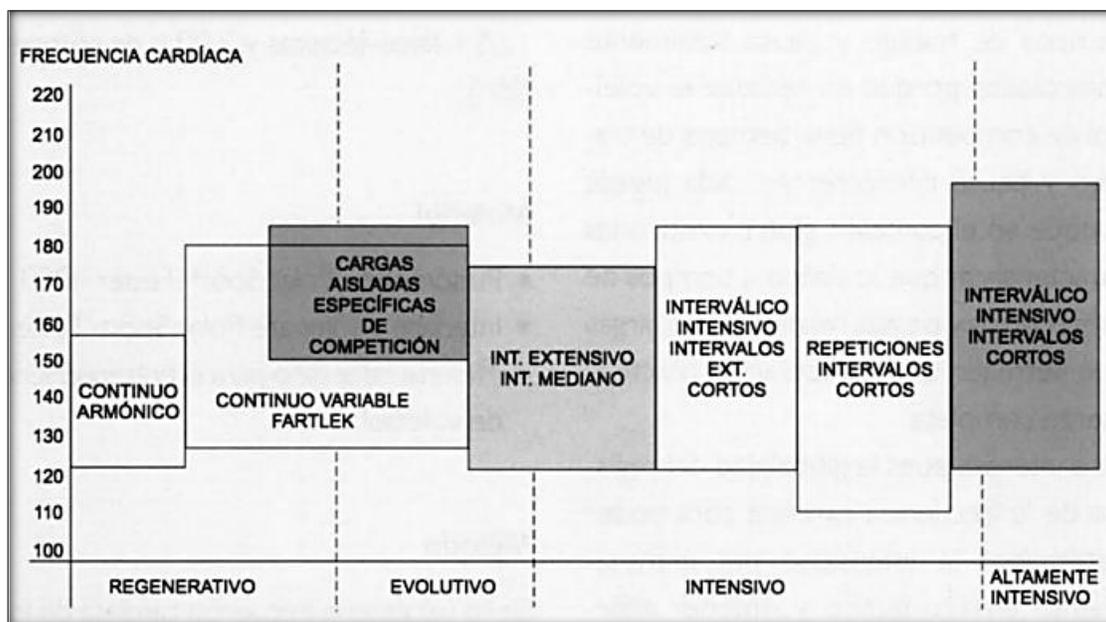
**Cargas aisladas específicos de competición:** Se utiliza la competición como medio de entrenamiento. Se puede realizar un partido normal, aumentando la intensidad pero reduciendo el volumen (número de sets), o con una intensidad menor, pero jugándose más tiempo del habitual.

La relación entre estos métodos de trabajo y los tipos de esfuerzo que se realizan durante el entrenamiento del voleibol se muestran en el (figura 11). La utilización de estos métodos ha estado poco considerada en la realización de ejercicios técnico-tácticos, dada la gran dificultad de ajustar el tiempo de trabajo y el tiempo de pausa establecidos a la dinámica de los ejercicios.

TIPOS DE ESFUERZO	EFFECTOS DEL ESFUERZO	ACCIONES TÉCNICAS
Continuo armónico	Regenerativo	Dedos Antebrazos Desplazamientos defensivos Saques
Continuo variable o fartlek	Regenerativo o evolutivo	Dedos Antebrazos Desplazamientos defensivos Defensa en campo Saques
Intervalico extensivo con intervalos medianos	Evolutivo o intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo
Intervalico extensivo con intervalos cortos	Intensivo o altamente intensivo	Desplazamientos defensivos Remate Bloqueo
Intervalico intensivo con intervalos extremadamente cortos	Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo
Repeticiones con intervalos cortos	Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo
<b>Carga aislada específica de competición</b>	<b>Regenerativo o evolutivo</b>	<b>Todas</b>

*Tabla 13: La relación entre estos métodos de trabajo y los tipos de esfuerzo*

Probablemente es muy difícil dirigir un entrenamiento estando totalmente condicionado por un tiempo de ejecución estricto, aunque es necesario disponer de elementos que informen sobre la duración y la intensidad relativa de la carga física del ejercicio. No es muy importante ceñirse a unos tiempos de trabajo y pausa totalmente controlados porque en realidad el voleibol de competición tiene tiempos de trabajo y pausa diferentes en cada jugada aunque en el contexto global exista unas características que lo definen; tiempos de carga cortos y pausas relativamente largas que permiten una recuperación prácticamente completa.



*Figura 12: La relación entre estos métodos de trabajo, los tipos de esfuerzo y la frecuencia cardíaca.*

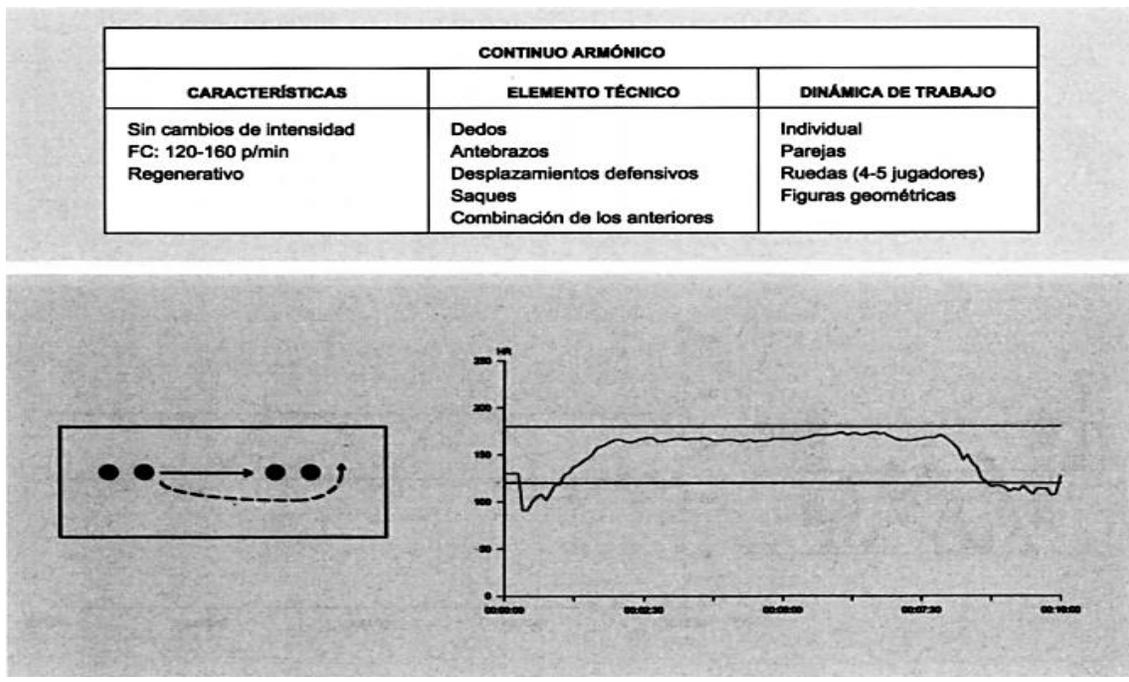
Nos damos cuenta que los ejercicios en los que intervengan únicamente acciones de dedos, antebrazos o saques serán, generalmente, de intensidades moderadas o bajas y tendrán efectos regenerativos o evolutivos sobre el organismo. Con estos ejercicios se realizan esfuerzos de tipo continuo armónico o variable, de diferente intensidad en función del número de jugadores y la dinámica propuesta. Lo cual no nos aportaría la información necesaria para llevar a cabo nuestra investigación, es por ello que estos ejercicios quedaran descartados.

Pero si se realizan acciones que involucran un mayor número de grupos musculares de forma más intensa (acciones de remate, bloqueo o defensa en campo) obtendremos sobre el organismo efectos intensivos o altamente intensivos. Serán entonces estos ejercicios los que conformaran los métodos de trabajo interválicos y de repeticiones, ya que con ellos se

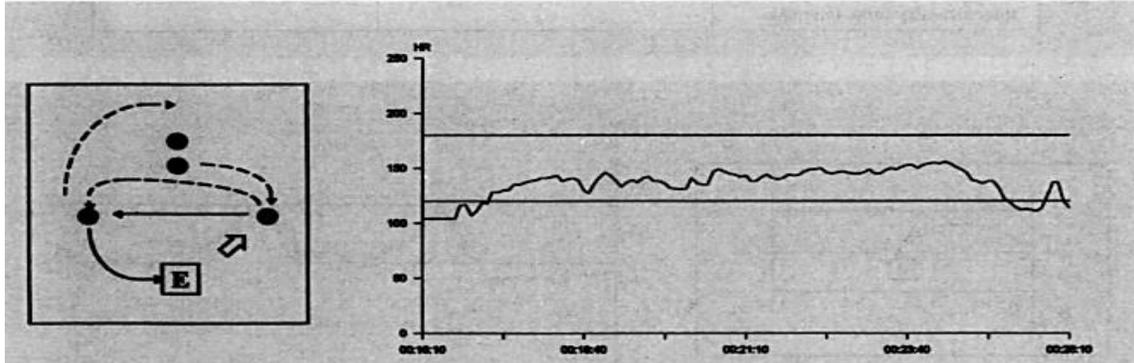
pueden lograr picos de intensidad superiores que con acciones de dedos o antebrazos. En pocas palabras se acoplan perfectamente a nuestra investigación.

Cabe destacar que los desplazamientos defensivos serán el único elemento técnico que puede trabajarse, en combinación con otros elementos técnicos, con todos los métodos de trabajo y obtener diferentes efectos sobre el organismo en función del tipo de ejercicio.

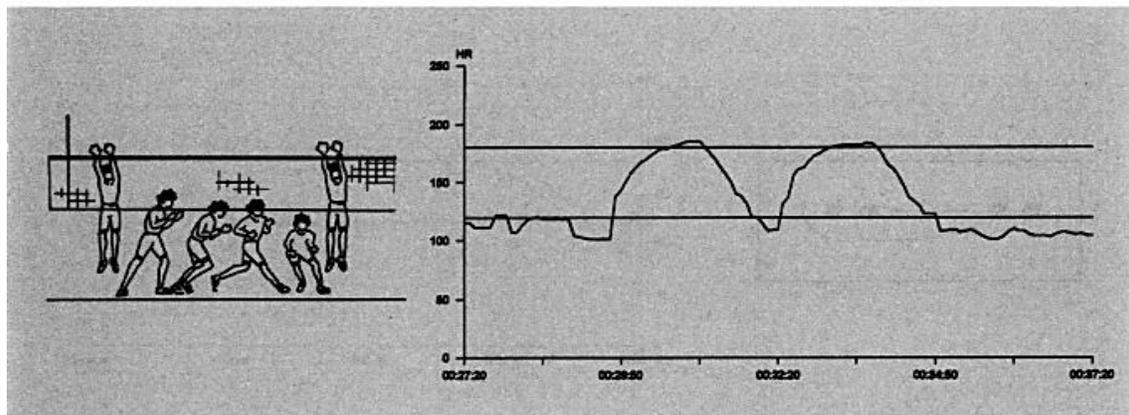
A continuación daremos a conocer algunos ejercicios con diferentes intensidades de trabajo, los cuales fueron tomados de una investigación similar sobre las cargas de entrenamiento aplicadas en el voleibol (Gerard Moras, Carlos Zurita, 2017, págs. 77-84) y que nos servirán como base para nuestra investigación.



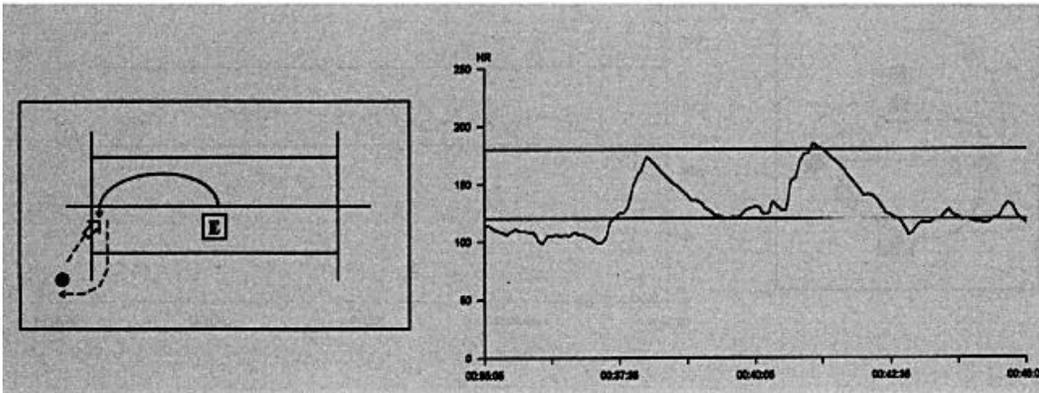
CONTINUO VARIABLE		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Con cambios de intensidad FC: 140-160 p/min Regenerativo/evolutivo	Dedos Antebrazos Desplazamientos defensivos Defensa en campo Saques Combinación de los anteriores	Individual Parejas Ruedas (3-4 jugadores) Figuras geométricas



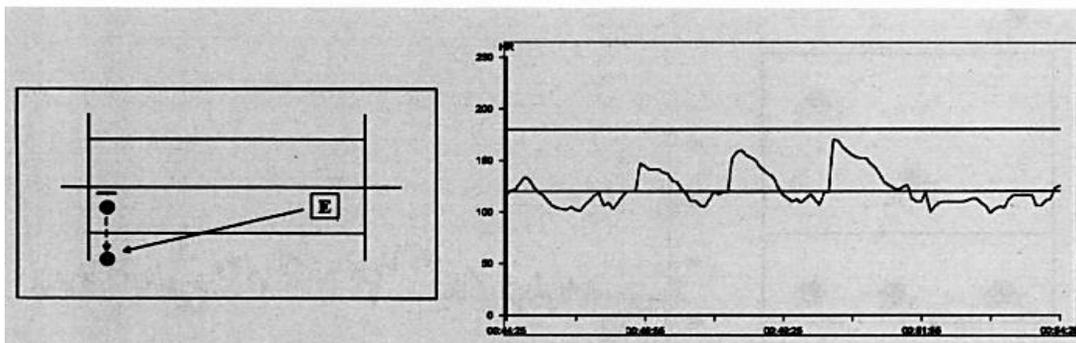
INTERVÁLICO EXTENSIVO IM		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración carga: 60-90" Volumen: 12-15 rep. Recuperación: 1-2 min FC: 120-170 p/min	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo Combinación de los anteriores	Individual Parejas Ruedas (4-5 jugadores) Figuras geométricas



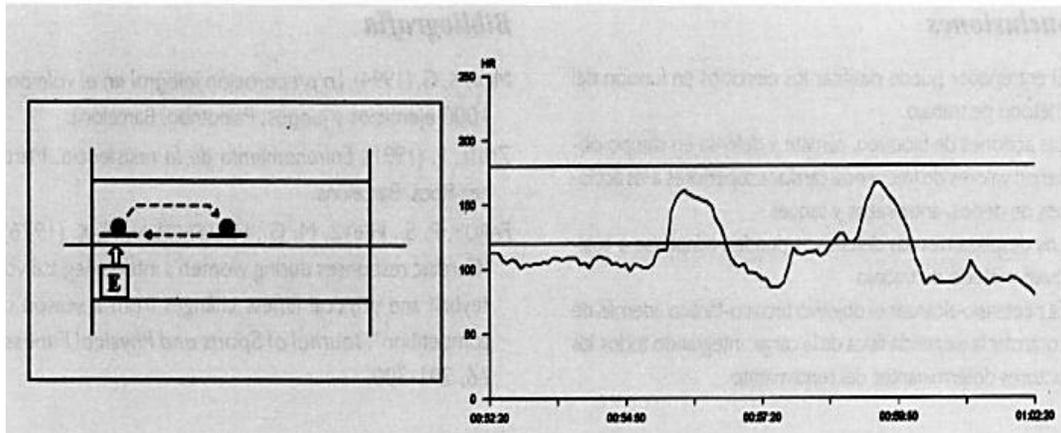
INTERVÁLICO INTENSIVO IC		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: 20-30" Volumen: 3-4 rep. Series: 3-4 Recuperación rep.: 2-3 min Recuperación ser.: 10-15 min FC: 120-200 p/min Intensivo/altamente intensivo	Desplazamientos defensivos Remate Bloqueo Defensa en campo	Individual Parejas Ejercicios combinados



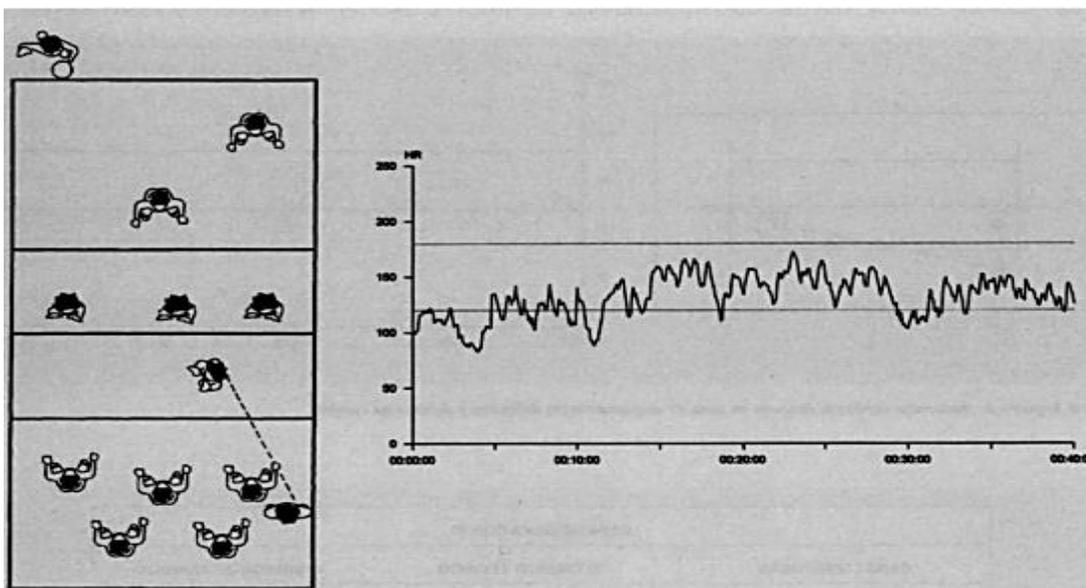
INTERVÁLICO INTENSIVO Y EX. C		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: 8-10" Volumen: 3-4 rep. Series: 3-4 Recuperación rep: 2-3 min Recuperación ser: 10-15 min FC: 120-190 p/min Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo	Individual Parejas Ejercicios combinados



REPETICIONES CON IC		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: 20-30" Volumen: 6-8 rep. Recuperación rep.: 6-8 min FC: 100-190 p/min Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo	Individual Parejas Ejercicios combinados



CARGA AISLADA ESPECÍFICA DE COMPETICIÓN		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: variable Volumen: variable Recuperación: variable Recuperación ser.: 10-15 min FC: 150-180 p/min Regenerativo/evolutivo	Todos	Competición



Teniendo en cuenta estos ejercicios, lo único que nos faltaría sería cuadrar adecuadamente las intensidades dependiendo nuestra necesidad, y comenzar la toma de muestras propias.

### **10. Investigación descriptiva de orden mixto cuantitativo y cualitativo.**

De la combinación de ambos enfoques, surge la investigación mixta, que incluye las mismas características de cada una de ellas, Grinnell (1997), citado por Hernández et al (2003:5) señala que los dos enfoques (cuantitativo y cualitativo) utilizan cinco fases similares y relacionadas entre sí:

- a) Llevan a cabo observación y evaluación de fenómenos.
- b) Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- c) Prueban y demuestran el grado en que las suposiciones ó ideas tienen fundamento.
- d) Revisan tales suposiciones ó ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- e) Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar, cimentar y/o fundamentar las suposiciones ó ideas; o incluso para generar otras.

El grafico permite analizar las cualidades de ambos enfoques de investigación, mismas que resultan valiosas y que han realizado aportaciones notables al avance de la ciencia, comparativamente hablando ninguno es mejor que el otro, la combinación de ambos permite obtener mejores resultados en la investigación.

### Enfoques de la investigación científica

<b>CUALITATIVA O INDUCTIVA</b>	<b>CUANTITATIVA O DEDUCTIVA</b>	<b>MIXTA O COMBINACION</b>
Inmersión inicial en el campo	Encuestas	Incluye las características de los enfoques cualitativo y cuantitativo.
Interpretación contextual	Experimentación	
Flexibilidad	Patrones (relaciones entre variables)	
Preguntas	Preguntas e hipótesis	
Recolección de datos	Recolección de datos	

*Fuente: a partir de Hernández, et al, (2003:3-24).*

**Tabla 14**

Considerando las características de ambos enfoques, por una parte el enfoque cuantitativo al utilizar la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y al confiar en la medición numérica, el conteo y la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población, y por otra parte, el enfoque cualitativo, al utilizarse primero en descubrir y refinar preguntas de investigación y al basarse en métodos de recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones y por su flexibilidad se mueve entre los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de la teoría. Thomas, et al (2005:346), detallan algunas características contrastantes básicas entre la investigación cualitativa y la cuantitativa, las cuales se observan en el siguiente cuadro.

### Características contrastantes de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa

<b>Componente de Investigación</b>	<b>Cualitativa</b>	<b>Cuantitativa</b>
<b>Hipótesis</b>	Inductiva	Deductiva
<b>Muestra</b>	Resolutiva, pequeña	Aleatoria, grande
<b>Control</b>	Natural, mundo real	Laboratorio
<b>Reunión de datos</b>	La investigación es instrumento primario	Instrumentación objetiva
<b>Diseño</b>	Flexible, puede cambiarse	Se determina anticipadamente

*Fuente: Thomas, Nelson y Silverman (2005:346).*

*Tabla 15*

Al utilizar el enfoque mixto, se entremezclan los enfoques cualitativo y cuantitativo en la mayoría de sus etapas, por lo que es conveniente combinarlos para obtener información que permita triangularla. Esta triangulación aparece como alternativa a fin de tener la posibilidad de encontrar diferentes caminos para conducirlo a una comprensión e interpretación lo más amplia del fenómeno en estudio.

Concluyendo, el enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento. Realizar una investigación que permitiera responder a la pregunta general obligó efectuar un análisis a los enfoques científicos para determinar cuál sería de mayor apoyo para lograr la validez, confiabilidad y factibilidad en el proceso y resultados de la investigación.

Es por ello que se determinó que el enfoque mixto sería el apropiado para realizar nuestra investigación.

**11. Músculos que intervienen en remate y servicio en voleibol según ( (CARDONA OSCAR, 2013)**

Teniendo en cuenta que el gesto de remate y el gesto de servicio son unos de los gestos más agresivos en este deporte, contando con que su fin siempre será lograr que el balón caiga en el campo contrario, se tomaran los mismos grupos musculares para mostrar cuales son los que intervienen en dichos gestos técnico.

Estos gestos consisten en realizar un salto con una carrera previa y efectuar un golpe lo más fuerte posible al balón hacia el campo contrario mientras el deportista se encuentra en una fase de vuelo.

**Fase de aproximación**

Músculos	Acciones	Gráfico
<p><b>Tren superior:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deltoides</li> <li>- Pectoral mayor</li> <li>- Bíceps braquial</li> <li>- Braquial</li> <li>- Dorsal ancho</li> <li>- Redondo mayor</li> <li>- Tríceps braquial</li> </ul> <p><b>Músculos tronco:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recto abdominal</li> <li>- Erector Espinal</li> </ul> <p><b>Tren Inferior:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Psoas</li> <li>- Cuadriceps</li> <li>- Aductor mayor</li> <li>- Grácil</li> <li>- Glúteo mayor</li> <li>- Isquiotibiales</li> <li>- Gemelos</li> <li>- Soleos</li> </ul>	<p><b>Tren superior:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexión y extensión del brazo</li> <li>- Flexión y extensión del brazo</li> <li>- Flexión del antebrazo</li> <li>- Flexión del antebrazo</li> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión brazo y antebrazo</li> </ul> <p><b>Músculos tronco:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexión tronco</li> <li>- Extensión del tronco</li> </ul> <p><b>Tren Inferior:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexión de muslo</li> <li>- Flexión muslo, extensión pierna</li> <li>- Flexión-extensión cadera</li> <li>- Flexión cadera y pierna</li> <li>- Extensión de la cadera</li> <li>- Extensión muslo y pierna</li> <li>- Flexión de la planta del pie</li> <li>- Flexión plantar del pie</li> </ul>	

## Fase de batida

Músculos	Acciones	Gráfico
<b>Tren superior:</b> - Trapecio - Deltoides - Pectoral mayor	<b>Tren superior:</b> - Extensión de la cabeza - Flexión del brazo - Flexión del brazo	
<b>Músculos tronco:</b> - Erector Espinal	<b>Músculos tronco:</b> - Extensión del tronco	
<b>Tren Inferior:</b> - Cuadriceps - Glúteo mayor - Aductor - Isquiotibiales - Gemelos - Sóleos	<b>Tren Inferior:</b> - Extensión de la pierna - Extensión del muslo - Extensión del muslo - Extensión de la cadera - Flexión de la planta del pie - Flexión de la planta del pie	

## Fase de vuelo o armado

Músculos	Acciones	Gráfico
<b>Brazo ejecutor:</b> - Trapecio  - Romboide - Deltoides - Pectoral mayor - Bíceps braquial - Braquial - Supraespinoso - Infraespinoso - Redondo mayor	<b>Brazo ejecutor:</b> - Extensión de la cabeza y retracción de la escápula - Rotación posterior escápula - Extensión y abducción brazo - Flexión del brazo - Flexión del antebrazo - Flexión del brazo - Abducción del brazo - Rotación lateral del brazo - Rotación lateral del brazo	
<b>Brazo no ejecutor:</b> - Deltoides - Supraespinoso - Pectoral mayor	<b>Brazo no ejecutor:</b> - Flexión y abducción brazo - Abducción del brazo - Flexión del brazo	
<b>Músculos tronco:</b> - Erector Espinal - Abdom. transverso - Oblicuos	<b>Músculos tronco:</b> - Extensión del tronco - Rotación lateral del tronco - Rotación lateral del tronco	
<b>Cadera y piernas:</b> - Isquiotibiales - Gráciles	<b>Cadera y piernas:</b> - Flexión de la pierna - Flexión de la pierna	

## Fase de golpeo

Músculos	Acciones	Gráfico
<p><b>Brazo ejecutor:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trapecios</li> <li>- Serrato mayor</li> <li>- Deltoides</li> <li>- Pectoral mayor</li> <li>- Tríceps</li> <li>- Dorsal ancho</li> <li>- Redondo mayor</li> <li>- Subescapular</li> <li>- Pronadores antebrazo</li> <li>- Flexores antebrazo</li> </ul> <p><b>Brazo no ejecutor:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deltoides</li> <li>- Pectoral mayor</li> <li>- Tríceps</li> <li>- Dorsal ancho</li> <li>- Redondo mayor</li> </ul> <p><b>Músculos tronco:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recto abdominal</li> <li>- Abdominal transverso</li> <li>- Oblicuos</li> </ul> <p><b>Cadera y piernas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuadriiceps</li> </ul>	<p><b>Brazo ejecutor:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilización</li> <li>- Extensión y estabilización</li> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión brazo y antebrazo</li> <li>- Extensión, abducción brazo</li> <li>- Extensión, abducción brazo</li> <li>- Rotación medial brazo</li> <li>- Pronación antebrazo</li> <li>- Flexión de la mano</li> </ul> <p><b>Brazo no ejecutor:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión del brazo</li> <li>- Extensión y abducción brazo</li> <li>- Extensión y abducción brazo</li> </ul> <p><b>Músculos tronco:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexión del tronco</li> <li>- Rotación medial del tronco</li> <li>- Rotación medial del tronco</li> </ul> <p><b>Cadera y piernas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensión de la pierna</li> </ul>	

## 12. Caracterización de la población

Se realizara el trabajo con el equipo de voleibol femenino de la universidad de Cundinamarca, seccional Soacha; es un grupo de 8 chicas las cuales tienen un rango de entre los 18 a 21 años de edad, todas son estudiantes de ciencias del deporte y la educación física, por lo que se espera que las deportistas tengan una buena forma física y así mismo una buena salud para realizar las actividades.

El grupo entrena 2 veces por semana, dos horas cada sesión de entrenamiento, los cuales se realizan en el coliseo de la universidad de Cundinamarca seccional Soacha los días miércoles y jueves.

Las últimas participaciones del equipo femenino han sido en los siguientes torneos:

- TORNEO REGIONAL DE UNIVERSIDADES “ASCUN”: en el cual lograron llegar hasta la fase de semifinales.
- TORNEO DEL SISTEMA UNIVERSITARIO ESTATAL “SUE”: en el cual lograron llegar hasta la final departamental, la cual está pendiente por jugarse en este año, debido al paro de universidades públicas a finales del año 2018.
- TORNEO NACIONAL DE LA UCUNDINAMARCA: torneo organizado por la UDEC en la sede de Fusagasugá, el cual permitió la participación de equipos no solo universitarios, sino también de clubes a nivel nacional, en el cual obtuvieron un primer puesto.

### **13. Como planificar**

Dentro del ámbito deportivo utilizamos el término PLANIFICAR el cual sugiere que: es la coordinación previa de diversos factores dinámicos para la consecución de un fin. Es el planteamiento que se hace del trabajo coordinando sus diversos factores de manera general y global, dentro de un tiempo. (Pila Teleña). El entrenador primeramente debe PLANEAR lo cual significa un acto de inteligencia cuyo propósito es racionalizar la selección de alternativas para el futuro. Implica un ejercicio libre de la razón para definir con claridad los fines a los que se orienta la acción y desentrañar los mejores medios para alcanzarlos. (Villareal).

La PLANIFICACIÓN es un adelanto al futuro caracterizado por:

- La constante adaptación a la realidad del entrenamiento y de la competición;
- La estructura de fases temporales;
- La posibilidad de periodización

- Las curvas del rendimiento biológico del ser humano

La PLANIFICACIÓN óptima del proceso de entrenamiento está relacionada en gran parte con la Planificación racional del ciclo anual. Su efectividad es determinada por:

- La estructura del ciclo anual;
- Las tareas fundamentales en las etapas de preparación;
- La distribución de volúmenes de medios de entrenamiento fundamentales por semanas
- El calendario y sistema de competición;
- La normalidad del desarrollo y la manifestación de la forma deportiva;
- La dinámica de la condición del atleta en el ciclo anual;
- La organización racional del control pedagógico y médico – biológico. (Marquez, 2011).

La planificación se organiza de la siguiente manera:

### **Periodos** (Ecured, 2013)

**El período preparatorio:** Se subdivide en dos etapas Etapa de preparación general donde los atletas desarrollaran las capacidades físicas, incrementaran la capacidad de trabajo y logran niveles de hipertrofia muscular. En la segunda etapa de preparación especial se incluye n los principales elementos técnicos específicos del deporte, como son los ejercicios clásicos y Especiales. Duración de 4 a 8 meses se ubica al inicio del macrociclo. Los objetivos de este periodo preparatorio: Aprender, Consolidar o perfeccionar la técnica de los ejercicios clásicos, especiales y auxiliares .educar las capacidades motrices generales y especiales.

**Periodo competitivo:** Es una etapa importante en el logro de los resultados y las metas planificadas, esta etapa se tiene en cuenta El modelaje competitivo, topes de preparación en lugares semejantes a los escenarios oficiales utilizando arbitraje a fin lograr mejor concentración del atleta en la competencia. Objetivo del periodo competitivo: Consolidar o perfeccionar la técnica de los ejercicios clásicos ó especiales .Educar capacidades motrices especiales y mantener en el nivel alcanzado las generales. Duración de 1 a 4 meses (de 1-4 mesociclos), se ubica a continuación del periodo preparatorio.

**Periodo transitorio.** En la etapa de transito disminuye el volumen y la intensidad cada día haciéndose menor, logrando el desentrenamiento adecuado a una correcta recuperación hasta comenzar el próximo periodo. Los entrenamientos tienen un carácter de descanso activo, por lo que cambian su forma contenido, de esta forma se evita un posible sobre entrenamiento. Duración de 1 a 2 meses (de 1 a 2 mesociclos), se ubica a continuación del periodo competitivo.

### **Mesociclos** (Ecured, 2013)

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.

**Mesociclo de base:** Constituye el tipo primordial de mesociclo del período preparatorio, permite el aumento de las posibilidades funcionales del organismo de

los atletas, la formación de nuevos hábitos motores y la transformación de los asimilados con anterioridad.

**Mesociclo de desarrollo:** Es el meso donde los deportistas pasan a adquirir un nuevo y más elevado nivel en la capacidad de trabajo. En el marco de esos mesociclo ocurre una elevación de las cargas de entrenamiento fundamentalmente del volumen y la formación de nuevos hábitos motores sobre todo cuando se utiliza durante la etapa de preparación general.

**Mesociclo de estabilización:** Se caracterizan por la interrupción temporal del incremento de las cargas sin que tenga que ocurrir una disminución de sus componentes, lo que contribuye a la fijación de las reestructuraciones crónicas de adaptación de los organismos de los deportistas. Dentro de esos Mesociclo es posible orientar el entrenamiento hacia el afianzamiento de los estereotipos dinámicos

**Mesociclo competitivo:** Constituye el tipo fundamental de los ciclos medios durante el período competitivo de acuerdo a la estructura de dicho período, estos mesociclos se pueden alternar con otros, están determinados por el sistema de competencia de cada deporte y las leyes que regulan el mantenimiento de la forma deportiva adquirida.

### **Microciclo** (Ecured, 2013)

Los Microciclos son pequeñas estructuras en la organización del entrenamiento y están constituidos por las secciones de entrenamiento, y dentro de los ciclos de estos son la parte más variante desde el punto de vista organizativo en su estructura, se caracterizan porque

las relaciones entre el volumen y la intensidad se cambian específicamente atendiendo a los objetivos del tipo de mesociclo al que pertenecen.

**Microciclos ordinarios ó corrientes.** Se caracterizan por un aumento uniforme de las cargas atendiendo principalmente el volumen y por un nivel limitado de la intensidad en la mayoría de las unidades de entrenamiento, esto se manifiesta en los microciclos de preparación general y con determinada parte en la preparación especial.

**Microciclo de choque.** Es característico conjuntamente con el aumento de la carga, un aumento de la intensidad sumaria que se alcanza por medio del incremento de las secciones de entrenamiento dentro del Microciclo y el aumento de la intensidad de las mismas. Los micros de choque se caracterizan además por un aumento del volumen de la carga de una sección a otra, manteniendo una intensidad total alta.

**Microciclo de aproximación.** Se realiza cerca de las competencias principales del ciclo Su objetivo fundamental es el de modelar las situaciones que se presentan en la competencia y se emplean mayormente en los mesociclos pre-competitivos.

**Microciclos Competitivos.** Se determinan por el régimen fundamental de competencias que está fundamentado por las reglas oficiales y el calendario establecido además de los días dedicados a la propia competencia ,estos micros incluyen fases de organización operativa en los días que preceden a la competencia y los intervalos de las mismas.

**Microciclos recuperatorios o de restablecimiento.** Son utilizados preferentemente luego de las competencias fuertes, de alta tensión emocional o al final de una serie

de Microciclos de entrenamiento, sobre todo después de los micros de choque .Están caracterizados además por la disminución de la influencia del entrenamiento como resultado del aumento de la cantidad de días de descanso activo.

Teniendo en cuenta las definiciones dadas anteriormente, nos centraremos en el grupo de prueba; actualmente el equipo realiza dos entrenamientos semanales de dos horas por sesión, con el objetivo principal de obtener la mejor representación en este año del equipo femenino de voleibol de la universidad en los torneos anteriormente mencionados, al igual que desarrollar y mantener las capacidades generales y específicas del deporte en cada deportista. En la planeación para este semestre académico se proponen dos mesociclos de entrenamiento, esto debido a que no tienen una competencia principal definida, la idea primordial es iniciar la preparación desde este año para el próximo año poder participar en los juegos Ascun y tener la mejor representación posible. Esta planeación tiene 9 microciclos, los cuales están compuestos por dos sesiones de entrenamiento, los cuales abarcaran diferentes intensidades y temáticas de entrenamiento encaminados a alcanzar el objetivo principal.

#### 14. Macro ciclo de entrenamiento aplicado a la investigación

<b>PERIODIZACION MACROCICLO VOLEIBOL CATEGORIA FEMENINA</b>			
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Obtener la mejor representación en este año del equipo femenino de voleibol de la universidad en los torneos anteriormente mencionados, al igual que desarrollar y mantener las capacidades generales y específicas del deporte en cada deportista.		
<b>ETAPAS</b>	PREPARATORIO		
<b>MESOCICLOS</b>	ENTRANTE	BASICO DESARROLLADOR	
<b>MES</b>	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE

FECHA SESION	25 – 10- 2019	26- 10 - 2019	02- 10- 20 19	03- 10- 20 19	09- 10- 20 19	10- 10- 20 19	16- 10- 201 9	17- 10- 201 9	23- 10- 201 9	24- 10- 201 9	30- 10- 201 9	31- 10- 201 9	06- 11- 201 9	07- 11- 2019	13- 11- 20 19	14- 11- 201 9	20- 11- 201 9	
OBJETIVOS MESOCICLOS	Adaptación a la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad con énfasis en la técnica deportiva y el trabajo físico de resistencia aeróbica como base de adaptación.		Aumento de masa muscular y explosividad muscular, trabajos mixtos con mayor énfasis en la resistencia anaeróbica y la velocidad específica.				Mantenimiento de la fuerza, de la resistencia y de las velocidades propias del deporte, con un mayor énfasis en el trabajo técnico y táctico.						Regulación de las cargas para adaptar el organismo, por lo mismo mayor trabajo táctico con resistencia anaeróbica aláctica como base del mismo.					
COMP.																		
MICRO CICLOS	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
TIPOS MICRO CICLOS	AJ	AJ	AJ	CO R	CO R	CH	REC	CO R	CO R	CH	RE C	CO R	COR	CH	RE C	CO R	CO R	

Las muestras de CPK se debe realizar en un microciclo de choque, en este caso lo haremos el día 24 de octubre de 2019; teniendo en cuenta que todas las deportistas estén siguiendo la planeación, decidimos realizar el muestreo en esta fase del macrociclo debido a que en esa fecha las deportistas ya deben tener cierto nivel de adaptaciones, lo que quiere decir que es hora de aumentar notablemente la intensidad y disminuir el volumen, pues ya hay q empezar a centrarse en el sistema anaeróbico alactico, ya que en cada una de las acciones de este deporte se requiere, además nos es demasiado favorable esta fase para tener un buen registro de actividad de CPK.

Teniendo en cuenta que para que en el muestreo se evidencie la aparición de la cpk como resultado de un microciclo de choque, se debe esperar 24 horas después de la aplicación de la carga, antes de esas 24 horas, no se presentaran alteraciones significativas de dicho

marcador fisiológico, lo que quiere decir que la carga fue aplicada el día 23 de octubre del 2019, y la toma de muestras fue el día 24 de octubre de 2019. La sesión de entrenamiento del día 23, se basó en el trabajo de potencia de pierna y brazo, en lo cual se trabajó el sistema anaeróbico alactico en los gestos técnicos específicos de remate, servicio y recepción, para lo cual cada serie no duraba más de 30 segundos, planteando esto la sesión de entrenamiento fue la siguiente.

### **Calentamiento:**

- Movilidad articular
- Se inició con balón por parejas con diversos desplazamientos por toda la cancha con lanzamientos entre las mismas.
- Después se inició con un calentamiento específico el cual consto de golpear y correr a velocidad máxima, con ello aumentaban temperatura mientras realizaban calentamiento de hombro.

### **Fase central**

- Trabajo por parejas, a una distancia de 9 metros realizar gesto de servicio flotante lo más potente posible.
- Trabajo por parejas de servicio en maya con salto lo más potente posible
- Trabajo de K1, 6 en cancha y 1 sirviendo en salto, por cada balón que callera la piso realizaban trabajo físico. ( rotaban funciones cada 20 balones)
- Trabajo anaeróbico alactico, recepción de balón por toda la cancha, tres series progresivas (1 seria – 6 balones, 2 seria – 8 balones, 3 serie – 10 balones). El último balón lo atacaban ellas en la red.

- Trabajo anaeróbico alactico, balón seriado, 4 series de 6 repeticiones cada una, sin descanso entre repetición y repetición.

### **Vuelta a la calma**

- Estiramiento

## **15. Resultados**

Teniendo en cuenta que los niveles normales de CPK no para todos los autores es el mismo, vamos a centrarnos en un punto neutral, en este caso los valores normales serán los siguientes; pues serán tomados en cuenta según la tabla de varemos que viene implícita en el manual del Reflotron, que fue el medio que se utilizó para tomar los niveles de cpk en las deportistas.

### **Reference ranges**

	37°C	30°C	25°C
Men	24 – 195 U/L 0.4 – 3.25 Kat/l	15 – 130 U/L 0.25 – 2.17 Kat/l	10 – 80 U/L 0.17 – 1.33 Kat/l
Women	24 – 170 U/L 0.4 – 2.83 kat/l	15 – 110 U/L 0.25 – 183 kat/l	10 – 70 U/L 0.17 – 1.17 kat/l

**Tabla 16 .** Rangos de referencia “tomada de manual del Reflotron Plus”.

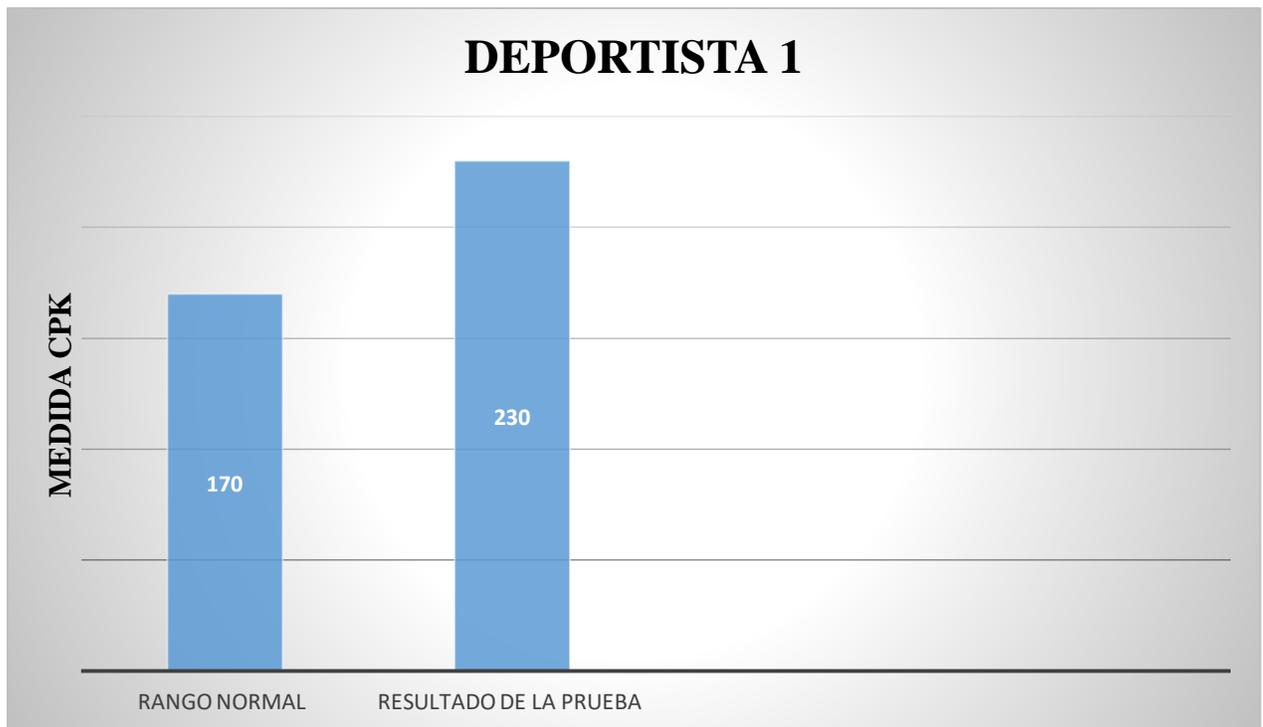
Las muestras fueron tomadas con el Reflotron Plus, dichas muestras fueron realizadas en el salón de fisiología de la Universidad de Cundinamarca, el Reflotron se programó a una

temperatura de 37°C, lo que quiere decir que para las mujeres el rango normal de cpk está en **24 – 170 u/l**.

Las deportistas que realizaron el muestreo fueron las siguientes:

- **Deportista 1**

Rango normal de cpk	Resultado obtenido de la muestra
24 – 170 U/L	230 U/L

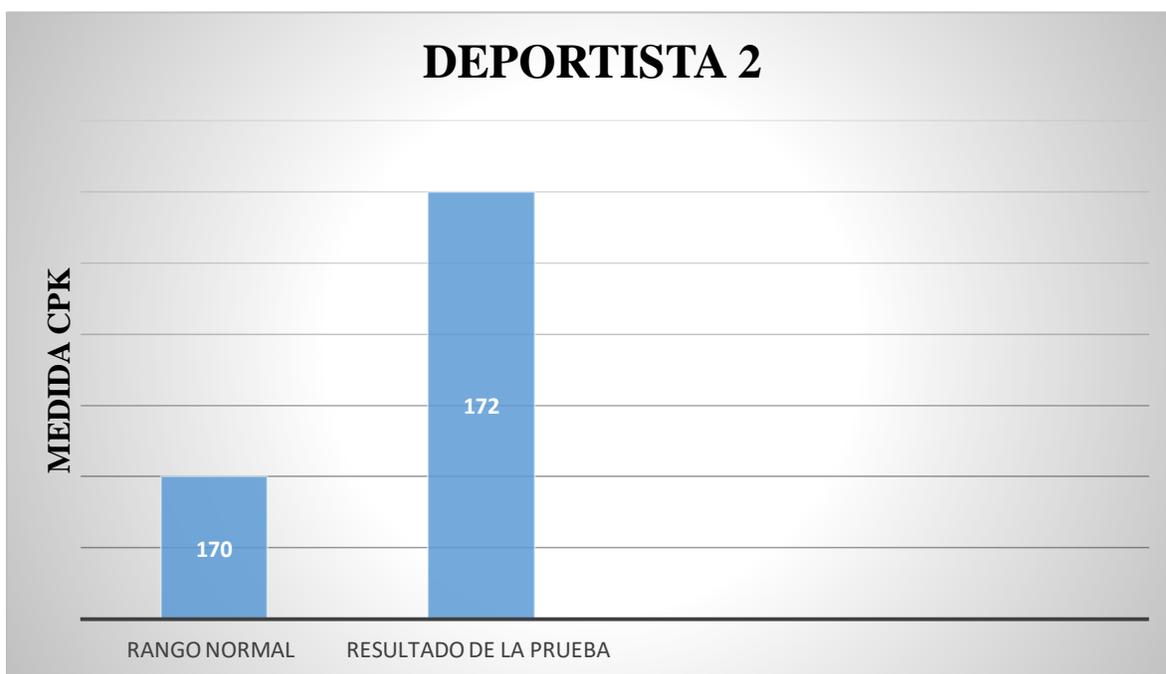


En los resultados de la deportista 1 se puede verificar que los niveles de cpk supera el valor normal, lo que nos indica que sí se está generando una adaptación al entrenamiento mediante ruptura proteica, lo cual con una buena recuperación genera una súper compensación y aumentara su nivel de potencia, esto con el tiempo nos indica que llegara a

soportar una mayor intensidad y volumen en las futuras cargas que se le apliquen, lo cual evidencia q en su sistema se está generando un proceso de adaptación constante.

- **Deportista 2**

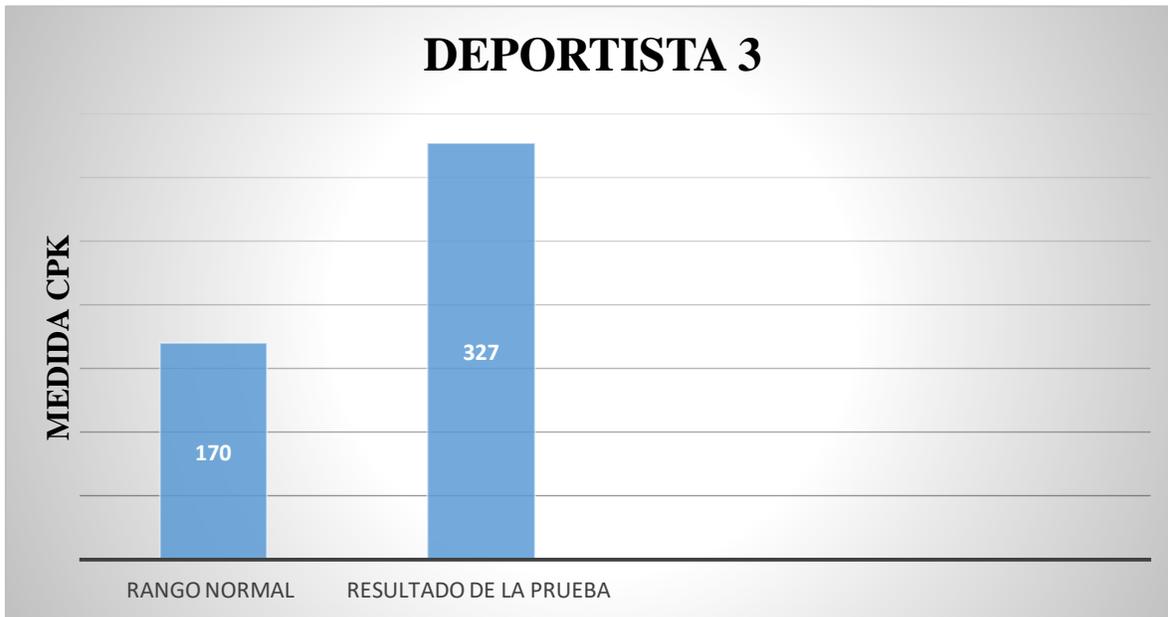
Rango normal de cpk	Resultado obtenido de la muestra
24 – 170 U/L	172 U/L



En los resultados de la deportista 2, podemos notar que está más cerca a los niveles normales de cpk, lo que quiere decir que puede que la deportista no está realizando los ejercicios correctamente o que su entrenamiento deberá ser mejor planeado acorde a su estado físico, y considerar en subir un poco las cargas, pues los niveles muestran un sobre entrenamiento pero no es tan significativo como la deportista anterior, lo que quiere decir que habrá una mejora de la condición, pero no tan significativa.

- **Deportista 3**

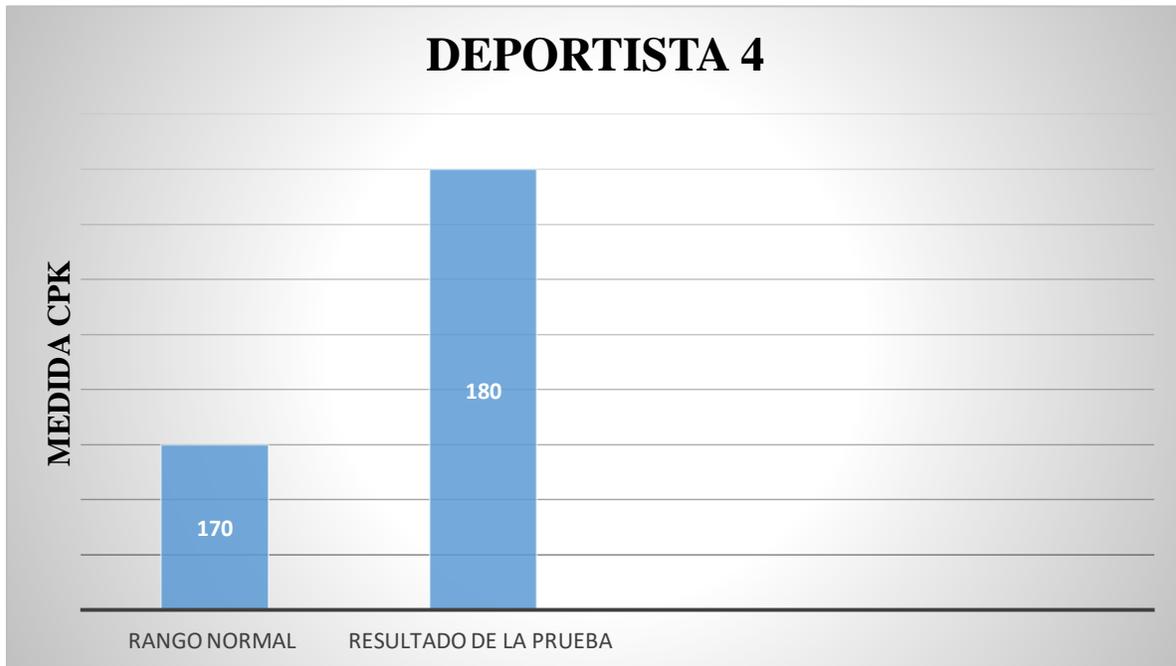
Rango normal de cpk	Resultado obtenido de la muestra
24 – 170 U/L	327 U/L



En los resultados de la deportista 3, se puede apreciar que los niveles de cpk supera el valor normal casi por el doble, lo que nos indica que sí se está generando una adaptación al entrenamiento mediante ruptura proteica, pero esta deportista está en un gran sobre entrenamiento, lo cual con una buena recuperación genera una súper compensación y aumentara su nivel de potencia, pero si no recupera y sigue con las mismas cargas podría llegar a sufrir molestias musculares, dolores o lesiones.

- **Deportista 4**

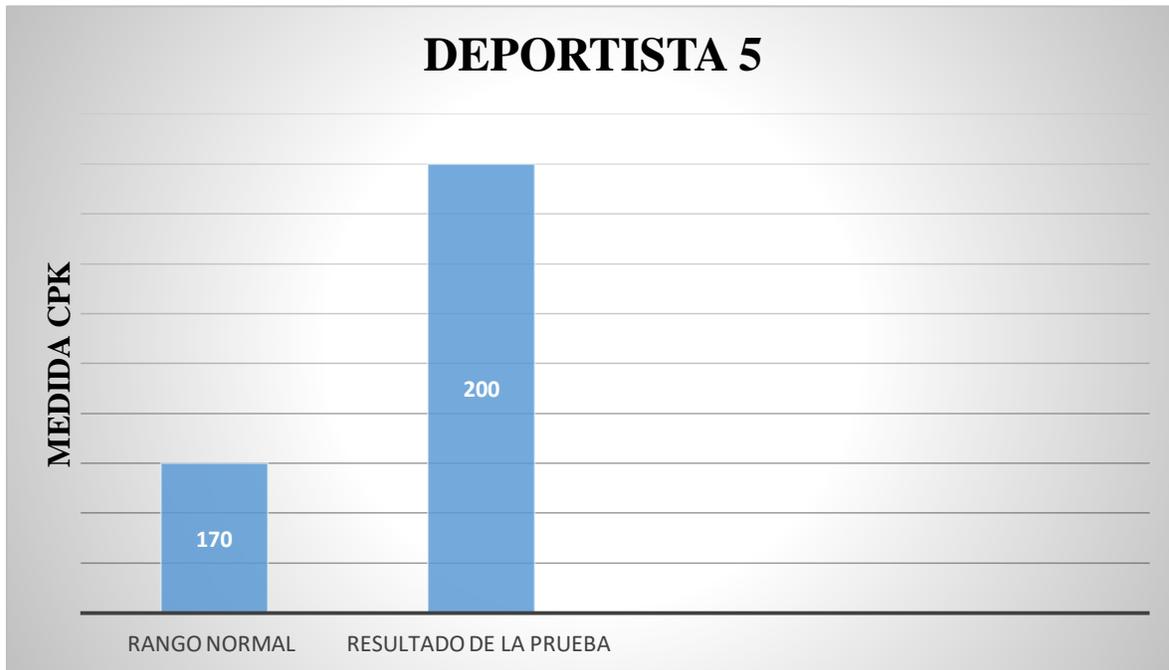
Rango normal de cpk	Resultado obtenido de la muestra
24 – 170 U/L	180 U/L



En los resultados de la deportista 4, podemos notar que está cerca a los niveles normales de cpk, lo que quiere decir que la deportista no está realizando los ejercicios correctamente o que su entrenamiento deberá ser mejor planeado acorde a su estado físico, el entrenador deberá analizar y considerar si es necesario subir las cargas, o simplemente estar más al tanto de como ejecuta la deportista los ejercicios, pues los niveles muestran un sobre entrenamiento pero no es tan significativo como las deportistas 1 y 3, lo que quiere decir que habrá una mejora de la potencia, pero no tan significativa.

- **Deportista 5**

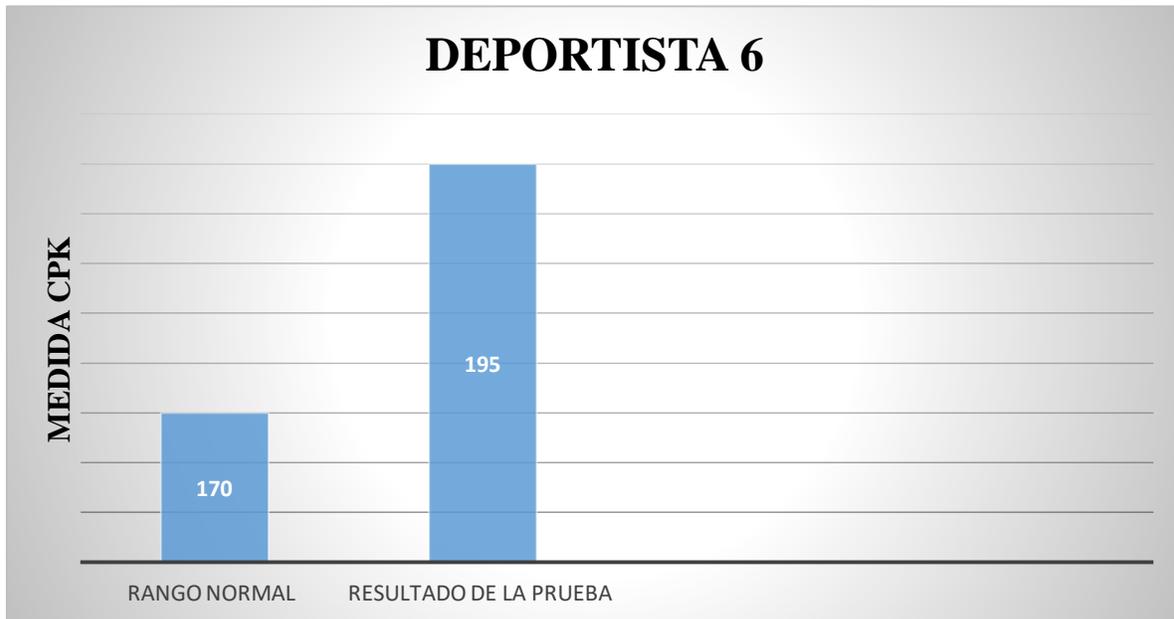
Rango normal de cpk	Resultado obtenido de la muestra
24 – 170 U/L	200 U/L



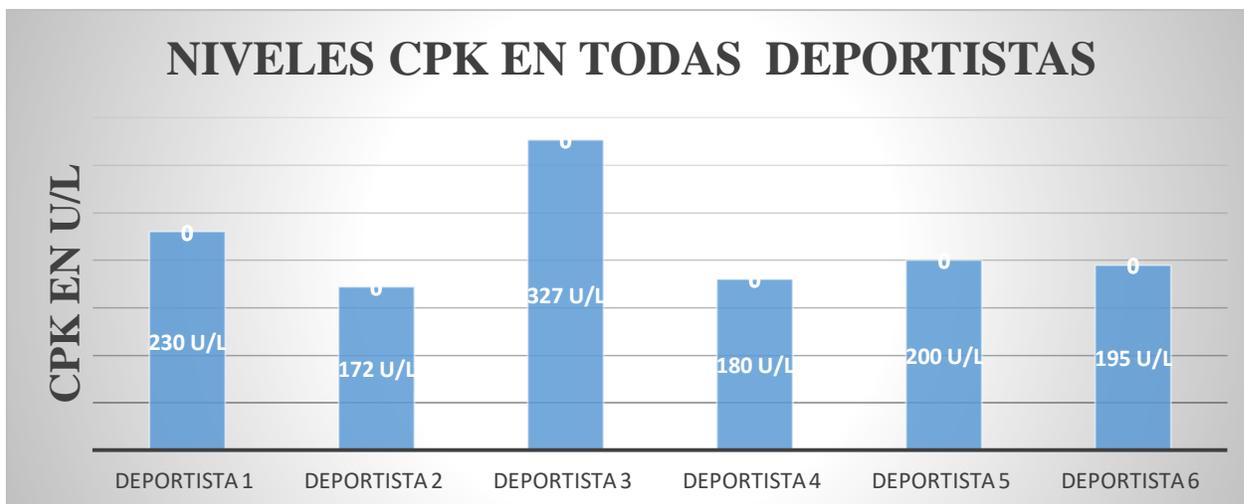
En los resultados de la deportista 5, se puede apreciar que los niveles de cpk supera el valor normal, lo que nos indica que sí se está generando una adaptación al entrenamiento mediante ruptura proteica, debido a que la deportista está en sobre entrenamiento, lo cual con una buena recuperación genera una súper compensación y aumentara su nivel de potencia tanto en salto como en potencia de brazo, pero si no recupera y sigue con las mismas cargas podría llegar a sufrir molestias musculares, dolores o lesiones.

- **Deportista 6**

Rango normal de cpk	Resultado obtenido de la muestra
24 – 170 U/L	195 U/L



En los resultados de la deportista 6, podemos notar que no está cerca pero tampoco muy lejos de los niveles normales de cpk, lo que quiere decir que la deportista esta realizando un entrenamiento formidable, aunque aun asi puede aumentar un poco no mas las cargas de entrenamiento, el resultado nos indica que sí se está generando una adaptación al entrenamiento mediante ruptura proteica, debido a que la deportista está en sobre entrenamiento, lo cual con una buena recuperación genera una súper compensación y aumentara su nivel de potencia tanto en salto como en potencia de brazo.



En base a esta gráfica y teniendo en cuenta que algunas de las deportistas tienen más experiencia competitiva que las demás, aparte de eso tienen más sesiones de entrenamiento también, y aquí se ve reflejado, pues la deportista 3 y 5 han sido selección Cundinamarca, entrenan y compiten más frecuentemente, y no solo en la universidad, se les nota que sus niveles de fatiga y entrenamiento son más altos que muchas de las demás, la deportista 3, es quien tiene más años en competencia y de experiencia lo que quiere decir que puede llegar a soportar más carga que las demás compañeras, pues es la deportista que más destaca en el equipo y en los entrenamientos. También hay que tener en cuenta que son estudiantes de ciencias del deporte y por lo mismo no solo entrenan, sino que realizan actividad física moderada continuamente, esto también puede llegar a favorecer los niveles de adaptación y aumentar los de cpk.

Claro está que para estas pruebas se enfatizó mucho en decirle a las deportistas que no realizaran ninguna otra actividad fuerte aparte del entrenamiento hasta el momento de las muestras, esto con el fin de no afectar los resultados a obtener en la investigación.

## 16. Conclusiones

- Se logró valorar satisfactoriamente los niveles de cpk después de un entrenamiento de choque con deportistas de voleibol, lo cual nos arrojó los resultados esperados, los cuales nos indicaron que las deportistas están realizando una carga relativamente adecuada, ya que si no pasaba los niveles normales de cpk, quería decir que no estaban realizando el trabajo necesario para generar una adaptación y no habría una mejora considerable en el rendimiento.
- Se logró generar un buen macrociclo el cual con su estructuración nos permitió llegar al punto de poder aplicar el microciclo de choque en el nivel que era adecuado.
- La estructuración del microciclo de choque fue el adecuado, debido a que se aplicó teniendo en cuenta los parámetros de una buena planeación que es ir de lo poco a lo mucho con intervalos por serie y repeticiones de trabajo.
- Se logró controlar la carga de entrenamiento que no fuera insuficiente para generar la ruptura proteica, y también que no se saliera por tiempo del sistema energético anaeróbico alactico.
- Las deportistas comprendieron lo importante que es realizar la carga planificada, pues colaboraron demasiado en la ejecución del entrenamiento así como intentaron realizar los ejercicios lo más rápido y potentemente posible, pues el microciclo con su trabajo de potencia no solo buscaba trabajar el tren inferior, sino también el superior generando un trabajo total del cuerpo.
- Según lo analizado y observado en las muestras, se evidencia que la planificación a pesar que no estaba fijada a un objetivo competitivo, debido a que son hasta el otro

semestre, se buscaba iniciar una preparación desde ya desarrollando las capacidades básicas del deporte, siendo así, se puede hacer un trabajo más intenso con los deportistas debido a que no hay pendiente una competición, pues de esta manera el plan de entrenamiento fue un éxito.

## 17. Bibliografía

- Atalayas, P. I. (1987 España). TEST REFLOTROCK EN SANGRE, SUERO O. *Akralab SL*, 1.
- Bompa, T. (1996). Periodización de la Fuerza: La nueva onda en el entrenamiento de la fuerza. *Editado en versión digital por: Grupo Sobre Entrenamiento*.
- Bonet, Parrado, & Capdevila. (2017 ). EFECTOS AGUDOS DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE EL ESTADO DE ÁNIMO Y LA HRV. *revista internacional de medicina científica en actividad física y deporte* .
- BOSCO, c. (2000). La fuerza muscular: aspectos metodológicos. *Marcadores-bioquímicos-del-entrenamiento/*, 1.
- Burgess. T., y. L. (2010). The efficacy of cryotherapy on recovery following exercise-induced muscle damage. . *International Sport Medicine Journal*, 11(2), 258-277.
- Calderón F. J., Benito, P. J., Meléndez, A., & González, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 2(2), 65-87.
- CARDONA OSCAR, R. Y. (12 de JUNIO de 2013). ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA EJECUCIÓN TÉCNICA DEL GESTO REMATE EN EL EQUIPO MENORES FEMENINO PERTENECIENTE A LA LIGA RISARALDENSE DE VOLEIBOL 2012. ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA EJECUCIÓN TÉCNICA DEL GESTO REMATE EN EL EQUIPO MENORES FEMENINO PERTENECIENTE A LA LIGA RISARALDENSE DE VOLEIBOL 2012. PEREIRA, RISARALDA , COLOMBIA : UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA .

- Chile, R. (2018 Roche Chile Ltda.). Reflotron Plus. *Reflotron Plus en los cuidados primarios de la salud*, 1.
- Coss Santiago, A. E. (2014). Estructura de planificación de los sistemas energéticos aplicados al boxeo. *efdeportes* .
- D'ottavio, G. P. (2008). Creatinfosfoquinasa y su aplicación clínica. *Anuario Fundación Dr. JR Villavicencio*, 16, 156-159.
- Dra.C.Jiménez Gletechen, D. M. (2012). caracterizacion fisiologica de los sistemas energeticos en el atletismo . *efdeportes* .
- Ecured. (18 de junio de 2013). Ecured . Recuperado el 27 de marzo de 2019, de Ecured : [https://www.ecured.cu/Macrociclo\\_de\\_Entrenamiento](https://www.ecured.cu/Macrociclo_de_Entrenamiento)
- FARDY, P. S.; HRITZ, M. G.; HELLERSTEIN, H. K. (1976). Cardiac responses during women's intercollegiate volleyball and physical fitness changes from a season of competition. *Journal of Sports and Physical Fitness*. 16, , 291-300. .
- Friden J, S. M. (1983). Myofibrillar damage following intense excentric in man. *J Sports Med.*, 170-176.
- Garamendi González, P. M. (2005). Rabdomiolisis tras actividad física extenuante: A propósito de un caso. *Cuadernos de Medicina Forense*, (41) , 183-189.
- García Manso, J. N. (1996). Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones. En J. N. García Manso, *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*. Madrid: Gymnos.

- Gardner GW, Bratton R, Chowdhury SR, Fowler WM, Pearson CM. (1964). Effect of exercise on serum enzyme levels in trained subjects. *J Sports Med Physical Fitness.*, 103-110.
- Gerard Moras, Carlos Zurita. (2017). Valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la frecuencia cardiaca en voleibol. *Educación Física y Deportes (55)*, 77-84.
- Gonzales, U. N. (2002). La concentración de ácido láctico como índice de valoración de la contribución energética en el voleibol. *efdeportes*, 2.
- Gonzalez, J. (2004). Técnicas y Métodos de Laboratorio Clínico. *España: Masson*.
- Harris PA, M. D. (1998). Plasma aspartate aminotransferase and creatinephosphokinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. . *Vet J.* , 295-304.
- Hartmann U, M. J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc.*, 209-215.
- Hernandez, F. (22 de NOVIEMBRE de 2016). EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO.  
EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO.
- Hug M, M. P. (2003). Training modalities: over-reaching and over-training in athletes, including a study of the role of hormones. . *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.*, 191-209.
- Kayser, B. (2003). Exercise starts and ends in the brain. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 441-449.

Manetta J, B. J. (2000). The effects of exercise training intensification on glucose disposal in elite cyclists. *J Sports Med.*, 338-43.

Manso., G. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones.* Madrid.: Gymnos.

Manuel Ildefonso Ruiz Medina, M. d. (2013). EL ENFOQUE MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN LOS ESTUDIOS. *TLATEMOANI, Revista Académica de Investigación No. 13*, 10-25.

Martínez Gimeno A, H. R. ( 2010;). Uso de replotron® como herramienta docente en el Grado de Farmacia. *El blog como herramienta didáctica en el espacio europeo de educación superior. Revista de Medios y Educación.* , 165-175.

Marquez, r. (2011). ESTRUCTURA BÁSICA DEL PLAN DE ENTRENAMIENTO. Metodología deportiva UNAM.

Mateviev. (1993). *El proceso del entrenamiento deportivo.* Buenos Aires : Editorial Stadium.

Mateviev. (1993). *El proceso del entrenamiento deportivo.* Buenos Aires.: Editorial Stadium.

Millet, G. y. (2004). Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing. *Sports Medicine*, 34., 105-116.

M., M. C. (Tejuelo. 2010;). Uso de replotron® como herramienta docente en el Grado de Farmacia. *El proceso de Bolonia y las nuevas competencias.*, 19-37.

MORAS, G. (1994). *La preparación integral en el voleibol. 1000 ejercicios y juegos.* Barcelona: Paidotribo.

Navarro Valdivieso, F. (2003). Modelo de planificación según el deporte y el deportista. *Lecturas de Educación Física y Deportes*, 67.

- Navarro Valdivieso, F. (2003). Modelo de planificación según el deporte y el deportista. *Lecturas de Educación Física y Deportes*, 67.
- Noakes, T. (1987). Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Med*, 245-267.
- Nosaka, P. C. (1992). Time course of serum protein changes after strenuous exercise of the forearm flexors. *J La Clin Med*, 183-188.
- Nunes LA, G. P. (2006). Adequacies of skin puncture for evaluating biochemical and hematological blood parameters in athletes. *Clin J Sport Med.*, 418-421.
- Pérez, M., Roiz, J. C., & Diazaraque, R. (2001). Rabdomiolisis inducida por el ejercicio. . *Revista Medifam*, 11(9), 92-95.
- Plowman, S. y. (2014). Exercise Physiology for health Fitness and Performance. . 4th Ed. *Estados Unidos de América: LWW.*
- Portela, O. (2018 ). sistemas energeticos en el voleibol . *Academia* .
- Rafael Burgueño, D. L. (2012). Conceptos básicos sobre la dinámica de esfuerzos: aplicación a la carga de entrenamiento. *efdeportes*.
- Rafael Burgueño, D. L. (2012). Conceptos básicos sobre la dinámica de esfuerzos: aplicación a la carga de entrenamiento. *efdeportes*.
- Roche Diagnostics, S. (2018). Sistema Reflotron® Plus. 1.
- Sanchez J, B. B. (1997). Variaciones bioquimicas sericas inducidas por el ejercicio fisico. *Diagn Biol.*, 239-242.

- Suay, F. R. (2007). Indicadores psicológicos de sobreentrenamiento y agotamiento. *Revista de psicología del Deporte*, 7(2) , 7-28.
- Taylor, J. A. (2016). Neural Contributions to Muscle Fatigue: From the Brain to the Muscle and Back Again. . *Medicine & Science in Sports & Exercise, Publish Ahead of Print.*, 1-45.
- Terrados, N. y.-G. (2010). Recuperación Post-competición del Deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*, 27 (138), 41-47 Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3289020>.
- Torres, J. M. (2016). Rabdomiólisis tras la práctica de spinning: una asociación peculiar. . *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 9(2) 91-94, 91-94.
- Urdampilleta, A., Martínez, J. M., & López, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(2),, 73-83.
- Vanshika, S. (2012). Literature review of Management of Delayed onset muscle soreness . *International Journal of Biological & Medical Research*, 3(1)., 1469-1475.
- Vásconez Pinto, M. P. (2014). Valoración de urea, lactato y cpk en futbolistas que acuden al laboratorio clínico re-maz como medio de control de resistencia física antes y después del entrenamiento en la temporada (Tesis Doctoral Universitaria). *Universidad Técnica de Ambato. Ambato Ecuador*.
- Viru, A. &. (2003). ANÁLISIS Y CONTROL DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO. *Editorial Paidotribo.* , (p. 300). Retrieved from <https://books.google.com/books?id=nyMfAoEVXhcC&pgis=1>.

Wilmore, J. y. (2007). *Fisiología del Esfuerzo y el Deporte (6ta Ed)*. Barcelona.: Editorial Paidotribo.

ZINTL, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia*. Barcelona: Martinez Roca.

