

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



EFFECTO DE LA *Spirulina (Arthrospira) maxima* SOBRE DAÑO MUSCULAR Y
COMPOSICIÓN CORPORAL EN BOXEADORES PROFESIONALES

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA

PRESENTA:
ANDRÉS AQUILINO CASTRO ZAMORA

Agosto 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



EFFECTO DE *Spirulina (Arthrospira) maxima* SOBRE DAÑO MUSCULAR Y
COMPOSICIÓN CORPORAL EN BOXEADORES PROFESIONALES

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA

PRESENTA:
ANDRÉS AQUILINO CASTRO ZAMORA

DIRECTORA DE TESIS
DRA. BLANCA ROCÍO RANGEL COLMENERO

Agosto 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



EFECTO DE *Spirulina (Arthrospira) maxima* SOBRE DAÑO MUSCULAR Y
COMPOSICIÓN CORPORAL EN BOXEADORES PROFESIONALES

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA

PRESENTA:

ANDRÉS AQUILINO CASTRO ZAMORA

CO-DIRECTORA DE TESIS
DRA. ROSA OLIVIA MÉNDEZ ESTRADA

Agosto 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



EFFECTO DE *Spirulina (Arthrospira) maxima* SOBRE DAÑO MUSCULAR Y
COMPOSICIÓN CORPORAL EN BOXEADORES PROFESIONALES

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA

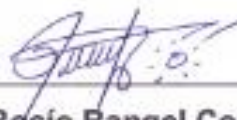
PRESENTA:

ANDRÉS AQUILINO CASTRO ZAMORA

CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. JORGE ARTURO SIMENTAL TRINIDAD

Agosto 2018

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero, como directora de tesis interna de la Facultad de Organización Deportiva, acreditó que el trabajo de tesis doctoral del **MMEDAR. Andrés Aquilino Castro Zamora**, titulado **"Efecto de *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre daño muscular y composición corporal en boxeadores profesionales"** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora del Área de Posgrado

"Efecto de *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre daño muscular y composición corporal en boxeadores profesionales"

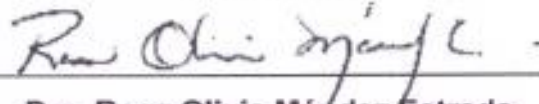
Presentado por:

MMEDAR. Andrés Aquilino Castro Zamora

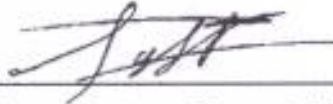
El presente trabajo fue realizado en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en la Universidad Estatal de Sonora, bajo la dirección del (la) Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero, como requisito para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



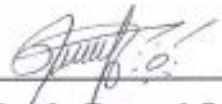
Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
DIRECTOR



Dra. Rosa Olivia Méndez Estrada
CO-DIRECTOR




Dr. Jorge Arturo Simental Trinidad
CO-DIRECTOR



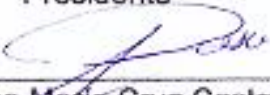
Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora del Área de Posgrado

"Efecto de *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre daño muscular y composición corporal en boxeadores profesionales".
Presentado por:

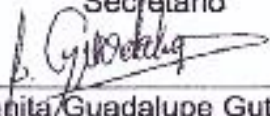
MMEDAR. Andrés Aquilino Castro Zamora
Aprobación de la Tesis por el Jurado de Examen:



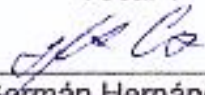
Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Presidente



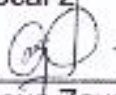
Dra. Rosa María Cruz Castruita
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Secretario



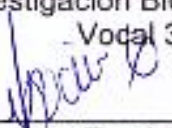
Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto
Facultad de Agronomía, UANL
Vocal 1



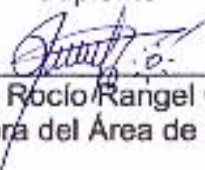
Dr. Germán Hernández Cruz
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Vocal 2



Dra. Laura Mireya Zavala Flores
Centro de Investigación Biomédica del Noreste
Vocal 3



Dra. Mynam Zarai García Dávila
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Suplente



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora del Área de Posgrado

Dedicatoria

A Norma Angélica Borbón Castro, quien ha sido mi fiel compañera desde los 19 años, caminando siempre a mí lado con firmeza, confianza y entrega en un mismo objetivo. Terminamos otra aventura que soñamos e iniciamos juntos, pero viene la más importante de nuestras vidas...

A Trinidad Castro Zamora (†), quien me demostró que en las adversidades también se puede desarrollar y crecer, pese lo duro que toque vivir...

A Jesus Griselda Castro Zamora, por tomar una gran responsabilidad sobre mí, siendo apenas adolescente... la cual yo considero ha sido la más difícil de su vida.

A Jesus Manuel, Marcelo y José Gregorio Castro Zamora, quienes me apoyaron en determinados momentos de mi vida para seguir estudiando... respetando mis ideales y sueños.

A mí Papá Trinidad Castro (†), por las pocas, pero nutridas pláticas que tuvimos.

A mí Mamá María de Jesús Zamora, por el reto que me ha puesto a partir del año de nacido.

A Norma Alicia Borbón, por darme la confianza de entrar en su hogar.

A Héctor Esquer, por apoyar a Griselda en su decisión...

A Isauro Chávez, por enseñarme que la disciplina y constancia lleva al ser humano a donde se lo proponga, principalmente cuando se vive con principios y valores.

A todos mis sobrinos... sepan que trabajar con disciplina, constancia y perseverancia rinde frutos... con mucho cariño a Fernando José Castro (†), quien luchó hasta el final de su vida, escuchando mis consejos aún conociendo su destino...

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a...

Dios, por brindarme la oportunidad de vivir...

Norma Angélica Borbón Castro, por ser quien siempre está a mí lado apoyándome en todo, escuchando mis ideas y alentándome en las decisiones.

Alfredo Caballero e integrantes de su equipo de trabajo “Caballero Boxing Club”, quienes me permitieron realizar este proyecto con sus boxeadores.

Los boxeadores que confiaron en este proyecto, regalándome su tiempo para buscar otros métodos que contribuyan en la mejora de su rendimiento físico.

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora “CESUES” hoy Universidad Estatal de Sonora “UES”, mi Alma Máter.

Las autoridades de la UES quienes me dieron la oportunidad de participar en la convocatoria para ingresar al Doctorado en Ciencias de la Cultura Física.

Quienes estuvieron conmigo durante este proceso doctoral... en especial al Dr. Jorge Arturo Simental Trinidad, quien siempre se mostró dispuesto apoyar, regalándome su tiempo para poder avanzar en mi tesis.

Con mucho respeto y aprecio agradezco a quien me brindó la confianza de ser parte de la institución en el año 2011, gracias por seguir apoyándome en mi desarrollo docente, por tomarme en cuenta, usted es parte de este logro.

Resumen

El boxeo es un deporte de combate que demanda potenciar aptitud física, elementos técnicos y tácticos entre 17 y 18 semanas divididas en períodos, etapas, mesociclos y microciclos de entrenamiento. En este tiempo, los boxeadores deben cumplir con las necesidades propias del deporte sin afectar el rendimiento físico y estado de salud, evitando generar daño muscular y detrimento fisiológico. La *Spirulina (Arthrospira) maxima* puede ser una alternativa en la disminución del daño muscular generado por el cumulo de cargas físicas, disminuir la masa grasa y aumentar la masa libre de grasa por la composición química que presenta. Por lo tanto, el objetivo de la investigación es evaluar el efecto que tiene la complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre indicadores del daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales durante la preparación física. **Materiales y métodos:** El diseño de estudio fue tipo experimental llevado a cabo en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México con boxeadores profesionales con un muestreo probabilístico, aplicando estadística descriptiva e inferencial en el análisis de resultados con el software Estadística StatSoft 8.0. Los boxeadores presentaron edad de 21.26 años, frecuencia cardiaca 194.36 pulsos por minuto y consumo máximo de oxígeno de 50.35 mililitros de oxígeno por minuto. **Resultados:** En los grupos experimental y control, la concentración de creatinquinasa se encontró entre 134U/l y 217U/l, el aspartato aminotransferasa 35U/l y 48U/l y la alanina aminotransferasa 34U/l y 54U/l. Al comparar por grupo experimental y control se observaron diferencias significativas ($p < .05$) en la creatinquinasa y alanina aminotransferasa el día de evaluación 27. En las comparaciones realizadas a través del tiempo se presentaron diferencias significativas ($p < .05$) en la creatinquinasa y alanina aminotransferasa a partir del día de evaluación 13, el aspartato aminotransferasa presentó diferencia en el grupo control el día de evaluación 20 y el 27 ambos grupos presentaron diferencias significativas ($p < .001$) comparado con el día 6, donde el grupo control presentó mayor concentración enzimática respecto al grupo experimental. Los cambios presentados en grupo experimental y control fueron de 49% y 65% respectivamente en creatinquinasa, 21% y 29% en aspartato aminotransferasa y 37% y 61% en

alanina aminotransferasa. No se presentaron diferencias significativas ($p > .05$) en la masa grasa y masa libre de grasa al comparar grupo experimental con control. El consumo calórico total en los 20 días fue de 3381.87 kilocalorías en grupo experimental y 3216.65 kilocalorías en grupo control, sin diferencias significativas ($p > .05$) al compararse por grupos en macronutrientos y micronutrientos. En ambos grupos se entrenó a 74.67 en la semana 1, 77.65% en la semana 2 y 79.43% en la semana 3, sin presentar diferencias significativas ($p < .05$) al compararse por grupos. A través del tiempo la intensidad incrementó en ambos grupos ($p < .01$).

Conclusiones: La complementación con *Arthrospira maxima* en un tiempo de 20 días presenta acción protectora en el daño muscular, retardando el tiempo de filtración de creatinquinasa y alanina aminotransferasa cuando se entrena entre 75 y 80% de la frecuencia cardíaca máxima.

Abstract

Boxing is a combat sport that demands to enhance physical fitness, technical and tactical elements between 17 and 18 weeks divided into periods, stages, mesocycles and microcycles of training. In this time, boxers must meet the needs of sport without affecting the physical performance and health status, avoiding muscle damage and physiological detriment. The *Spirulina (Arthrospira) maxima* can be an alternative in the decrease of the muscle damage generated by the accumulation of physical loads, decrease the fat mass and increase the fat-free mass due to the chemical composition that it presents. Thus, the objective of the research is to evaluate the effect of supplementation with *Spirulina (Arthrospira) maxima* on indicators of muscle damage and body composition in professional boxers during physical preparation. **Materials and methods:** The study design was experimental type carried out in the city of Hermosillo, Sonora, Mexico with professional boxers with a probabilistic sampling, applying descriptive and inferential statistics in the analysis of results with the Statistica StatSoft 8.0 software. **Results:** The boxers presented age of 21.26 years old, heart rate 194.36 pulses per minute and maximum oxygen consumption of 50.35 milliliters of oxygen per minute. In the experimental and control groups, the creatinekinase concentration was between 134U/l and 217U/l, aspartate aminotransferase 35U/l and 48U/l and the alanine aminotransferase 34U/l and 54U/l. When comparing experimental group and control, significant differences were observed ($p < .05$) in creatinekinase and alanine aminotransferase on evaluation day 27. In the comparisons made over time there were significant differences ($p < .05$) in creatinekinase and alanine aminotransferase as of evaluation day 13, aspartate aminotransferase showed difference in the control group on evaluation day 20 and 27 both groups presented significant differences ($p < .001$) compared to day 6, where the control group had a higher enzyme concentration than the experimental group. The changes presented in experimental group and control were 49% and 65% respectively in creatinekinase, 21% and 29% in aspartate aminotransferase and 37% and 61% in alanine aminotransferase. There were no

significant differences ($p > .05$) in fat mass and fat-free mass when comparing experimental group with control. The total caloric intake in the 20 days was 3381.87 calories in the experimental group and 3216.65 calories in the control group, without significant differences ($p > .05$) when compared by groups in macronutrients and micronutrients. In both groups, 74.67 were trained in week 1, 77.65% in week 2 and 79.43% in week 3, without significant differences ($p < .05$) when compared by groups. Over time the intensity increased in both groups ($p < .01$). **Conclusions:** The supplementation with *Arthrospira maxima* in a time of 20 days presents protective action in muscle damage delaying the filtration time of creatinekinase and alanine aminotransferase when entering between 75 and 80% of the maximum heart rate.

Tabla de contenido

Contenido	Página
Introducción.....	1
Capítulo 1. Fundamentos teóricos.....	7
1.1 Orígenes del boxeo.....	7
1.2 Entrenamiento deportivo e implicaciones biológicas.....	8
1.2.1 Sistemas de entrenamiento.....	10
1.2.2 Sistemas energéticos.....	13
1.2.2.1 Sistema de los fosfágenos.....	15
1.2.2.2 Sistema glucolítico.....	16
1.2.2.3 Sistema oxidativo.....	17
1.2.3 Requerimientos nutrimentales.....	18
1.2.3.1 Ayudas ergogénicas.....	23
1.3 Daño muscular.....	26
1.3.1 Fisiología de la fibra muscular.....	28
1.3.2 Marcadores biológicos.....	29
1.3.2.1 Transaminasas.....	31
1.3.2.2 Creatinquinasa.....	32
1.4 <i>Spirulina</i> spp.....	34
1.4.1 <i>Arthrospira maxima</i> y <i>Arthrospira platensis</i>	35
1.4.1.1 Composición química de la <i>Arthrospira maxima</i>	37
1.4.1.2 Beneficios atribuidos al consumo de <i>Arthrospira</i> spp. en humanos.....	42
1.4.2 Consumo de <i>Arthrospira</i> spp. en deportistas.....	44
1.5 Composición corporal.....	48
Capítulo 2. Fundamentos metodológicos.....	56
2.1 Variables implicadas en el estudio.....	56
2.2 Diseño de estudio.....	56
2.3 Muestra.....	56
2.4 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación.....	57
2.4.1 Criterios de inclusión.....	57

2.4.2 Criterios de exclusión.....	57
2.4.3 Criterios de eliminación.....	58
2.5 Materiales y métodos.....	58
2.5.1 Relación de métodos o técnicas con remisión a instrumentos.....	58
2.5.1.1 Pruebas biológicas.....	58
2.5.1.2 Evaluaciones.....	59
2.5.1.3 Cuestionarios.....	61
2.5.2 Explicación pormenorizada de cómo se aplicaron los métodos.....	62
2.5.2.1 Descripción del protocolo de intervención.....	63
2.6 Procesamiento de los datos.....	65
2.7 Consideraciones éticas.....	65
Capítulo 3. Resultados.....	67
3.1 Características de la muestra.....	67
3.2 Nivel enzimático antes, durante y después de la complementación.....	68
3.3 Efecto de la Spirulina (<i>Arthrospira</i>) <i>maxima</i> sobre los indicadores enzimáticos.....	70
3.4 Incremento enzimático en boxeadores profesionales a través del tiempo.....	72
3.5 Porcentaje de cambio obtenido por enzima.....	74
3.6 Masa grasa y masa libre de grasa en boxeadores profesionales.....	78
3.7 Efecto que tiene la Spirulina (<i>Arthrospira</i>) <i>maxima</i> en masa grasa y masa libre de grasa.....	79
3.8 Consumo calórico en macro y micronutrientes por semana.....	80
3.9 Frecuencia cardíaca obtenida por día y semana de entrenamiento.....	84
3.10 Discusión de resultados.....	87
3.10.1 Nivel enzimático antes, durante y después de complementar con Spirulina (<i>Arthrospira</i>) <i>maxima</i>	87
3.10.2 Efecto de la Spirulina (<i>Arthrospira</i>) <i>maxima</i> sobre indicadores enzimáticos obtenidos antes, durante y después.....	92
3.10.3 Incremento enzimático en boxeadores profesionales a través del tiempo de preparación física general.....	95
3.10.4 Masa grasa y masa libre de grasa.....	99

3.10.5 Consumo calórico en macro y micronutrientes por semana.....	100
3.11 Limitaciones del estudio.....	103
3.12 Nuevas líneas de investigación.....	103
Conclusiones.....	104
Referencias bibliográficas	106
Anexos	158
Anexo A. Comité de bioética	158
Anexo B. Consentimiento informado.....	159
Anexo C. Formato para recordatorio de 24 horas	160
Anexo D. Registro de frecuencia cardiaca para la intervención diaria	161
Anexo E. Ficha de identificación	162

Índice de tablas

Tabla 1.	Fases y periodos de desarrollo de la preparación deportiva dentro de un macrociclo.....	12
Tabla 2.	Componentes y factores del gasto energético total en el deporte.....	21
Tabla 3.	Aporte calórico y distribución nutrimental en 100 gramos de <i>Arthrospira maxima</i>	37
Tabla 4.	Contenido en miligramos (mg) de minerales en 100 gramos de <i>Arthrospira maxima</i>	39
Tabla 5.	Contenido en miligramos (mg) de vitaminas en 100 gramos de <i>Arthrospira maxima</i>	40
Tabla 6.	Contenido de compuestos bioactivos en 100 gramos de <i>Arthrospira maxima</i>	41
Tabla 7.	Efectos atribuidos a la <i>Arthrospira ssp.</i> en poblaciones que practican ejercicio físico o deporte.....	45
Tabla 8.	Efectos atribuidos a la <i>Arthrospira ssp.</i> en poblaciones que practican ejercicio físico o deporte (continuación Tabla, 7).....	46
Tabla 9.	Características biológicas en los boxeadores por GE y GC.....	54
Tabla 10.	Años de experiencia en los boxeadores por GE y GC.....	65
Tabla 11.	Concentración de creatinquinasa por día de evaluación en GE y GC.....	67
Tabla 12.	Concentración de aspartato aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC.....	67
Tabla 13.	Concentración de alanina aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC.....	68
Tabla 14.	Porcentaje de cambio de creatinquinasa por día de evaluación en	72

	GE y GC.....	
Tabla 15.	Porcentaje de cambio de aspartato aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC.....	74
Tabla 16.	Porcentaje de cambio de alanina aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC.....	75
Tabla 17.	Evaluación masa grasa y masa libre de grasa evaluada al inicio y final en GE y GC.....	77
Tabla 18.	Consumo calórico total por GE y GC.....	78
Tabla 19.	Comparación del consumo de macronutrientes por GE y GC.....	79
Tabla 20.	Comparación del consumo de micronutrientes por semana en GE y GC.....	81
Tabla 21.	Frecuencia cardiaca evaluada por día de entrenamiento en GE y GC.....	82
Tabla 22.	Frecuencia cardiaca e intensidad por semana de entrenamiento en GE y GC.....	83

Índice de figuras

Figura 1.	Componentes básicos en la planificación deportiva.....	9
Figura 2.	Mecanismos de la inflamación provocadas por el ejercicio.....	31
Figura 3.	Impacto teórico de la restricción energética en la masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG) y tasa metabólica en reposo (TMR).....	49
Figura 4.	Evaluación de técnicas y modelos de composición corporal.....	53
Figura 5.	Protocolo general gráfico.....	62
Figura 6.	Experiencia en el boxeo amateur y profesional por grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	66
Figura 7.	Comparación de la concentración de CK en boxeadores por número de evaluación en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	68
Figura 8.	Comparación de la concentración de AST en boxeadores por número de evaluación en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	69
Figura 9.	Comparación de la concentración de ALT en boxeadores por número de evaluación en grupo experimental (GE) y grupo	69

	control (GC).....	
Figura 10.	Cambios enzimáticos de CK obtenidos a través del tiempo en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	70
Figura 11.	Cambios enzimáticos de AST obtenidos a través del tiempo en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	71
Figura 12.	Cambios enzimáticos de ALT obtenidos a través del tiempo en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	72
Figura 13.	Porcentaje de cambio en CK obtenido a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	73
Figura 14.	Porcentaje de cambio en AST obtenido a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	75
Figura 15.	Porcentaje de cambio en ALT obtenido a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	76
Figura 16.	Comparación del porcentaje de MG por evaluación inicial y final en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	77
Figura 17.	Comparación del porcentaje de MLG por evaluación inicial y final en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	78
Figura 18.	Distribución del CCT en macronutrientos por grupo experimental (GE) y grupo control (GC) en la semana 1.....	79
Figura 19.	Distribución del CCT en macronutrientos por grupo experimental (GE) y grupo control (GC) en la semana 2.....	80

Figura 20.	Distribución del CCT en macronutrientos por grupo experimental (GE) y grupo control (GC) en la semana 3.....	80
Figura 21.	Comparación de la intensidad por semana de entrenamiento en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	83
Figura 22.	Comparación de la intensidad por semana de entrenamiento a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC).....	84

Introducción

En los últimos 20 años la alimentación para los deportistas ha sido objeto de estudio entre la comunidad científica al ofrecer mejoras durante el proceso de entrenamiento (Baechle y Earle, 2007; Garcia-Roves, Terrados, Fernandez y Patterson 1998; Torres-McGehee et al., 2012). Actualmente se conoce que los alimentos son un aspecto fundamental en la nutrición de los deportistas al reponer los nutrimentos (macro y micronutrimentos) gastados durante los entrenamientos diarios además de cumplir con las funciones vitales (Lun, Erdman y Reimer, 2009; Rodrigues et al., 2017). Esto ha permitido que los entrenadores y los equipos multidisciplinarios de diversas disciplinas deportivas muestren interés en buscar métodos alimentarios más apropiados para el periodo y la etapa de entrenamiento que el deportista se encuentre entrenando (Baechle y Earle, 2007; Saw, Main y Gastin, 2015).

El interés ha sido centrado en adecuar una nutrición variada que contribuya en recuperar el estrés fisiológico que adquieren los deportistas durante o después de una sesión de entrenamiento (Baechle y Earle, 2007; Pyne, Verhagen y Mountjoy, 2014; Saw et al., 2015), además de favorecer la homeostasis en el organismo evitando posibles riesgos a la salud, principalmente lesiones o enfermedades que impidan desarrollar el máximo rendimiento durante una competencia específica (Thomas, Erdman y Burke, 2016). A pesar del conocimiento sobre los beneficios que presenta la nutrición en el rendimiento deportivo, ha habido casos donde los deportistas en diferentes disciplinas presentan deficiencias nutrimentales, alteraciones en el sistema inmune y daño músculo-esquelético (Urdampilleta, Martínez-Sanz y Mielgo-Ayuso, 2013). Por lo tanto, se han desarrollado complementos nutrimentales orientados a proporcionar energía, aumentar la masa muscular, favorecer el desarrollo de resistencia física y retardar el tiempo de fatiga optimizando el rendimiento sin afectar el estado de salud en los deportistas (Alaunyte, Stojceska y Plunkett, 2015; Knapik et al., 2016; Phillips, 2012; Rivas et al., 2015).

Los deportistas participantes en deportes de combate mayormente se complementan con polivitamínicos, aminoácidos y minerales para mejorar el

rendimiento físico (Úbeda et al., 2010). Aunque se ha descrito el uso de nitrato inorgánico (Wylie et al., 2013), creatina (Campos, Bertuzzi, Dourado, Santos y Franchini 2012) y carnitina (Kanter y Williams, 1995) incidiendo en la mejora de la eficiencia muscular, aumento del máximo consumo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) y disminución de la concentración de lactato lo cual favorece a la aptitud física durante el proceso de la planificación física en los deportistas. Por lo tanto, la ingestión de complementos nutrimentales es requerida por los deportistas para cumplir con las exigencias diarias y evitar retrocesos en el rendimiento físico, así como repercusiones en los objetivos planteados para cada periodo y etapa de la planificación (McGinley, Shafat y Donnelly, 2009).

En el deporte del boxeo, los boxeadores deben cumplir con acciones técnicas y tácticas variadas durante las sesiones de entrenamiento con la finalidad de optimizar el rendimiento para la competencia (Hübner-Woźniak, Kosmol y Błachnio, 2011). En este proceso, los boxeadores requieren de mayor aporte nutrimental para cumplir con las necesidades deportivas y vitales, proponiéndose una alimentación variada, adecuada y suficiente a las necesidades biológicas (Martínez-Sanz, Urdampilleta y Mielgo-Ayuso, 2013). Sin embargo, regularmente los boxeadores restringen los alimentos, se deshidratan y aumentan la intensidad de entrenamiento días antes de competir con la finalidad de adecuar el peso corporal (PC) pactado (Saengsirisuwan, Phadungkij y Pholpramool, 1998; Urdampilleta, López-Grueso, Martínez-Sanz y Mielgo-Ayuso, 2014).

Los cambios estratégicos que tienen los boxeadores días antes de la competencia llegan a repercutir en el rendimiento físico por la disminución energética repentina que adquieren logrando deficiencias en la pelear (Morton, Robertson, Sutton y MacLaren, 2010; Smith et al., 2001). Esto ocasiona preocupación en los entrenadores de los boxeadores por las probabilidades de contraer infecciones y disminuir el estado de ánimo por las deficiencias nutrimentales derivadas de la restricción alimentaria (Smith et al., 2001). Asimismo, la falta de energía ocasionada por la restricción alimentaria e hídrica puede ocasionar un incremento en la filtración enzimática al torrente sanguíneo denominada como daño muscular (Maughan, Greenhaff y Hespel, 2011; Tsitsimpikou et al., 2013). Principalmente después de

haber recibido cargas físicas a intensidades elevadas, con predominio en ejercicios con características excéntricas por la ruptura ocasionada en las fibras musculares (FM) según Hübner-Woźniak, Kosmol y Błachnio (2011) al igual que Salinas-García et al. (2015).

Entre las principales enzimas que se filtran al torrente sanguíneo se encuentran la creatinquinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH), aspartato aminotransferasa (AST) y alanina aminotransferasa (ALT) como consecuencia de daño muscular (Urdampilleta, Martínez-Sanz, y López-Grueso, 2013). El daño muscular se desencadena por el desgaste físico, seguido de dolor localizado y por último inflamación muscular y es conocido como dolor muscular tardío (DOMS) (Aymard, Aranda y Di Carlo, 2013; Demirhan, Yaman, Cengiz, Saritas y Günay, 2015; Kalafati et al., 2010; Mickleborough, 2013). Por lo tanto, las evaluaciones enzimáticas ofrecen información sobre el estado fisiológico del boxeador permitiéndose enfatizar en diseños de entrenamiento específicos a las necesidades funcionales que conduzca a optimizar el rendimiento deportivo (Bodden, Needham y Chockalingam, 2015).

La integración del estado médico y biológico de los boxeadores a través de evaluaciones de laboratorio y campo para proponer recomendaciones de manera individualizada puede incidir positivamente en el rendimiento físico (Serrano, Martínez, Fornet y Ramírez, 2015). Estas evaluaciones permiten controlar objetivamente la capacidad funcional y necesidades nutrimentales durante el proceso de entrenamiento de los boxeadores desde una perspectiva multidisciplinaria (Urdampilleta et al., 2014). Entre las evaluaciones funcionales se encuentran la resistencia cardiorrespiratoria que involucra el sistema cardiorrespiratorio, pulmonar y muscular (Domínguez, Garnacho-Castaño y Maté-Muñoz, 2015). Aunque se han propuesto evaluaciones clínicas que están relacionadas con el desempeño deportivo, tales como los bioanálisis que determinan variables hematológicas y bioquímicas (Serrano et al., 2015).

A pesar de existir amplia información que relacionan el rendimiento físico y la recuperación de los deportistas con estrategias nutrimentales (Bodden et al., 2015; Campos et al., 2012; Martínez-Sanz et al., 2013; Tsitsimpikou et al., 2013). En

México, son escasos los estudios científicos que impliquen la complementación nutrimental como una variable de estudio en el rendimiento físico en deportistas elite. Por lo tanto, realizar estudios que sean centrados en conocer el efecto ocasionado en la salud por alimentos con alta biodisponibilidad para el organismo permite generar nuevas líneas de investigación en poblaciones diversas. En el caso del rendimiento físico, a partir de los resultados permitirá a un equipo multidisciplinario aplicar el conocimiento con una visión especializada en el campo del entrenamiento deportivo. En este sentido, se desarrolló el presente proyecto de investigación que constó de 29 días de intervención, en los cuales durante 20 días se complementó con *Spirulina (Arthrospira) maxima* a boxeadores profesionales durante un mesociclo de la preparación física general para conocer el efecto que presenta en variables de daño muscular y composición corporal con el fin de proporcionar un complemento nutrimental que cuente con alta biodisponibilidad para el organismo, genere beneficios a la salud y sea a bajo costo económico para los deportistas.

La propuesta fue planteada para el boxeo profesional por las características del deporte, donde se planea un macrociclo de entrenamiento con menos de seis meses de duración ocasionando que los boxeadores constantemente sean sometidos a altas cargas físicas incluyendo entrenamientos de “*sparring*” y carreras largas para favorecer capacidades físicas específicas para el boxeo. A pesar de contar con entrenamientos sistemáticos, planificados y controlados por entrenadores y preparadores físicos, con regularidad no cuentan con una metodología de control nutricional que permitan la identificación de necesidades nutrimentales a partir del gasto generado por una carga física. Asimismo, optimizar el aporte energético que contribuya en recuperar adecuadamente al boxeador durante o después de la sesión de entrenamiento. También adecuar el peso corporal gradual y correctamente para la pelea sin afectar el rendimiento físico.

Como base a lo anteriormente descrito, se plantea la siguiente pregunta de investigación científica ¿Qué efecto tiene la complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre el daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales durante un mesociclo de entrenamiento de la preparación física general?

El presente proyecto de investigación presenta un enfoque metodológico de tipo cuantitativo al tener que recolectar datos para probar la hipótesis planteada con base a la medición numérica y análisis estadístico del efecto que surja de la complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre el daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales durante la preparación física (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). El estudio cuenta con un alcance explicativo porque busca explicar si la variable independiente de complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* causa una disminución del daño muscular y masa grasa (MG) e incrementa la masa libre de grasa (MLG) en los boxeadores profesionales (Hernández et al., 2014).

El documento contiene información recolectada en diferentes bases de datos y fuentes bibliográficas fundamentando la importancia que tiene la nutrición humana en el rendimiento físico de los deportistas. También los métodos nutricionales utilizados en los diferentes periodos de entrenamiento, así como las características de los deportes, la reposición energética según el sistema energético predominante durante la sesión física. El proyecto inicia introduciendo una breve explicación del proyecto de investigación, justificando los motivos e importancia que tiene su desarrollo, delimitando el origen del planteamiento del problema y la formulación de una pregunta de investigación. Esto generó el desarrollo de un objetivo general y específicos que describen la pretensión del estudio y una hipótesis para probar o rechazar lo propuesto. Posteriormente se presenta el cuerpo de la investigación por capítulos, iniciando con fundamentos teóricos, seguido por el procedimiento metodológico, resultados desarrollados a partir de estadística descriptiva e inferencial, discusión de hallazgos obtenidos, conclusiones, referencias bibliográficas y por último los anexos.

El objetivo general está centrado en evaluar el efecto que tiene la complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre indicadores enzimáticos del daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales durante un mesociclo de preparación física general.

Para alcanzar el objetivo general se desarrollan los siguientes objetivos específicos:

Conocer los niveles de CK, AST y ALT antes, durante y después de complementar con *Spirulina (Arthrospira) maxima* a los boxeadores profesionales.

Comparar por grupo experimental y grupo control el efecto que tiene complementar con *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre los indicadores enzimáticos de CK, AST y ALT obtenidos antes, durante y después de la preparación física general.

Comparar a través del tiempo de la preparación física general el incremento de CK, AST y ALT en boxeadores profesionales.

Comparar el porcentaje de cambio obtenido por día de evaluación de CK, AST y ALT en boxeadores profesionales.

Evaluar el porcentaje de MG y MLG en boxeadores profesionales al inicio y final de la preparación física general.

Comparar entre grupos experimental y control el efecto que tiene complementar con *Spirulina (Arthrospira) maxima* en variables de MG y MLG obtenida al inicio y final de la preparación física general.

Evaluar el consumo calórico total en macro y micronutrientes por semana a través de recordatorios de 24 horas en boxeadores profesionales durante el mesociclo de la preparación física general.

Monitorear la intensidad de entrenamiento por semana a través de la frecuencia cardíaca obtenida de las sesiones de entrenamiento diario en boxeadores profesionales durante el mesociclo de la preparación física general.

La hipótesis planteada para este estudio es de diferencias de grupos que establecen causalidad:

H₁.- La complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* reduce el daño muscular y la MG con un aumento en la MLG en boxeadores profesionales en un mesociclo de preparación física general.

Capítulo 1. Fundamentos teóricos

En el presente capítulo primero se contextualizan los orígenes del boxeo, segundo las particularidades del entrenamiento deportivo, tercero los sistemas de producción de energía, cuarto los requerimientos nutricios, quinto las características de la *Spirulina (Arthrospira) maxima* y por último la composición corporal. La construcción de los fundamentos teóricos se realizó utilizando una estrategia deductiva, a través de un método por índices.

1.1 Orígenes del boxeo

El boxeo es un deporte de combate que se originó desde la antigüedad, su práctica consiste en el enfrentamiento de dos individuos del mismo sexo a golpes con los puños (Blower, 2012). La palabra boxeo deriva del inglés británico “*Box*” que significa “*golpear con los puños*” (Perón, Zampronha, da Silva, da Silva y Alvarez, 2009). Se ha descrito que las primeras prácticas se realizaron en los años 1600-1200 a.C. en África, seguido por civilizaciones egipcias y años posteriores fue practicado por civilizaciones Cretenses y mesopotámicas expandiéndose a la India (Acunto, 2008; Casas, 2008; Zazryn, Cameron y McCrory, 2006). La finalidad de los combates era divertir a la nobleza y plebe que asistían a los eventos, para esto a los peleadores les regalaban animales y pieles que servían como alimento y para confeccionar abrigos (Castro-Zamora, 2015; Zazryn et al., 2006).

El boxeo moderno inició en Inglaterra en el siglo XVIII con James Figg y Jack Broughton y en 1904 se incluyó por primera vez en juegos Olímpicos, participando únicamente hombres (Albuquerque, 2015). Regularmente los boxeadores inician como amateur el cual tiene reglamentación diferente al profesional (Haglund y Eriksson, 1993). Actualmente este deporte es practicado a nivel profesional por hombres y mujeres en la mayor parte del mundo. La cantidad de round de pelea depende de la experiencia en el boxeo y la importancia del combate. En campeonatos del mundo se pelea a 12 round en hombres y 10 en mujeres, la

duración de cada round es de tres minutos por uno de descanso en hombres y de dos minutos por uno de descanso en mujeres (Martsiv, 2015; Zazryn et al., 2006). Esto ha contribuido en desarrollar nuevas propuestas metodológicas al entrenamiento deportivo con la finalidad de evitar complicaciones fisiológicas en los deportistas.

Actualmente en el boxeo profesional se cuentan con 17 divisiones en la categoría varonil. Los organismos internacionales son el Consejo Mundial de Boxeo (CMB), la Organización Mundial de Boxeo (OMB), la Asociación Mundial de Boxeo (AMB) y la Federación Internacional de Boxeo (FIB). Las divisiones varían de acuerdo con el organismo, el CMB y la AMB nombran Minimosca, Supermosca, Supergallo, Superpluma, Superligero y Superwelter, mientras que la OMB y la FIB hacen referencia a estas divisiones como minimosca, supermosca, pluma junior, ligero junior, welter junior y mediano junior. Además, el peso paja de la CMB es peso mínimo para la AMB y minimosca para OMB y FIB; la división del peso crucero, para la OMB es nombrado peso completo junior.

1.2 Entrenamiento deportivo e implicaciones biológicas

El entrenamiento deportivo es un proceso sistemático y organizado donde un entrenador planifica sesiones físicas a partir de un conocimiento deportivo adquirido en la teoría y la práctica (Platonov, 1995). Las sesiones planificadas son organizadas cumpliendo con principios metodológicos del entrenamiento deportivo, tales como intensidad, volumen y densidad, permitiendo un incremento gradual en el rendimiento del deportista (Cejuela, Cortell, Chinchilla y Pérez, 2011; Halson, 2014). Este incremento tiene repercusiones biológicas permitiendo un aumento funcional en las capacidades físicas y condicionales (CFyC) tales como la fuerza, velocidad, flexibilidad, resistencia y coordinación, mismas que inciden en el rendimiento de los deportistas durante la competencia (Halson, 2014; Matveev, 1991).

Los avances adquiridos en las diversas ciencias aplicadas al deporte han contribuido realizar mejoras metodológicas que inciden en el desarrollo fisiológico de los deportistas (Bompa, 2006; Loturco et al., 2015; Masià, Deltell, Fonseca y Eroles, 2012). Entre las propuestas se encuentran cambios en sistemas de entrenamiento, evaluaciones funcionales específicas y monitoreo en la planificación a través del

control biológico en los diversos periodos de entrenamiento (Loturco et al., 2015; Masià et al., 2012). Las variaciones metodológicas son orientadas según la característica del deporte, experiencia del deportista y objetivos planteados al inicio de una temporada (Vélez, González y Ibáñez, 2013). Estas permiten conocer la evolución del rendimiento físico en el deportista, así como la respuesta que presenta a un estímulo durante una sesión de entrenamiento (Bompa, 2006).

El plan gráfico de entrenamiento es una herramienta comúnmente utilizada por los entrenadores, muestra una orientación estructural de las actividades que se pretenden realizar a lo largo de la temporada (Padilla, 2017). Comúnmente está sujeta a cambios, según sea la evolución del rendimiento físico del deportista. En la estructura se incluyen componentes básicos para la preparación deportiva, centrándose en el periodo de preparación, en las etapas de entrenamiento, mesociclos, microciclos y sesiones diarias (Figura 1) como lo describen Bompa (2006); Martín, García-Manso, Godoy, Sposito-Araujo y Gomes (2010); Padilla (2017). Aunque existe un orden metodológico en la planificación deportiva, no se cuenta con unanimidad en estructura del plan gráfico, llegando a ocasionar complicaciones al momento de estructurar las cargas y los controles para conocer la evolución deportiva (Martín, Carl y Lehnertz, 2007).

Periodo	Preparatorio				Competitivo				Transitorio
Etapas	PFG		PFE		Pc		C	T	
Mesociclo									
Microciclo									
Sesiones									

Figura 1. Componentes básicos en la planificación deportiva. Donde PFG = preparación física general; PFE = preparación física específica; Pc = precompetitiva; PC = competencia; T = transito. Adaptado de "Periodización del entrenamiento deportivo (Vol. 24)", por Bompa, T. O., 2006, España, Paidotribo.

La planificación deportiva regularmente inicia antes de una temporada, donde los entrenadores planean desde una perspectiva global un conjunto de variables que

favorezcan el rendimiento del deportista (Vasconcelos-Raposo, 2005). La planeación está centrada en mejorar las CFyC desde el inicio de la preparación a través del entrenamiento multilateral, mismo que ocasione beneficios durante el entrenamiento específico, cuando los deportistas llevan a cabo sesiones físicas a intensidades elevadas (Baechle y Earle, 2007; Padilla, 2017). De tal manera que el plan grafico funciona como una guía de entrenamiento repercutiendo positivamente en el rendimiento físico de los deportistas.

La preparación física es uno de los componentes primordiales para el rendimiento físico-deportivo al permitir un desarrollo equilibrado en las CFyC que incidirán en fundamentar la preparación técnica, táctica y psíquica en los deportistas (Platonov y Bulatova, 2001). La finalidad es lograr un sistema de entrenamiento integral unificando cada componente los cuales durante la competencia expresen su máximo potencial de manera unida (Hernández y Torres, 2011). A través de este proceso, los deportistas requieren ser sometidos a una preparación física específica, donde las sesiones de entrenamiento sean centradas a desarrollar cualidades motoras específicas al deporte entrenado (Platonov y Bulatova, 2001).

1.2.1 Sistemas de entrenamiento.

Los sistemas de entrenamiento son un conjunto de métodos que utilizan los entrenadores con la finalidad de desarrollar las capacidades físicas y condicionales en los deportistas (Bompa, 2006). El deporte de alto rendimiento exige a los deportistas someterse continuamente a cargas extenuantes con el objetivo de potenciar las adaptaciones morfofisiológicas para cumplir con las exigencias implicadas en estos niveles competitivos (Losada, 2008; Román, Sánchez y Lara, 2003). Actualmente es necesario que un sistema de entrenamiento se planifique de acuerdo con las características fisiológicas y experiencia deportiva del entrenado (Kiprych, Donets y Makhdi, 2013). Por lo tanto, la evaluación al inicio de una preparación es fundamental para proponer un sistema de entrenamiento según la aptitud física que presenten los deportistas.

En caso del entrenamiento de deportes de combate, los deportistas comúnmente son sometidos a una reducción de PC para competir, requiriéndose estrategias especiales que influyan positivamente en aspectos psíquicos y

fisiológicos por el estrés y el daño orgánico ocasionado durante este proceso (Martínez-Abellán et al., 2015). El boxeo moderno está caracterizado por tener boxeadores con amplia maestría deportiva, los cuales toleran una alta exigencia física, técnica, táctica y psicológica aunado a la disminución del PC con estrategias similares a las utilizadas por deportistas en otros deportes de contacto (Zhelyazkov, 2001; Martínez-Abellán et al., 2015). Esto permite que el sistema de entrenamiento en los boxeadores sea fundamentado en lograr adaptaciones orgánicas y funcionales que contribuyan a tolerar acidosis metabólica y fatiga causadas por la intensidad y el volumen de la carga física (Hübner-Woźniak et al., 2011; Kiprych et al., 2013).

El sistema de entrenamiento está basado en desarrollar la fuerza-resistencia que incida en la rapidez y fuerza explosiva durante la competencia (Urrizaga, 2016). Para cumplir con este proceso, es necesario que el boxeador haya tenido una base deportiva que le permita cumplir con una preparación con características tricíclica, donde los mesociclos y microciclos están orientados a regular el estado de entrenamiento y aumentar la forma deportiva en un periodo entre 17 y 18 semanas, donde el periodo preparatorio tiene una duración de ocho o más semanas, el competitivo entre tres a cinco y el de transición de dos a tres semanas (Bompa, 2006; Zhelyazkov, 2001). Asimismo, los boxeadores comúnmente llevan a cabo entrenamientos específicos denominados “*sparring*” los cuales implican exigencia fisiológica ocasionando tensión muscular y nerviosa por los movimientos continuos, rápidos e intensos realizados (Biriukov, 2003).

Los sistemas de entrenamiento permiten que los boxeadores potencien la aptitud física aunado a elementos técnicos y tácticos contándose con mayor oportunidad de mantener mejor defensa y poder atacar durante el combate (Albuquerque, 2015; Buško et al., 2016; de Lira et al., 2013). Para ello se debe mantener un equilibrio entre las cargas de entrenamiento a los cuales serán sometidos los boxeadores durante los diversos periodos de entrenamiento (Padilla, 2017). Al inicio de la preparación, los deportistas requieren adquirir la forma deportiva, preferentemente con un entrenamiento multilateral y desarrollo general de las CFyC, misma que se debe estabilizar en periodo competitivo, donde las

exigencias son elevadas y perdiéndose temporalmente en el periodo transitorio con la finalidad de lograr la recuperación orgánica (Tabla 1).

Se puede asumir que el entrenamiento deportivo es un sistema amplio y complejo donde intervienen ciencias que contribuyen a controlar y optimizar el rendimiento de los deportistas en los diferentes periodos del macrociclo de entrenamiento (Bompa, 2003; Bompa, 2006; Matveev, 2001; Masià et al., 2012; Padilla, 2017). La evaluación del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), frecuencia cardiaca (FC) y concentración de lactato sanguíneo durante la preparación deportiva es parte del control biológico que permiten mayor efectividad al sistema de entrenamiento (Berta, Zagalaz, Brahim y Padorno, 2014; Chaabène et al., 2015; de Lira et al., 2013). A partir de los resultados obtenidos en las evaluaciones biológicas se adecuan las cargas de entrenamiento de acuerdo a la aptitud física del deportista permitiendo así mayor control biológico durante el proceso de entrenamiento, además de evitar lesiones por sobre-entrenamiento o inaptitud física (Ghosh, Rahaman y Singh, 2010).

Tabla 1

Fases y periodos de desarrollo de la preparación deportiva dentro de un macrociclo

Periodo de entrenamiento	Fase de desarrollo deportivo	Objetivos principales
Preparatorio	Adquisición	- Formación de prerrequisitos para la forma deportiva.
		- Acumulación de capacidades motoras y coordinativas multilaterales.
Competitivo	Estabilización	- Desarrollo motor general.
		- Mejorar el estado de preparación gradualmente.
Transición	Pérdida temporal	- Lograr la preparación estable elevando los resultados con cierto rango de variación.
		- Interrumpir el entrenamiento con altas cargas.
		- Facilitar la recuperación fisiológica.
		- Renovar las reservas de adaptación

deportiva.

Nota: Adaptado de “Planificación del entrenamiento deportivo: un enfoque metodológico de la estructura clásica”, por Padilla, J. (2017). *Barinas: Episteme*.

1.2.2 Sistemas energéticos.

Los sistemas energéticos son rutas metabólicas que utiliza el organismo para adquirir energía en determinado trabajo a partir de sustratos energéticos (Sahlin, 2014; Wells, Selvadurai y Tein, 2009; Wilmore y Costill, 2007). Los sustratos energéticos son adquiridos a través del consumo alimentario, donde el organismo degrada los nutrientes necesarios a moléculas pequeñas para generar reacciones químicas, hasta obtener un compuesto de alta energía llamado adenosintrifosfato (ATP), permitiendo el trabajo mecánico en los individuos (Hernández, 2010; Rathmacher et al., 2012). Por lo tanto, el ser humano requiere de los sistemas energéticos para garantizar el funcionamiento de todos los órganos y sistemas en diversas situaciones de actividad (Hernández, 2010; Sahlin, 2014).

Entre los sustratos energéticos disponibles en el organismo se encuentran el ATP, el fosfato de creatina (PCr), el glucógeno, las grasas y las proteínas (Almada y Barr, 2015; Oliver, Joubert, Martin y Crouse, 2013). La depleción de los mismos en la fibra muscular depende de la intensidad y el volumen de entrenamiento (Gallego, Collado y Verdú, 2006). Esto permite que en todo momento predomine solo un sistema energético (Sahlin, 2014). En intensidades máximas, la fibra muscular requiere de fosfágenos degradándose en un lapso de 15 segundos, en actividades sub-máximas ocupará glucógeno muscular-hepático con una duración menor a los tres minutos y en actividades que se encuentren por debajo del 65% del VO_2 máx la fibra muscular requiere de ácidos grasos para la obtención de energía, pudiéndose prolongar la actividad hasta por horas (Carrasco, 2013; MacDougall, Wenger y Green, 2005; Vásquez, 2014; Wilmore y Costill, 2007).

La PCr es un compuesto formado por creatina y fosfato que se encuentra en el músculo-esquelético teniendo entre sus principales funciones la re-síntesis de ATP durante los entrenamientos intensos los cuales corren a mayor del 90% del

VO₂máx (Candow, Chilibeck y Forbes, 2014; Vorobiev, Vetrova, Larina, Popova y Grigoriev 1996). A esta intensidad, la PCr funciona como una sustancia amortiguadora “*Buffer*” contribuyendo a la pronta resíntesis de ATP durante la contracción muscular (Shephard, 2007). En la práctica deportiva los deportistas adquieren la energía a partir de este sustrato por un limitado periodo de tiempo sin la presencia de oxígeno, disminuyendo la intensidad a los pocos segundos de generar el trabajo, requiriéndose de otros sustratos para continuar con la actividad (Bishop y Girard, 2013).

El glucógeno es un polímero de glucosa que se encuentra en las fibras musculares e hígado (Ortenblad, Westerblad y Nielsen, 2013; Peinado, Rojo-Tirado y Benito, 2013). Es utilizado por las fibras musculares durante los primeros minutos de actividad por el sistema energético anaeróbico láctico para generar rápidamente moléculas de ATP, las cuales van acompañadas de iones de lactato e hidrogeno produciendo acidosis e induciendo la fatiga muscular (Almada y Barr, 2015; Williams y Rollo, 2015). Aunque es almacenado en pequeñas cantidades (1500-2000 kcal) por el organismo en comparación a las grasas, es la principal fuente de combustible en ejercicios prolongados de moderada a alta intensidad con una resíntesis por medio de la glucogenólisis (Benito, Calvo, Gómez y Iglesias, 2014; Knuiman, Hopman y Mensink, 2015; Salinas-García et al., 2014).

Las grasas son utilizadas en actividades aeróbicas y prolongadas, donde la intensidad de entrenamiento es mantenida por debajo del 65% del VO₂máx, permitiéndole a la fibra muscular el continuo suministro energético (Järvinen et al., 2012; Urdampilleta et al., 2013). Este sustrato energético se hace necesario principalmente en aquellos deportes de larga duración como entrenamientos de resistencia y/o competencias de maratón por la cantidad de energía que proporcionan y la respuesta que brindan a la recuperación y al sistema inmune (Kreider et al., 2010; Ren-Jay, Lindley y Mickleborough, 2014).

Cuando las reservas de otros sustratos energéticos se encuentran agotadas, las proteínas son utilizadas como sustrato energético mediante la oxidación de aminoácidos, son la alanina y la glutamina principalmente (Chicharro y Vaquero, 2006). Sin embargo, al adquirir el organismo energía por esta vía se llega a afectar la

masa muscular de los atletas repercutiendo directamente sobre el rendimiento físico-deportivo, debido a que las moléculas de proteínas cumplen un papel importante en casi todos los procesos biológicos (catálisis, transmisor de señales y estructural), uniendo algunas de ellas al ADN para regular la expresión genética, transportar las sustancias dentro y fuera de la célula para el correcto funcionamiento (Berg, Stryer y Tymoczko, 2007; Phillips, 2014).

Por lo tanto, es importante considerar que aspectos como la genética, alimentación y nivel de entrenamiento en los deportistas influyen sobre la respuesta del organismo para la captación energética durante la actividad (Aymard et al., 2013). En deportes como el muay thai y artes marciales mixtas, los cuales tienen características similares al boxeo predomina el sistema energético anaeróbico láctico, sin embargo, es necesario el entrenamiento de ambos sistemas para lograr una adaptación a la recuperación requerida para los combates (Crisafulli et al., 2009; Wiechmann, Saygili, Zilkens, Krauspe y Behringer 2016). Esto permite que el organismo mantenga un adecuado funcionamiento durante una sesión de entrenamiento, al proporcionar el sustrato energético necesario para la actividad que se encuentre realizando el deportista en dependencia a la intensidad y volumen de trabajo (Aymard et al., 2013; Olivos, Cuevas, Álvarez y Jorquera, 2012; Sahlin, 2014; Vásquez, 2014).

1.2.2.1 Sistema de los fosfágenos.

El sistema de los fosfágenos predomina en ejercicios de corta duración y alta intensidad caracterizándose por ser anaeróbico aláctico y proporcionar energía de manera limitada al inicio de cualquier actividad (Wilmore y Costill, 2007). Los sustratos utilizados son el ATP y la PCr que se encuentran en el interior de la sarcómera del músculo (Wilmore y Costill, 2004). Por medio de este sistema sólo los hidratos de carbono pueden metabolizarse en el citosol de la célula muscular para obtener energía sin que participe directamente el oxígeno, obteniendo con eso la resíntesis de 2 ATP por cada molécula de glucosa, encargándose la CK y ATP-asa de degradar los sustratos (Pérez-Guisado y Jakeman, 2010). El sustrato posee una capacidad energética aproximada de 10 a 15 segundos influyendo positivamente en deportes de fuerza máxima, fuerza explosiva, rapidez y velocidad (Peinado, Rojo-

Tirado, y Benito, 2013). Los deportes que pueden considerarse son los 100 metros planos, la halterofilia, el lanzamiento de bala, el salto de longitud, los clavados, entre otros (Peinado et al., 2013; Urdampilleta, Vicente-Salar y Sanz, 2012).

En deportes de rapidez y velocidad las mejoras en cuanto a la capacidad física están relacionadas a una mejor resíntesis de ATP y PCr lo cual contribuye a que el atleta logre mantener una máxima velocidad durante más tiempo. Esto se pone de manifiesto en situación de competencia donde la exigencia es mayor y se requiere generar la mayor fuerza posible al inicio de un ejercicio lo que permite que el deportista logre la máxima velocidad (Hernández y García, 2012). En atletas altamente entrenados el período de desentrenamiento disminuye entre un 12 a un 28% la tasa mitocondrial de producción de ATP, ocasionando con ello la disminución de las actividades enzimáticas mitocondriales individuales de 4 al 17%, especulando con ello una reducción de la cantidad de ATP mitocondrial y una afectación en cuanto al nivel de fuerza y velocidad desarrollados durante ese período (Pérez-Guisado y Jakeman, 2010).

1.2.2.2 Sistema glucolítico.

La energía que se utiliza proviene a partir del glucógeno, cuando las reservas de ATP y PCr se agotan el músculo re-sintetiza ATP a partir de la glucosa por medio de la glucólisis la cual hace referencia a la degradación del glucógeno. La glucosa que se utiliza inicialmente está en el interior del músculo en forma de glucógeno muscular y posteriormente proviene del hígado como glucógeno hepático o de la existente en el torrente sanguíneo. Esta ruta metabólica se lleva a cabo en el interior del citoplasma celular y genera 2 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa (Bompa, 2006). El sistema energético glucolítico se utiliza en deportes de intensidad submáxima y con duración entre los 30 segundos y los 3 minutos haciendo énfasis en trabajos de resistencia a la fuerza o resistencia a la velocidad (Aguirre-Urdaneta, Rojas-Quintero y Lima-Martínez, 2012). Dicho sistema energético se emplea en deportes como el atletismo en pruebas de 200, 400 y 800 metros planos, natación en pruebas de 100 metros y ciclismo de pista en la prueba del kilómetro, asaltos de 3 minutos en boxeo, por mencionar algunos (Bompa, 2006; Urdampilleta et al., 2012).

Como producto de desecho se obtiene la concentración y liberación de ácido láctico, que se acumula en músculo y sangre provocando una gran fatiga muscular y por ende la disminución de la capacidad del deportista para generar trabajo (Amieba y Bellido, 2012), de igual manera afecta negativamente el trabajo técnico y la concentración psicológica (Clemente, 2011). La recuperación de las reservas de glucógeno después de la práctica del ejercicio físico o deporte es un proceso lento que puede tardar de 24 a 48 horas en dependencia de las pérdidas producidas (Pérez-Guisado, 2008). Aproximadamente durante 30 a 60 minutos inmediatamente después de la práctica del ejercicio físico o deporte el músculo incrementa su sensibilidad a estímulos nutricionales por tal motivo el consumo de nutrientes durante ese periodo mejora la regeneración de los depósitos de glucógeno muscular y activa la síntesis proteica (Ferguson-Stegall et al., 2010).

1.2.2.3 Sistema oxidativo.

Los requerimientos energéticos provienen a partir del metabolismo aeróbico puesto que la vía aeróbica ofrece la posibilidad de metabolizar totalmente en presencia de oxígeno, glucosa, AG y algunos aminoácidos para producir el ATP necesario para la contracción muscular. Las características del ejercicio aeróbico son intensidades medias y bajas por periodos o volúmenes prolongados de tiempo donde los sistemas de entrega de energía se realizan a partir de la presencia del oxígeno. Se utilizan en deportes de resistencia de media y larga duración tales como medio maratón, maratón, ciclismo de ruta, natación, fútbol, entre otros. Cabe señalar que algunos deportes de conjunto son considerados de resistencia por su duración, no obstante, las necesidades energéticas de los jugadores vienen dadas a partir del tiempo real de juego y la posición o labor que desempeñen durante el encuentro (Melo, 2012).

Los sistemas aerobios de producción de energía se mantienen siempre y cuando la intensidad de entrenamiento sea de baja a moderada ya que la disminución de las reservas energéticas es más controlada puesto que es posible mantener por periodos prolongados de tiempo el aporte de ATP (Ferguson-Stegall et al., 2010; Aguirre-Urdaneta et al., 2012). Debido al tipo de energía que se utiliza es de vital importancia un consumo adecuado de alimentos ya que una limitación de

estos disminuye las reservas de energía y promueve el catabolismo de las proteínas. La ingesta de alimentos ricos en hidratos de carbono es indispensable para mantener una cantidad adecuada de reservas energéticas, de igual forma el consumo de grasas monoinsaturadas como el aceite de oliva son muy eficaces porque promueven la ingesta energética y la cantidad de alimentos (Urdampilleta y Martínez-Sanz, 2012). Lo contrario al consumo excesivo de proteínas que provoca una reducción del apetito, además de ser necesaria una mayor cantidad de tiempo para ser digeridas por nuestro organismo (Acheson et al., 2011).

1.2.3 Requerimientos nutrimentales.

La alimentación que mantienen los deportistas tiene como propósito proporcionar nutrimentos esenciales para los procesos vitales, cubrir el gasto calórico total, restablecer la energía perdida en la sesión de entrenamiento, mantener el peso corporal y cuidar el estado de salud (Mielgo-Ayuso et al., 2015; Urdampilleta et al., 2014). Actualmente existen protocolos establecidos para la intervención nutricional, basados en aspectos antropométricos, bioquímicos, clínicos, dietéticos y emocionales permitiendo intervenciones más adecuadas a las necesidades propias del deportista (Carrero et al., 2016; Grijota et al., 2016; Mielgo-Ayuso et al., 2015). A partir de estos aspectos, el encargado de la nutrición deportiva proporciona estrategias nutrimentales que cubran las necesidades energéticas durante todo el macrociclo, adecuando el menú a las características del mesociclo y microciclo, incluyéndose la fase de entrenamiento (antes, durante y después), la competencia fundamental y el descanso activo brindado después de competir (Molinero y Márquez, 2009; Olivos et al., 2012).

La alimentación dirigida a individuos que practican deporte o ejercicio físico debe proveer nutrimentos que cumplan con las características del deporte y las necesidades de los deportistas (Burke, Hawley, Wong y Jeukendrup, 2011; Sanz, Otegui y Ayuso, 2013). En este sentido, registrar el consumo energético que ha tenido el deportista durante 24 horas resulta importante en la cuantificación del consumo calórico total (CCT) a través del recordatorio de 24 horas (R24Hr) el cual ha sido utilizado por Baker, Heaton, Nuccio y Stein (2014) mismos que recomiendan realizarlo en dos días habituales y uno que no sea habitual con la finalidad de

conocer la variación alimentaria en el deportista y así poder adecuar el régimen alimentario respetando características individuales, gustos, preferencias, periodo, etapa, mesociclo y microciclo que se encuentra entrenando (Pramukova, Szabadosova y Soltesova, 2011).

Varios estudios fundamentan que los alimentos además de contar con nutrimentos también proporcionan compuestos bioactivos que contribuyen en potenciar el rendimiento deportivo, recuperan al organismo de la fatiga adquirida por la carga física y fortalece la flora bacteriana permitiendo que el organismo absorba en mayor medida los nutrimentos (Johnson, 2011; Maughan et al., 2011; Miranda et al., 2015; Vina y Gómez-Cabrera, 2014). Además, los alimentos que contienen compuestos bioactivos mejoran el sistema inmune, la composición y el biotipo corporal a través del incremento de la masa libre de grasa (MLG) y la disminución de la masa grasa (MG), permitiendo mejoras en la aptitud física durante las sesiones de entrenamiento o la competencia (Holway y Spriet, 2011; Nieman, Shanelly, Gillitt, Pappan y Lila, 2013; Phillips, 2012). Tal es el caso de los ácidos grasos omega-3 (ω -3) y omega-6 (ω -6) contenido en pescados azules que contribuyen en la recuperación de la carga del entrenamiento incidiendo en la disminución del daño muscular (Shei, Lindley y Mickleborough, 2014), asimismo los antioxidantes mejoran la capacidad del VO_2 máx protegiendo del estrés oxidativo a los deportistas (Sánchez, 2009).

A partir de los años 60tas se han venido reportando los beneficios que tiene los alimentos antioxidantes en la salud y el rendimiento de los deportistas (Maughan et al., 2011; Vina y Gómez-Cabrera, 2014). Actualmente se sabe que adecuar la dieta a las necesidades biológicas del deportista ayuda a optimizar el rendimiento físico-deportivo y prevenir o recuperar lesiones causadas por el estrés fisiológico consecuente a las intensidades del entrenamiento (Sanz, Otegui y Ayuso, 2013; Tavío y Herrera, 2014). Para esto, es necesario implementar estrategias de control biológico del cual se pueda adquirir información sobre el estado funcional de órganos y tejidos durante los diversos periodos del macrociclo (Mielgo-Ayuso et al., 2015). Entre los resultados deben encontrarse depleción de los substratos energéticos, alteración enzimática, deficiencias o excesos nutrimentales (Clénin et al., 2014;

Mielgo-Ayuso, Urdampilleta, Martínez-Sanz y Seco, 2012). La finalidad es evitar desequilibrios entre el CCT y gasto energético total (GET) que pueden tener como consecuencia afectaciones orgánicas con potenciales problemas en el estado de salud, estructura ósea y composición corporal (Barrack et al., 2014).

El conocimiento que se tiene sobre los métodos de alimentación en el deporte permite a los encargados de la nutrición llevar a cabo una intervención más amplia en los deportistas que participan en categorías élite (Úbeda et al., 2010), principalmente en aquellos que participan en competencias nacionales e internacionales, donde el gasto energético que se presenta por efecto del ejercicio físico llega a ser mayor que el GET durante las sesiones de entrenamiento (Trakman, Forsyth, Devlin y Belski, 2016; Úbeda et al., 2010). Es por ello que la alimentación debe cumplir con las demandas energéticas tanto en macro como en micronutrientes para optimizar el estado de salud y las cargas de entrenamiento con la finalidad de permitir la recuperación en cada fase de preparación o competencia (Burkhart y Pelly, 2014; Rodríguez, DiMarco y Langley, 2009). Las pautas nutrimentales para seguir están centradas en la variedad, equilibrio y suficiencia alimentaria, así como gustos y preferencias (Burkhart y Pelly, 2014; Chávez et al., 2015; Pelly, O'Connor, Denyer y Caterson, 2011).

Para planificar el plan nutrimental en los deportistas (Tabla 2), se debe cuantificar la tasa metabólica basal (TMB) que implica la menor cantidad energética que requiere un individuo para vivir en condiciones basales, efecto termogénico de alimentos (ETA) refiriendo a la energía utilizada por el organismo para procesar los alimentos y la actividad física esporádica (AFE) donde se indican las actividades realizadas durante 24 horas, mismas que han sido clasificadas por sedentarias, ligeras, moderadas e intensas, brindándole un valor numérico a cada una de ellas (Martínez-Sanz et al., 2013). El resultado obtenido es considerado GET, pasando a distribuirse en carbohidratos, proteínas y lípidos, mismos que deberán presentar variedad en vitaminas y minerales (Trakman et al., 2016). En este caso, Gonzales-Gross, Gutiérrez, Mesa, Ruiz-Ruiz y Castillo (2001) mencionan que, al considerar estos factores, el deportista podrá adquirir la cantidad energética con mayor

aproximación a sus necesidades, permitiendo llevar a cabo entrenamientos eficientes y competencias a mayor nivel.

El componente fundamental para optimizar la forma y rendimiento físico a través de la nutrición es asegurar que los atletas consuman platillos con variación alimentaria misma que sea adecuada a las necesidades propias del individuo y la disciplina deportiva (Wilson et al., 2013). También el equilibrio nutrimental está centrado en las características del deporte, objetivo, días y horarios de entrenamiento, además de conocer el macrociclo focalizando en los microciclos y cargas diarias (Mielgo-Ayuso et al., 2015). La distribución está centrada en 5 y 7 g/kg/día⁻¹ de carbohidratos, 1.2 y 2.0 g·kg·día⁻¹ de proteínas y entre 0.5 y 1 g/kg/día⁻¹ de grasas (Antonio, Peacock, Ellerbroek, Fromhoff y Silver, 2014; Baker, Heaton, Nuccio y Stein, 2014; Helms, Zinn, Rowlands y Brown, 2013). Aunque estas pautas pueden variar en deportes que impliquen características muy especiales, tales como carreras de maratón o velocidad, ciclismo de ruta o pista, triatlón, halterofilia, lucha y deportes extremos (Gunzer, Konrad y Pail, 2012; Helms, Zinn, Rowlands y Brown, 2013; Moore, Camera, Areta y Hawley, 2014).

Tabla 2

Componentes y factores del gasto energético total en el deporte

Componente		Factores
Gasto Energético Total (GET)	Composición corporal	Peso corporal.
		Cantidad de masa muscular.
		Cantidad ósea.
		Otros tejidos (corazón, cerebro e hígado).
	Crecimiento	Desarrollo muscular.
		Genética y hormonas.
Tasa metabólica basal (TMB) (60-70%)	Edad.	
	Sexo.	
	Peso.	
Actividad física	Estatura.	
	Genética.	

espontanea (AFE)	Activación hormonal (simpático-hormonales).
Efecto termogénico de alimentos (ETA) (10%)	Cantidad y tipo de macronutrientos (proteínas representan hasta 30% de ETA).
Ejercicio físico o deporte (EF/D)	Tipo de ejercicio físico o deporte. Intensidad de entrenamiento. Duración de entrenamiento.

Nota: Adaptado de “Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte”, por Martínez-Sanz, J. M., Urdampilleta, A., y Mielgo-Ayuso, J., 2013, *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 30.

Además de los macronutrientos se encuentran los micronutrientos (vitaminas y minerales) que tienen importantes implicaciones sobre el funcionamiento celular en los deportistas (Hoffman y Maresh, 2011; Melvin, 2002). Principalmente en la síntesis de hemoglobina, mantenimiento de la salud ósea, función inmune, protección contra el estrés oxidativo, entre otras (Hoffman y Maresh, 2011; Rodríguez et al., 2009). Entre las vitaminas más consumidas por los deportistas se encuentran las del complejo B, así como la E D y C aunada de minerales como el calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), selenio (Se) y magnesio (Mg) (Veasey et al., 2015; Woolf y Manore, 2006). Entre los beneficios se encuentran incidir en el metabolismo de los macronutrientos o como cofactores en las reacciones para la producción energética, regeneración de glóbulos rojos, reparación de tejidos, síntesis de neurotransmisores, funciones cardiovasculares y hormonales (Harrison y May, 2009; Nielsen y Lukaski, 2006; Rodríguez, DiMarco, y Langley, 2009). Las adecuaciones en los micronutrientos deben cumplir con las necesidades deportivas y vitales en los deportistas (Rodríguez et al., 2009; Veasey et al., 2015).

En los deportes de combate, la nutrición deportiva debe evitar el sobreentrenamiento garantizando el rendimiento y la salud en las diversas etapas de preparación en los deportistas, además debe permitir la recuperación durante y después de la carga física a la cual fue sometido (Olivos et al., 2012; Perón, Zampronha da Silva da Silva, y Alvarez, 2009). En este sentido, los deportistas

deben recuperar los nutrientes gastados durante la sesión de entrenamiento a través de la ingestión nutrimental para cubrir las necesidades metabólicas, reparación y construcción de tejidos (Burkhart y Pelly, 2014). También debe evitar el catabolismo proteico, la depleción excesiva de glucógeno y la deshidratación durante el entrenamiento (Úbeda et al., 2010).

En deportistas que practican deportes de combate, la implementación de estrategias inadecuadas para reducir el peso corporal a la división que se pretende competir puede llegar a causar afectaciones directas al rendimiento o a la salud, principalmente por el incremento de tres a cuatro veces por arriba de lo normal con la finalidad de satisfacer las demandas biológicas aunada a la energía requerida para la actividad deportiva (Hoffman, 2014; Hoffman y Maresh, 2011; Mata-Ordoñez, Sanchez-Oliver y Domínguez, 2018). En ocasiones, los deportistas no tienen un consumo alimentario adecuado, ocasionándoles incremento en la depleción de los sustratos energéticos durante la sesión de entrenamiento y posteriormente una inadecuada recuperación durante el periodo de descanso (Mielgo-Ayuso et al., 2015; Roy et al., 1998; Úbeda et al., 2010; Wixted et al., 2007). Por lo tanto, el área de nutrición debe implementar métodos nutrimentales como parte de las ayudas ergogénicas nutrimentales con la finalidad de evitar efectos negativos en la salud o rendimiento durante el proceso de entrenamiento o reducción de peso corporal (Úbeda et al., 2010).

1.2.3.1 Ayudas ergogénicas.

Las ayudas ergogénicas son todas las técnicas utilizadas para mejorar el rendimiento físico en los deportistas, permitiéndoles tolerar y recuperarse de las intensidades y sesiones de entrenamiento con implicaciones benéficas sobre el organismo (Homayounfar et al., 2013). Estas ayudas pueden clasificarse como mecánicas, psicológicas, farmacológicas, fisiológicas y nutrimentales (Homayounfar et al., 2013; Kreider et al., 2010). Respecto a las ayudas ergogénicas nutrimentales son una parte esencial en la vida deportiva, al proporcionar los nutrientes o compuestos bioactivos a los deportistas para optimizar el rendimiento físico (Derave y Tipton, 2014; Tavío y Herrera, 2014). Regularmente son utilizadas antes, durante y después del entrenamiento, aunque en ocasiones se ingieren antes de una

competencia con la finalidad de retrasar el tiempo de fatiga permitiendo realizar la carga física a la intensidad contemplada (Naderi, Earnest, Lowery, Wilson y Willems, 2016).

Entre las ayudas ergogénicas se encuentran los carbohidratos, proteínas, lípidos, creatina aminoácidos de cadena ramificada, vitaminas, minerales, cafeína, creatina, β -alanina entre otras (Cooper, Naclerio, Allgrove y Jimenez, 2012; Crowe, Leicht, y Spinks, 2006; Garrido, Gómez-Urquiza, la Fuente y Fernández-Castillo, 2015; Harris et al., 2006; Harris, Söderlund y Hultman, 1992; Stephens, McKenna, Canny, Snow y McConell, 2002). Estos productos han sido de gran interés entre las personas que realizan ejercicio físico o practican algún deporte debido a las atribuciones que se fundamentan (Vogel et al., 2015). Sin embargo, es importante considerar a aquellos productos que hayan sido probados por la ciencia y controlados por órganos reguladores (Rodríguez, Crovetto, González, Morant y Santibáñez 2011). Además de valorar la necesidad que tiene el deportista para su consumo, estableciendo directrices tales como periodo de entrenamiento, característica del mesociclo, necesidades y gasto energético durante el microciclo, composición corporal, sistema y sustrato energético predominante en la modalidad deportiva (Jeukendrup, 2014; Sahlin, 2014).

En este sentido, las proteínas comúnmente son utilizadas por las atribuciones impuestas sobre la ganancia en masa muscular como respuesta al entrenamiento físico-deportivo (Hulmi, Lockwood y Stout, 2010). Su consumo dependerá directamente de la intensidad del entrenamiento y duración debido al estrés fisiológico que ocasiona en el organismo, puede oscilar entre 1.2 y 2.0 g/kg⁻¹ de PC (Joy et al., 2013). Cuando se ingiere cantidades insuficientes se potencia un balance negativo de nitrógeno aumentando el catabolismo proteico y la pérdida de masa muscular (Kreider et al., 2010). Tal es el caso de corredores, ciclistas, nadadores, triatletas, gimnastas, bailarines, patinadores, luchadores, boxeadores, entre otros (Kreider et al., 2010). Por lo tanto, se han propuesto diversas bebidas deportivas las cuales puedan ser consumidas durante el entrenamiento de resistencia para restablecer el glucógeno muscular y evitar el catabolismo proteico favoreciendo la recuperación entre las sesiones de entrenamiento (Rasmussen, 2015).

En cambio, con la complementación de carbohidratos se pretende proporcionar la suficiente energía al organismo y así mantener los niveles normales de glucosa, retardando la depleción del glucógeno muscular y hepático (Cocate, Alfenas y Pereira, 2008; MacMillan, 2002). Estos son los únicos que pueden ser consumidos y aprovechados por el organismo en actividades aeróbicas y anaeróbicas por lo que pueden ser consumidos durante la sesión de entrenamiento (Williams y Rollo, 2015). Entre los carbohidratos se deben considerar el índice y carga glicémica debido a que incidirán sobre el aprovechamiento celular favoreciendo el tiempo en la liberación energética ya sea para entrenamientos prolongados o la recuperación después de la sesión de entrenamiento (Cocate et al., 2008; Peinado et al., 2013).

La combinación de proteínas y carbohidratos permite con mayor facilidad la recuperación energética después de haberse llevado entrenamientos a intensidades sub-máximas o máximas al favorecer efectos anabólicos en los atletas (Garrido et al., 2015). Estos efectos favorecen las adaptaciones al entrenamiento, disminuyendo el riesgo de sobre-entrenamiento aumentando el rendimiento, principalmente en aquellas actividades que sean de resistencia (Hulmi et al., 2010). Sin embargo, es importante considerar el horario del consumo y la variedad en la dieta de los atletas debido a que, en cantidades adecuadas en carbohidratos, las proteínas pueden no tener implicaciones significativas (McLellan, Pasiakos y Lieberman, 2014). Ha sido descrito que consumir entre 3 a 4 gramos de carbohidratos antes de una sesión de entrenamiento o competencia aumenta las reservas de glucógeno muscular y hepático retrasando la fatiga muscular en los deportistas (Naderi et al., 2016).

Las vitaminas y minerales son indispensables para que el organismo realice diversos procesos bioquímicos y metabólicos desempeñando funciones catalizadoras, mismas que en la práctica deportiva beneficiarán la síntesis de glóbulos rojos (Kendall et al., 2014), promueven el crecimiento óseo (Aguirre, Castillo y Le Roy, 2010; Nyisztor, Carías y Velazco, 2014), aumentan la coagulación sanguínea (Duarte et al., 2014). También ejercen efectos antioxidantes permitiendo disminuir la formación de radicales libres que ocasionan estrés oxidativo, principalmente al llevar a cabo entrenamientos intensos, prolongados y en las

competencias (Kreider et al., 2010; Lafay et al., 2009; Nikolaidis, Kerksick, Lamprecht y McNulty, 2012). Por lo tanto, el consumo de alimentos que contienen selenio, polifenoles, vitamina E y C son necesarios para evitar los efectos negativos que incidan en la salud cuando los deportistas no mantienen una ingestión alimentaria variada o suficiente (Braakhuis y Hopkins, 2015; Kreider et al., 2010). Aunque el organismo posee varios sistemas antioxidantes para evitar los efectos adversos originados por los radicales libres de oxígeno (Close y Jackson, 2014).

1.3 Daño muscular

El daño muscular causado por la práctica deportiva es la respuesta que presenta el organismo después de haber sufrido un desequilibrio homeostático derivado de las sesiones de entrenamiento físico-deportivo. Ocurre principalmente en las fibras musculares débiles como dolor muscular tardío (DOMS) posterior a entrenamientos excéntricos (Close, Ashton, McArdle y Maclaren, 2005; Proske y Morgan, 2001). El DOMS se presenta entre 6 y 12 horas posteriores al EF como dolor leve, aumentando constantemente hasta llegar a un pico entre 48 y 72 horas posteriores y disminuyendo entre los 5 y 7 días después (Close et al., 2005). Al inicio el desgaste físico empieza con dolor localizado o inflamación durante un periodo de tiempo hasta desencadenar daños celulares o posibles lesiones musculares (Aymard et al., 2013). Este mecanismo produce efectos negativos en el rendimiento físico-deportivo y salud de los atletas cuando no son monitoreados constantemente (Chávez et al., 2015; Manso, 2013).

Marin, Bolin, Campoio, Guerra y Otton (2013) fundamentan que las cargas y sesiones de entrenamiento implican procesos fisiológicos y bioquímicos que llegan a incidir en desequilibrios homeostáticos los cuales son causantes de inflamación y estrés oxidativo, repercutiendo directamente en una alteración enzimática que reflejada como daño celular. Mientras que Aymard et al. (2013) señalan que un entrenamiento controlado optimiza el equilibrio celular y previene posibles daños celulares que puedan desencadenarse por el mismo. Por lo tanto, es importante individualizar y controlar las cargas de entrenamiento antes, durante y después de una temporada desde las diferentes perspectivas de las ciencias aplicadas al deporte (Aymard et al., 2013; Rogalski, Dawson, Heasman y Gabbett, 2013). Sin embargo,

las cargas excesivas requeridas para potenciar el máximo rendimiento en los atletas llegan a ocasionar una alteración en las fibras celulares manifestándose como inflamación y posteriormente como daño en algún órgano o tejido (Powers y Jackson, 2008). Por tanto, los entrenadores deportivos deben prescribir ejercicios y cargas de entrenamiento adecuadas durante las sesiones diario, con la finalidad de prevenir daños músculo-esqueléticos que impidan el desarrollo deportivo.

En este sentido, el control deportivo es considerado un componente fundamental durante el proceso de formación del atleta, principalmente desde etapas escolares, al valorar aspectos de salud y estados de ánimo necesarios para realizar modificaciones en la planificación de ser necesario (Alzate, Ayala y Melo, 2015). En el deporte elite, comúnmente los atletas llegan a presentar sobrecarga pudiendo convertirse en sobre-entrenamiento por las sesiones agotadoras a las que continuamente son sometidos (Gustafsson, Holmberg y Hassmen, 2008). Autores como Aymard et al. (2013) y Yáñez (2012) hacen referencia que los entrenamientos extenuantes y prolongados tienen como consecuencia daño muscular. Pearcey et al. (2015) constatan el sobre-entrenamiento como un cúmulo de entrenamientos que se presenta como DOMS. Por lo tanto, es importante considerar el cuidado muscular en atletas diariamente a través de las sesiones de entrenamiento para evitar la pérdida de movilidad muscular que les impida realizar los entrenamientos (Tipton, 2015).

El constante monitoreo de la asimilación de las cargas de entrenamiento se puede realizar a través de marcadores biológicos, los cuales ofrecen información objetiva a los entrenadores y atletas sobre el conocimiento del funcionamiento orgánico (Calderón, Benito, Melendez y González, 2006, Martinovic et al., 2011). Según Imaz (2015) al igual que Viru y Viru (2003) durante el período preparatorio las sesiones de entrenamiento son llevadas a cabo con altos volúmenes e intensidades moderadas a bajas como parte de la adaptación fisiológica del deportista la cual es fundamental para lograr el resultado deseado. Asimismo, durante este proceso los atletas pueden llegar a sufrir lesiones musculares por el constante estrés fisiológico, principalmente cuando las sesiones de entrenamiento son llevadas a cabo con movimientos excéntricos (Nordström, Nordström y Ekstrand, 2014; Rivas, 2007; Williams, 2002). En este sentido, Urdampilleta et al. (2013) enfatizan la importancia

que representa para el equipo multidisciplinario mantener controles que permitan conocer la respuesta del sistema músculo-esquelético cuando el deportista es sometido a diferentes intensidades y volúmenes de entrenamiento.

1.3.1 Fisiología de la fibra muscular.

Según lo señalado por Silver-Thorn y Glaister (2009) el sistema músculo-esquelético está conformado por conjuntos de células musculares las cuales tienen un aspecto cilíndrico alargado y poseen cientos de núcleos. Son las células más grandes del cuerpo y fueron generadas a partir de la fusión de muchas células musculares embrionarias individuales. Las fibras de un músculo dado están dispuestas en paralelo con respecto a sus ejes mayores y se encuentran rodeadas por una vaina de tejido conectivo. Las fibras se agrupan en haces conocidos como fascículos, entre los fascículos hay colágeno, fibras elásticas, nervios y vasos sanguíneos. Todo el músculo está encerrado en una vaina de tejido conectivo que forma un continuo con el tejido conectivo que rodea a las fibras musculares.

El diámetro de las fibras musculares oscila entre 10 y 80 micrómetros, casi invisible para el ojo humano. La mayoría de ellas tienen la misma longitud del músculo al que pertenecen, siendo la más extensa de alrededor de 35 centímetros. El número de fibras musculares por cada músculo varía considerablemente, dependiendo del tamaño y de la función de éste (Wilmore y Costill, 2007). La célula muscular se especializa en la conversión de energía química en fuerza contráctil, la cual se elonga a través de su eje de contracción (Chicharro y Vaquero, 2006). Está cubierta por una membrana excitable denominada sarcolema, mientras que su citoplasma es conocido como sarcoplasma en donde se encuentran una gran cantidad de gránulos de glucógeno y mitocondrias (Gal, López-Gallardo, Martín y Montalvo, 2001). Cada miofibrilla está compuesta por varios tipos de proteínas: contráctiles (miosina y actina), reguladoras (troponina y tropomiosina) y accesorios gigantes (titina y nebulina) que permiten la contracción muscular (Silver-Thorn y Glaister 2009).

Wilmore y Costill (2007) indican que no todas las fibras musculares son iguales debido a que un mismo músculo esquelético contiene dos tipos principales de fibras las cuales se clasifican en rápidas y lentas. Las fibras de contracción lenta necesitan

aproximadamente 110 ms para alcanzar su máxima tensión cuando son estimuladas. Mientras que las fibras de contracción rápida pueden alcanzar 50 ms. El control de las fibras musculares se encuentra controlado por las motoneuronas alfa las cuales son neuronas colinérgicas cuyo soma está localizado en el asta anterior de la médula espinal y en los núcleos motores de los pares craneales. A la motoneurona alfa y al conjunto de las fibras musculares que inerva se le conoce como unidad motora (Chicharro y Vaquero, 2006).

1.3.2 Marcadores biológicos.

Los marcadores biológicos son parámetros que ofrecen información objetiva sobre el estado normal o patológico en uno o más individuos (Arango y Sandra, 2012; Lock y Bonventre, 2008). En el deporte es una herramienta fundamental que ayuda a los entrenadores a conocer el funcionamiento en diferentes órganos o tejidos, asimismo monitorear la respuesta del rendimiento de los deportistas en las diferentes periodos y etapas del macrociclo (Montero, Peinado, Meléndez-Ortega y Gross, 2006; Kanda, Sugama, Sakuma, Kawakami y Suzuki, 2014). Estos parámetros pueden ser evaluados a través de análisis sanguíneos como marcadores biológicos (Díaz et al., 2010). Entre los marcadores más utilizados se encuentran la mioglobina (Mb), creatinquinasa (CK), transaminasas aspartato aminotransferasa (AST) y alanino aminotransferasa (ALT) y deshidrogenasa láctica (LDH) debido a que sus niveles son alterados después que los atletas fueron sometidos a entrenamientos intensos o existió ruptura en las fibras musculares (García-Campanario, 2012; Gleeson, 2002; Tsitsimpikou et al., 2013; Urdampilleta, Armentia, Gómez-Zorita, Martínez Sanz y Mielgo-Ayuso, 2015). Esto permite que los marcadores biológicos sean utilizados para conocer la respuesta del organismo a la carga física, mismas que influyan en las adaptaciones fisiológicas, el sobre-entrenamiento y el daño celular en los atletas (Brancaccio, Maffulli, Buonauro y Limongelli, 2008; García-Campanario, 2012; Gleeson, 2002; Hammouda et al., 2012).

Existen otros marcadores que pueden ser utilizados como seguimiento a la fatiga leve o intensa tales como la IL-6, lactato, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, oxipurinas, fosfato inorgánico, lactato, leucocitos y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (Urdampilleta et al., 2015). Fundamentalmente, todos los

marcadores anteriormente mencionados son esenciales para brindar seguimiento a los deportistas durante la preparación deportiva al ofrecerles información sobre el sistema inmunológico, bioquímico y fisiológico (Córdova, 2010; Suárez, Muñoz, Ramos, Valdivielso y Ravé, 2010). Aunque la urea y mioglobina son marcadores metabólicos utilizados en la práctica deportiva al indicar estado de fatiga y tiempo de recuperación en los deportistas (Marqués, Calleja, Arratibel y Terrados, 2016; Takakura et al., 2015). Por lo tanto, se puede incluir que las analíticas sanguíneas permiten a los deportistas conocer la respuesta biológica a la adaptación del entrenamiento y a la vez conseguir el máximo rendimiento en los diferentes periodos y etapas del entrenamiento (Baird, Graham, Baker y Bickerstaff, 2012; Ge et al., 2009; Viru y Viru, 2003).

La mayoría de las alteraciones orgánicas producto de fatiga en los deportistas llegan a presentar problemas graves al músculo, más cuando se entrena a intensidades elevadas o con descansos inadecuados (Neubauer, König y Wagner, 2008; Manspeaker, Kelley y Riddle, 2014). En los últimos años se ha demostrado que los cambios repentinos en la homeostasis generan daño muscular debido a la inflamación ocasionada por las altas cargas de entrenamiento, aunado a la generación de radicales libres (Carrera-Quintanar, Funes, Vicente-Salar, Blasco-Lafarga, Pons, Micol y Roche, 2015; Marin et al., 2013). Otros estudios han concluido que el daño muscular también puede ser ocasionado por el desgaste emocional y mecánico derivado de las intensidades máximas o supra-máximas a las que son sometidos los deportistas (Gabbett, 2016; Hammouda, Chaouachi, Ferchichi, Kallel y Souissi, 2012).

Aunque se puede considerar como normal que los deportistas aumenten los niveles enzimáticos por la fatiga muscular derivada de las microroturas en las fibras musculares después de recibir una carga intensa, en la medicina convencional se puede atribuir como un efecto deletéreo para el individuo el cual debe ser tratado por profesionales de la salud (Candia-Luján y de-Paz-Fernández, 2014; Hammouda et al., 2012). Es por ello que el desarrollo de una planificación de entrenamiento deportivo adecuado a las capacidades físicas del deportista disminuye el desequilibrio homeostático y posibilita mayores adaptaciones morfo-fisiológicas en

los deportistas generando menos daño muscular (Issurin, 2016). Sin embargo, es común que dentro de las sesiones de entrenamiento se planifiquen ejercicios con características excéntricas los cuales repercutirán en la filtración enzimática (da Silva, Nachbar, Levada-Pires, Hirabara y Lambertucci, 2016). Principalmente horas posteriores por haberse realizado trabajo con ejercicios excéntricos debido a que se aumentan las citocinas antiinflamatorias respondiendo a las citocinas proinflamatorias restringiendo la inflamación sistémica a través de la producción de una atracción de células inflamatorias en el tejido muscular (Figura 2; Córdova, 2010; Moreno-Eutimio y Acosta-Altamirano, 2014).

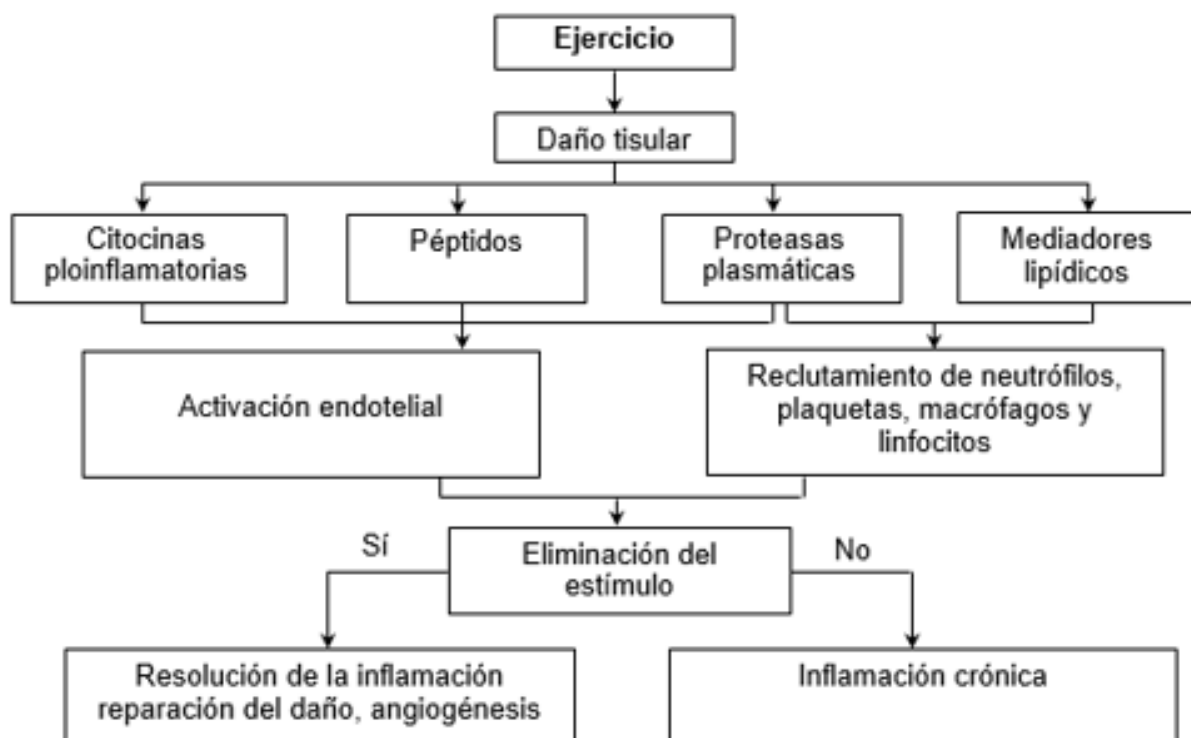


Figura 2. Mecanismos en la inflamación provocadas por el ejercicio. Adaptado de "Los inmunomoduladores frente a la inflamación y daño muscular originados por el ejercicio" por Córdova, A. (2010). *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168).

1.3.2.1 Transaminasas.

Las transaminasas son un conjunto de enzimas del grupo transferasas que cumplen una función metabólica en la célula catalizando la degradación de los

principales aminoácidos del grupo α -amino de un compuesto a otro (Müller-Esterl, 2008). Entre las transaminasas con valor clínico se encuentran únicamente el aspartato aminotransferasa (AST) y la alanina aminotransferasa (ALT) las cuales catalizan el aspartato y la alanina a glutamina y acetil CoA para ser utilizadas en el ciclo de Krebs durante la producción de energía (Avaria, Beytía, Kleinsteuber, Rodillo y Alegría, 2012). La AST y ALT son importantes para el diagnóstico clínico en los cuales sus valores normales oscilan entre los <40 U/L alterándose de acuerdo con la enfermedad hepática o lesión muscular (Gennaro, 2003).

Coswig, Neves y Del Vecchio (2013) reportan rangos normales para el AST entre 11 a 39 U/L y en la ALT entre 11 a 45 U/L en deportistas que entrenan deportes de combate. El AST se encuentra en una gran variedad de tejidos, en mayores concentraciones se encuentra en el miocardio, seguido del músculo-esquelético, hígado y riñones (Saritama y Geoconda, 2015; Urdampilleta et al., 2013). La ALT está presente en grandes cantidades en el hígado y riñones con bajas concentraciones en el músculo cardíaco y esquelético aumentando sus valores cuando existen problemas de infarto o distrofia muscular (Gennaro, 2003). Ambas enzimas aumentan en enfermedades virales hepáticas, ictericia obstructiva y cirrosis indicando daños hepatocelulares con la alteración (Vasudevan y Sreekumari, 2012). Sin embargo, durante la práctica deportiva los atletas presentan comúnmente cuadros de fatiga como parte del proceso deportivo para optimizar el rendimiento en la competencia.

1.3.2.2 Creatinquinasa.

La CK una enzima dimérica intracelular con diversas isoformas que en mayor proporción se encuentra en el músculo estriado (CK-MM), cardíaco (CK-MB) y cerebro (CK-BB), cuya función es catalizar de manera reversible la fosfocreatina (PCr) para convertirla en creatina con producción de adenosintrifosfato (ATP) como lo indica Bel, Soldevila y Llanos (2003); Portillo, del Barrio y Salido (1997). Esta enzima es medida en unidades internacionales por litro (U/L) y el sistema músculo-esquelético es quien cuenta con la mayor cantidad de CK correspondiendo 96% de CK-MM y solo el 4% en el miocardio; de tal manera que la CK-MB regularmente no se detecta en la circulación sanguínea (Baird et al., 2012). Los valores normales

dependen del número de fibras musculares en un individuo, oscilando en promedio entre 38 a 174 U/L en hombres y 96 a 140 U/L en mujeres (Ale, Qin y Singh, 2017; Portillo et al., 1997; Rosell-Ortiz et al., 2014). Coswig et al. (2013) establecen un rango de 26 a 189 U/L para deportistas de combate y Aymard, Aranda y Di Carlo (2013) relacionan valores a partir de 190 U/L en futbolistas de soccer. No obstante, estos valores van a variar de acuerdo con la edad, el género, la etnia, la masa muscular, el ejercicio físico y las condiciones climáticas (Ale, Qin y Singh, 2017; Soto, Trujillo y Niño, 2013). En atletas de alto rendimiento la CK se llega a aumentar entre 20 y 50 veces de los valores normales, principalmente en deportes de resistencia o en ejercicios donde se impliquen grandes cantidades de músculos (Kormanovski, Molotla, Licea, Eleazar y Chávez, 2006). En este sentido, se puede asumir que entre mayor cantidad de masa muscular presenten los atletas mejor podrán tolerar las intensidades de entrenamiento.

Aunque también se debe tomar en cuenta que en ocasiones los deportistas llegan a mantener elevadas las concentraciones durante la preparación física-deportiva y seguirlas aumentando según el principio de la carga progresiva de entrenamiento, cuidando que no sobrepasen valores entre los 200 a 300 U/L para evitar daños musculares o sobreentrenamiento (Urdampilleta et al., 2013). Por lo tanto, las cargas de entrenamiento a las cuales son sometidos los atletas deben mantenerse en relación con el tiempo de recuperación y descanso (Halsón, 2014). Esta relación incidirá sobre las adaptaciones morfológicas y metabólicas, que comprenden desde los cambios en el tamaño de los poros de la membrana celular hasta las alteraciones en los discos Z de la fibra muscular (Ordóñez-Llanos, Jorba, Castany, Roi-Martínez y Serra-Grima, 1997). Asimismo, optimizar las sesiones de entrenamiento, evitando la tensión músculo-esquelética caracterizada por la desorganización de las miofilamentos consecuente en la disminución del rendimiento y aumento de lesiones (Ordóñez-Llanos et al., 1997; Nedelec et al., 2012).

Por lo tanto, esta enzima brinda información objetiva que contribuye en controlar las cargas de entrenamiento en los diferentes periodos deportivos, con la finalidad de disminuir la fatiga y aumentar el rendimiento deportivo durante las sesiones de entrenamiento o la competencia (Wiewelhove et al., 2015). En el

proceso de adaptación deportiva, la CK es liberada a la circulación sanguínea entre 3 y 7 días posteriores a la actividad por el exceso de movimientos excéntricos, mientras que en movimientos isométricos su alteración se encuentra entre 24 y 48 horas después (Totsuka, Nakaji, Suzuki, Sugawara y Sato, 2002). Este conocimiento permite a los entrenadores deportivos evaluarla antes y después de una sesión de entrenamiento, en determinada etapa o periodo de la planificación, con la finalidad de conocer el comportamiento que presentan las cargas físicas y asimismo controlar posibles daños musculares causados por las intensidades que reciben los atletas (Brancaccio, Maffulli y Limongelli, 2007; Soto et al., 2013). No obstante, es importante considerar las isoenzimas que presenta la CK y así diferenciar posibles daños tanto al miocardio, cerebro o músculo (Koch, Pereira y Machado, 2014).

1.4 *Spirulina* spp

Los organismos conocidos como *Spirulina* spp son cianobacterias microscópicas filamentosas unicelulares de forma espiral o helicoidal, con membrana externa mucilaginoso llamada vaina, color verde-azulado que pertenecen a la familia *Oscillatoriaceae* (El-Sheekh, Hamad y Gomaa, 2014; Falquet y Hurni, 1997; Hernández-Lepe, Wall-Medrano, Juárez-Oropeza, Ramos-Jiménez y Hernández-Torres, 2015). Normalmente crecen naturalmente en mares, océanos y lagunas donde el pH varíe entre 9.5 y 11, con clima cálido o templado, temperatura ambiental entre 25 y 40°C y buena disponibilidad de luz (Göksan, Zekeriyaoğlu y Ak, 2007; Karkos, Leong, Karkos, Sivaji y Assimakopoulos, 2011; Plaza, Herrero, Cifuentes y Ibanez, 2009; Ravi, De, Azharuddin y Paul, 2010; Rojas, Ávila y Parada, 2012; Selmi et al., 2011). Al ser procariontes fotoautótrofos oxigénicos han sido aprovechadas para diferentes fines, destacándose la biorremediación, producción energética, elaboración de fertilizantes y para consumo humano (Maza, Guevara, Gómez, Arredondo-Vega, Cortez y Licet, 2017; Rodrigues et al., 2012).

En la antigüedad las *Spirulina* spp eran utilizadas en la elaboración de diversos alimentos, las tribus Kanembú que radicaban al lado del lago Chad, en África central las consumían en forma de galletas denominadas “*Dibé*” a las cuales le agregaban tomate y varias especias, mientras que los mayas, aztecas y mexicas que se encontraban en Mesoamérica, la utilizaban bajo el nombre “*Tecuitlatl*” para fortificar

las tortillas que utilizaban como consumo propio (Dal Bosco et al., 2014; Deng y Chow, 2010; Ponce, 2013; Hernández-Lepe et al., 2015). Entre las especies más estudiadas por la industria alimentaria y farmacológica se encuentran la *Spirulina* (*Arthrospira*) *maxima* y *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* (De Oliveira, Monteiro, Robbs y Leite, 1999).

Actualmente se tiene conocimiento que las *Spirulina* spp pertenecen al género *Arthrospira* en las cuales se encuentran la *Arthrospira platensis* y la *Arthrospira maxima* aunque se sigue nombrando *Spirulina* (Falquet y Hurni, 1997; Lu, Hsieh, Hsu Yang, y Chou, 2006). También se conoce que la *Arthrospira platensis* es endémica de África central y la *Arthrospira maxima* de América central (Abdulqader, Barsanti y Tredici, 2000; Ramírez-Moreno et al., 2006). Además, que las dos proporcionan una gran variedad de macro y micronutrientes aunado a compuestos bioactivos (fitonutrientes), utilizándose con fines terapéuticos por las industrias farmacológica y alimentaria en diversas partes del mundo (Deng y Chow, 2010).

1.4.1 *Arthrospira maxima* y *Arthrospira platensis*.

Arthrospira maxima y *Arthrospira platensis* son dos géneros de cianobacterias consumidas por los humanos por los beneficios que estos organismos aportan (Løbner, Walsted, Larsen, Bendtzen y Nielsen, 2008; Sotiroudis y Sotiroudis, 2013; Viveros, 2009). La *Arthrospira platensis* han sido mayormente investigada y consumida, aunque la *Arthrospira máxima* cuenta con una composición química similar (El-Sheekh, Hamad y Gomaa, 2014; Rojas, Ávila y Parada, 2012). Estas plantas milenarias presentan un elevado aporte nutrimental para los humanos, por lo que han sido consumidas desde épocas ancestrales en diferentes partes del mundo (Dal Bosco et al., 2014; Deng y Chow, 2010; Ponce, 2013). Su comercio a gran escala se aumentó en los años 60 en Japón y en los años 70 en México e inclusive en 1980 se llegó a producir más de una tonelada por mes en Asia con la finalidad de extraer β -caroteno (Spolaore, Joannis-Cassan, Duran y Isambert, 2006).

Actualmente la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) la cataloga como un alimento seguro para el consumo humano debido a que no presenta efectos toxicológicos que repercutan negativamente en la salud (Polonio, Monteiro, Pereira y Godoy, 2012; Karkos et al., 2011). Asimismo, la Administración Nacional de la

Aeronáutica y del Espacio (NASA) ha utilizado a la *Arthrospira* spp. como complemento dietético para los astronautas en misiones espaciales, atribuyendo que sus propiedades químicas tienen la capacidad de mejorar el sistema inmunológico y disminuyen la inflamación celular (Karkos et al., 2011).

Otras investigaciones han referido que las *Arthrospira* spp. son una alternativa viable para combatir la desnutrición humana, la cual puede ser utilizada en individuos sanos, con presencia de enfermedades y deportistas, atribuyendo que los compuestos bioactivos proporcionan efectos positivos en la salud (Ravi et al., 2010; Selmi et al., 2011). Estudios realizados tanto *in vivo* o *in vitro* han favorecido en aumentar la evidencia científica sobre los beneficios que presenta el consumo de este alimento en diferentes condiciones de salud (Cheong et al., 2010; Gutiérrez-Rebolledo et al., 2015; Miranda, Cintra, Barros y Mancini-Filho, 1998; Torres-Durán, Ferreira-Hermosillo, y Juárez-Oropeza, 2007). Entre los beneficios se encuentran los hipolipemiantes (Ferreira-Hermosillo, Torres-Durn y Juárez-Oropeza, 2010; Torres-Durán, Ferreira-Hermosillo, Ramos-Jiménez, Hernández-Torres y Juárez-Oropeza, 2012), antivirales (Karkos et al., 2011), controla la diabetes al sensibilizar la acción periférica a la insulina (Perea-Martínez y López-Navarrete 2014; Ravi et al., 2010), combate la hipertensión arterial (Miczke et al., 2016), es anticancerígena (Khan, Bhadouria y Bisen, 2005; Ravi et al., 2010; Oh, Ahn, Kang y Lee, 2011), combate la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Ismail, Hossain, Tanu y Shekhar, 2015) y funciona como apoyo terapéutico del síndrome metabólico (Perea-Martínez y López-Navarrete 2014).

Estas características hacen que sea catalogada por la industria farmacológica como un alimento importante para el tratamiento de patologías como la obesidad, el cáncer y la desnutrición (Naranjo-Briceño, Rojas-Tortolero, González y Torres, 2010), proponiéndose como un alimento nutracéutico o funcional por ser natural, tener los nutrimentos esenciales, compuestos bioactivos, mejorar el estado de salud y reducir el riesgo de enfermedad (Cheong et al., 2010; Deng y Chow, 2010; Gouveia, Marques, Sousa, Moura y Bandarra, 2010; Gutiérrez-Salmeán, Fabila-Castillo y Chamorro-Cevallos, 2015; Plaza et al., 2009). También el incremento de su consumo

ha ocasionado que los diferentes géneros de *Arthrospira* se produzcan en diversas partes del mundo (Rojas et al., 2012; Sánchez et al., 2003).

1.4.1.1 Composición química de la *Arthrospira maxima*.

La composición química varía según las condiciones de crecimiento en la que se encuentra la *Arthrospira maxima* principalmente de la alcalinidad del agua y temperatura ambiental a la que se expone su crecimiento, aunque regularmente se adquiere una biodisponibilidad para el humano mayor al 60% considerándose el alimento vegetal con más alto aporte nutrimental (Simental, Sanchez-Saavedra y Flores-Acevedo, 2004; Wells et al., 2017). La carencia de paredes celulares en la *Arthrospira* spp. proporciona al organismo mejor digestibilidad, ocasionando que se los nutrimentos y compuestos bioactivos sean aprovechados en mayor medida (Sharoba, 2014; Morsy, Sharoba, El-Desouky, Bahlol, y Abd El Mawla, 2014; Karkos et al., 2011).

En la Tabla, 3 se presenta el contenido calórico, de fibra dietética y macronutrimentos, donde los carbohidratos que contienen las *Arthrospira* spp. están compuestos por importantes polisacáridos similares al glucógeno los cuales proporcionar energía a los músculos activos durante una actividad (Hoseini et al., 2013; Sotiroudis y Sotiroudis, 2013). Durante las sesiones de entrenamiento o una competencia, los carbohidratos formados por polisacáridos son el principal sustrato energético y favorecen la recuperación en los deportistas (Martínez-Sanz et al., 2013; Holway y Spriet, 2011).

Tabla 3

*Aporte calórico y distribución nutrimental en 100 gramos de *Arthrospira maxima**

Composición química	Utilizada para el estudio*	Reportado en la literatura	Referencia
Calorías	383.8	383	Milasius et al., 2009
Proteínas (%)	67	55-70	Belay, 2002;
Lípidos (%)	14.06	6-22	Milasius et al., 2009; Siva et al., 2015;
Carbohidratos (%)	4.27	15-25	Leduy et al., 1979; Kataoka et al.,

			1983.
Fibra dietética (%)	2.18	8-10	Leduy y Therien, 1979; Mazokopakis et al., 2014.

Nota: * Valor nutrimental en *Spirulina ancestral Tecuitlatl* utilizada para el estudio. Adaptado de "Consumo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) como una alternativa en la nutrición humana. Una Revisión bibliográfica" Castro-Zamora A.A., et al., 2017, *Revista de Investigación Académica Sin Frontera*, 26.

También se encuentran en forma monoméricas como glucosa, galactosa, ribosa y manosa influyendo en la absorción energética directa en el organismo, principalmente al cerebro y al sistema nervioso, así como propiciar la síntesis de desoxirribosa (Peinado et al., 2013; Plaza et al., 2009; Sotiroudis y Sotiroudis, 2013). No obstante, algunos polisacáridos llegan a variar según la especie y el género de la microalga; tal es el caso de la *Arthrospira platensis* que contiene sulfato aislado llegando a contribuir como un antiviral, aunque actualmente sigue siendo investigado este efecto (Vaz da Silva, Moreira, de Moraes y Costa, 2016; Wells et al., 2017). El contenido proteínico presente en la *Arthrospira* spp. es mayor al reportado en otros alimentos cárnicos y leguminosas (Gutiérrez-Salmeán et al., 2015; Plaza et al., 2009). También posee todos los aminoácidos esenciales, especialmente la leucina, valina e isoleucina con una biodisponibilidad entre el 83% y 90% en el organismo (Hoseini, Khosravi-Darani y Mozafari, 2013; Moreira, Behling, Rodrigues, Costa y Soares, 2013). Aunque llega a ser baja en metionina, cisteína y lisina en comparación a las reportadas en carnes, huevos y leche (Hoseini et al., 2013; Sotiroudis y Sotiroudis, 2013). La mitad de los lípidos son ácidos grasos esenciales ω -3, ω -6 y omega-9 (ω -9) los cuales favorecen al organismo a realizar funciones que por sí mismo no puede llevar a cabo (El-Sheekh et al., 2014).

Las vitaminas y minerales contenidos en las *Arthrospira* spp. cumplen funciones importantes en la salud humana al desempeñarse como coenzimas, mismas que ejercen diversas reacciones en las células previniendo de enfermedad a los individuos, mismas que durante el ejercicio físico intenso o prolongado contribuyen en la prevención y recuperación del sistema inmune (Hernández-Lepe et

al. (2015); García et al., 2015; Gutiérrez-Salmeán et al., 2015). Es por ello que en ocasiones los deportistas requieren complementaciones de micronutrientes con la finalidad de evitar la inmunopresión, principalmente cuando se compite en categorías elite (Nieman y Bishop, 2006). El consumo de *Arthrospira* spp. durante un proceso de preparación deportiva, puede influir a proporcionar las vitaminas y minerales consumidos por efecto del entrenamiento, llegando a influir en mejoras del rendimiento físico o en la recuperación (Belay, Ota, Miyakawa y Shimamatsu, 1993).

Entre los minerales (Tabla 4), todos cuentan con elevada cantidad y con alta biodisponibilidad (Gutiérrez-Salmeán et al., 2015). Esto permite que los deportistas puedan optimizar el rendimiento a través de la complementación de los diferentes minerales (Lee, 2017). El hierro cumple una función importante sobre el transporte de oxígeno y los procesos de la respiración celular, ocasionando graves problemas cuando se tienen deficiencias (Bermúdez et al., 2011; Lee, 2017). El calcio y fósforo contenidos en este alimento son comparables a la leche de vaca, favoreciendo la salud ósea al disminuir el riesgo de descalcificación, principalmente por la deficiencia en estos micronutrientes (Gutiérrez-Salmeán et al., 2015). El zinc presenta implicaciones sobre el metabolismo energético, aunque se conoce poco sobre los beneficios que su complementación pueda tener sobre el rendimiento físico (Eskici, Gunay, Baltaci y Mogulkoc, 2016).

Tabla 4

Contenido en miligramos (mg) de minerales en 100 gramos de Arthrospira maxima

Composición química	Utilizada para el estudio*	Reportado en la literatura	Referencia
Sodio (Na)	900	641	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.
Calcio (Ca)	1000	468	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.
Fósforo (P)	800	961	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.
Magnesio (Mg)	400	319	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.

Hierro (Fe)	150	87.4	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.
Potasio (K)	1400	1660	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.
Zinc (Zn)	3	1.45	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015.

Nota: * Valor nutrimental en *Spirulina ancestral Tecuítlatl* utilizada para el estudio. Adaptado de “Consumo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) como una alternativa en la nutrición humana. Una Revisión bibliográfica” Castro-Zamora A.A., et al., 2017, *Revista de Investigación Académica Sin Frontera*, 26.

Las vitaminas (Tabla 5) encontradas en la *Arthrospira* spp. pueden llegar a beneficiar el rendimiento físico en los deportistas cuando se encuentran entrenando a intensidades elevadas al combatir los radicales libres generados por las alteraciones adquiridas en las membranas celulares (García, Carral, Núñez y Torrado, 2009). Entre las principales vitaminas se encuentra el ácido ascórbico o vitamina C que en conjunto con el α -tocoferol o vitamina E regenera el radical tocoferol formado (López y Pinar, 2004). Por lo tanto, la alimentación variada y adecuada aunada a la complementación con antioxidantes puede ser utilizado para la prevención del daño muscular en los deportistas (García et al., 2009)

Tabla 5

Contenido en miligramos (mg) de vitaminas en 100 gramos de Arthrospira maxima

Composición química	Utilizada para el estudio*	Reportado en la literatura	Referencia
β -caroteno (A)	201	211	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015
α -tocoferol (E)	10	0.3	Ponce López, 2013 Koru, 2012
Tiamina (B ₁)	3.6	3-4	Ramírez-Moreno et al., 2006
Riboflavina (B ₂)	4	4.53	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015

Niacina (B ₃)	14	14.9	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015
Ácido pantoténico (B ₅)	0.2	0.0013	Bishop y Zubeck, 2012
Piridoxina (B ₆)	0.8	0.96	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015; Falquet y Hurni, 1997
Cobalamina (B ₁₂)	0.2	162	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015

Nota: * Valor nutrimental en *Spirulina ancestral Tecuitlatl* utilizada para el estudio. Adaptado de “Consumo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) como una alternativa en la nutrición humana. Una Revisión bibliográfica” Castro-Zamora A.A., et al., 2017, *Revista de Investigación Académica Sin Frontera*, 26.

Algunos de los compuestos bioactivos que se encuentran en las *Arthrospira* spp. funcionan como antioxidantes (Tabla, 6) los cuales llegan a incidir en la reducción del estrés oxidativo inducido por el incremento de las cargas físicas que reciben los deportistas (Braakhuis y Hopkins, 2015; Hwang et al., 2011). Otros compuestos generan efectos terapéuticos mejorando el estado de salud de los deportistas (Drago, López y Sain, 2006; Holdt y Kraan, 2011). Investigaciones realizadas con diversos grupos de deportistas se observó que los ω -3 y ω -6 disminuyen la concentración de especies reactivas de oxígeno, fibrinógeno, agregación plaquetaria, viscosidad plasmática, arritmias, niveles de triglicéridos, presión sanguínea, MG y marcadores inflamatorios promoviendo la recuperación y regeneración muscular y reestableciendo las contracciones cardiacas más rápidamente (Pérez, 2015; Europa et al., 2012).

Tabla 6

Contenido de compuestos bioactivos en 100 gramos de Arthrospira maxima

Composición química	Utilizada para el estudio*	Reportado en la literatura	Referencia
Ficocianina (%)	15	16-20	Ramírez-Moreno et al., 2006

Clorofila (%)	0.2	0.5	Spolaore, Joannis-Cassan, Duran y Isambert, 2006 Spolaore et al., 2006
Carotenos (%)	0.4	0.1-0.65	Ramírez-Moreno et al., 2006
Ácido gamma-linolénico ω -6 (mg)	1000	1080 mg	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015
Ácido alfa-linolénico ω -3 (mg)	800	0.0435	Gutiérrez-Salmeán et al., 2015

Nota: * Valor nutrimental en *Spirulina ancestral Tecuitlatl* utilizada para el estudio. Adaptado de “Consumo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) como una alternativa en la nutrición humana. Una Revisión bibliográfica” Castro-Zamora A.A., et al., 2017, *Revista de Investigación Académica Sin Frontera*, 26.

1.4.1.2 Beneficios atribuidos al consumo de *Arthrospira* spp. en humanos.

Actualmente es bien sabido que un elevado porcentaje de la sociedad no cumple con la ingestión alimentaria diaria recomendada (Ismail et al., 2015; Oh et al., 2011; Perea-Martínez y López-Navarrete 2014; Ravi et al., 2010). En caso del deportista, las deficiencias nutrimentales pueden estar dadas en uno o más macro o micronutrientes llegando a generar múltiples problemáticas en la salud o rendimiento físico durante su preparación deportiva (Mielgo-Ayuso et al., 2015; Mountjoy et al., 2014; Thomas, Erdman y Burke, 2016). Existe evidencia científica que han documentado los beneficios a la salud que presenta la ingestión habitual de *Spirulina* spp., principalmente por el alto contenido nutrimental que la conforma (Miranda et al., 1998; Ravi et al., 2010; Selmi et al., 2011; Torres-Durán et al., 2007). Aunque la mayor parte de los beneficios son atribuidos al género *Arthrospira* (*Arthrospira maxima* o *Arthrospira platensis*) debido a su distribución bioquímica (Ismail et al., 2015; Oh et al., 2011; Ravi et al., 2010).

Esto ha permitido que la industria farmacéutica y alimentaria ha incrementado las estrategias de utilidad permitiendo que su consumo humano se encuentre en

constante aumento por la variedad nutrimental (Cheong et al., 2010; Ferreira-Hermosillo et al., 2010; Karkos et al., 2011; Morsy et al., 2014). En caso de la industria alimentaria ha referido a las *Arthrospira* spp. como un alimento importante en el combate de mal-nutrición humana atribuidas a hábitos alimentarios inadecuados. También existe una amplia información científica atribuyendo beneficios en diversas enfermedades causadas por deficiencias o excesos alimentarios, en este caso Perea-Martínez y López-Navarrete (2014) describen que la obesidad cuya enfermedad presenta múltiples comorbilidades pasó de ser una situación epidemiológica a una pandémica que repercute en la salud y economía mundial por el tratamiento brindado.

Selmi et al. (2011) analizaron el efecto que tiene la *Spirulina* spp. en la dieta para contrarrestar la anemia y la función inmune en adultos mayores de 50 años, obteniéndose beneficios después de 12 semanas de intervención. Dillon (2014) y Simpure et al. (2006) han referido que puede ser consumida en cualquier etapa de vida, ofreciendo múltiples beneficios en niños durante el destete hasta los seis años, principalmente cuando tienen problemas de desnutrición al proporcionarle una cantidad elevada de hierro, aminoácidos y carotenoides.

Ramesh et al. (2013) refirió que 40 mil niños morían anualmente a causa de desnutrición severa, atribuyendo que el contenido nutrimental en la *Spirulina* spp. representaba una alternativa segura para el consumo en los niños, otorgando hierro y proteínas con alta calidad. Además de presentar fortalecer el sistema inmunológico. Khan et al. (2005) mencionan que, debido a la composición química, los diferentes tipos de *Spirulina* contribuyen en la regulación del metabolismo de los lípidos y carbohidratos. Además, llegar a inhibir la carcinogénesis, estimular la producción de anticuerpos y citoquinas, asimismo aumentan la acumulación de células “killer”, la movilización de células del sistema inmunológico (T y B) reducen la toxicidad del hígado, riñones y testículos. Los beneficios son atribuidos a la variedad de antioxidantes que se encuentran presentes en las cianobacterias (Bohorquez, 2017; Mohan et al., 2006; Quiñones, Campos y Gil, 2016; Hernández-Lepe et al., 2015). Tal como lo mencionan Gutiérrez-Rebolledo et al. (2015) después de examinar si la actividad antiinflamatoria que presenta la *Spirulina* se encuentra relacionada con las

propiedades antioxidantes confirmaron que la *Arthrospira maxima* brinda protección contra el desarrollo de enfermedades crónicas.

1.4.2 Consumo de *Arthrospira* spp. en deportistas.

En individuos que realizan ejercicio físico se ha demostrado que la complementación con *Arthrospira* contribuye en la pérdida de peso corporal (Martínez-Álvarez, 2016), disminuye los niveles de triglicéridos (Cheong et al., 2010; Torres-Durán et al., 2012), el colesterol y lípidos hepáticos (Moura et al., 2011), la inflamación celular (Romay et al., 1998) y permite recuperar al atleta después de haber tenido un desgaste físico durante las sesiones de entrenamiento (Deng y Chow, 2010). Diversos autores han atribuido que parte de los beneficios otorgados por las *Arthrospira* spp. son por el contenido en β -carotenos (Karkos et al., 2011), la ficocianina (Nagaoka et al., 2005) y la clorofila (Quiñones, Campos y Gil, 2016), aunque otros antioxidantes presentes en la *Arthrospira* spp. presentan diversos beneficios. Chu, Lim, Radhakrishnan y Lim (2010) evaluaron la actividad antioxidante de la *Arthrospira* spp. para conocer el efecto protector contra la muerte celular inducida por radicales libres, concluyendo que el extracto acuoso presente en este alimento protege contra la apoptosis celular generada por radicales libres al ejercer una actividad antioxidante en el organismo.

Actualmente se sabe que los antioxidantes previenen los efectos adversos de las especies reactivas de oxígeno para que el organismo funcione adecuadamente, protegiendo de los radicales libres y envejecimiento celular (Coronado et al., 2015). El potencial antioxidante que tiene la *Arthrospira* spp. también favorece a individuos que realizan ejercicio físico o practican deporte, principalmente cuando se ocasiona desgaste en las fibras musculares (Lobo, Patil, Phatak y Chandra, 2010; Sotiroudis y Sotiroudis, 2013). En estudios realizados por autores como Gutiérrez-Salmeán et al. (2015); Sotiroudis y Sotiroudis (2013); Kalafati et al. (2010) han argumentado que consumir *Arthrospira* spp. como una estrategia de complementación nutrimental ayuda en la recuperación, proporciona energía, recupera tejidos y disminuye la producción de radicales libres en individuos convencionales o practicantes de algún deporte.

También se ha demostrado que la complementación con *Arthrospira* ayuda en recuperar la energía gastada durante la sesión de entrenamiento (Kalpana et al., 2012), principalmente en aquellos deportistas que regularmente mantienen desequilibrios nutrimentales por los periodos de entrenamiento tan prologados por causas propias o ajenas al deporte (Bassit et al., 2010; Mielgo-Ayuso et al., 2015). Esto puede permitir que la complementación con *Arthrospira* spp. sea una alternativa segura para los deportistas en las diferentes etapas de entrenamiento o después de haber tenido una sesión, principalmente con predominio en ejercicios físicos excéntricos los cuales generan mayor daño en las fibras musculares (Sotiroudis y Sotiroudis, 2013; Kalafati et al., 2010). Al ofrecer múltiples beneficios, la complementación con *Arthrospira maxima* puede ser propuesta en individuos que se encuentran físicamente activos como recuperador físico de origen natural. En la Tabla 7 y Tabla 8 se muestra el efecto atribuido a la *Arthrospira* spp. y las principales conclusiones correspondientes a diferentes protocolos realizados *in vivo* con deportistas participantes en diversos deportes e individuos que realizan ejercicio físico para mantener el estado de salud.

Tabla 7

Efectos atribuidos a la Arthrospira ssp. en poblaciones que practican ejercicio físico o deporte

Autor/es	Efecto atribuido	Sujetos y edad	Tipo de estudio y dosis	Principales conclusiones
Lu et al. (2006).	Previene el daño muscular y retrasa la fatiga.	16 estudiantes voluntarios entre 20 y 22 años.	Experimental, doble ciego, 7.5 gr/día por tres semanas.	La complementación con Spirulina previene el daño músculo-esquelético y posterga el tiempo de agotamiento por ejercicio físico.
Franca et al. (2012).	Disminuye el daño muscular y estrés oxidativo.	18 ciclistas entre 27 y 34 años.	Estudio doble ciego, aleatorizado, 7.5 gr/día por 4 semanas.	En ciclistas sin estrés oxidativo y deficientes en consumo de vitamina E no protege la proteólisis muscular crónica y el estrés oxidativo en EF intenso.
Sandhu y Shenoy (2009).	Disminuye el daño muscular y estrés oxidativo.	40 sujetos con y sin experiencia deportiva (22 hombres y 18 mujeres) entre 22 y 27 años.	Experimental, 2gr/día por 8 semanas y dieta normal.	La combinación entrenamiento físico más complementación presenta mayor aumento en la fuerza muscular que solamente realizar ejercicio físico o complementarse.
Ramesh, Manivasgam, Sethupathy y Shantha (2013).	Mejora de parámetros antropométricos y bioquímicos que inciden en el sistema inmunológico y crecimiento.	91 niñas sin enfermedad entre 11 y 13 años.	900 mg por tres meses continuos.	La complementación con Spirulina presenta efecto en parámetros antropométricos y bioquímicos en un corto periodo de tiempo.
Kalpana, Kusuma, Lal y Khanna (2012).	Presenta función antioxidante y disminuye el estrés oxidativo.	90 deportistas entre 15 y 21 años.	Experimental con tres grupos: GE (3gr <i>Spirulina</i>), GE2 (1gr de cápsula antioxidante) y GC (sin tratamiento) por 60 días.	La complementación con Spirulina y antioxidante tuvo efecto similar. Recomiendan el consumo de <i>Spirulina</i> por su aporte nutrimental.

Tabla 8

Efectos atribuidos a la Arthrospira ssp. en poblaciones que practican ejercicio físico o deporte (continuación Tabla, 7)

Autor/es	Efecto atribuido	Sujetos y edad	Tipo de estudio y dosis	Principales conclusiones
Milasius, Malickaite y Dadeliene (2009).	Mejora el desarrollo físico, la composición sanguínea y función inmune.	12 deportistas élites entre 20 y 22 años.	Experimental, 750mg/día durante 14 días.	Después de 14 días se presentaron cambios en eritrocitos con tendencia de cambio en hemoglobina y leucocitos y presenta efectos positivos en la respuesta inmune. Aumentó el rendimiento físico atribuido al incremento de la tasa de oxidación de las grasas y aumento de niveles GSH.
Kalafati et al. (2010).	Mejora el rendimiento físico, metabolismo de sustratos y reduce el estado redox en sangre.	9 hombres con entrenamiento moderado entre 22 y 25 años.	Experimental doble ciego, 6 g/día por 4 semanas.	Se requiere mayor investigación para conocer el efecto con la inflamación celular y estrés oxidativo.
Torres-Durán et al. (2012).	Reduce la lipemia postprandial.	41 corredores entre 10 y 26 años.	Experimental, 5gr/día suspendido en 250ml de agua por 15 días.	La complementación con Spirulina disminuye la lipemia postprandial después de consumirse alto contenido de grasas.
Gauze-Gnagne, Lohoues, Monde, Djinhi, Camara y Sess (2015).	Inhibe la producción de radicales libres en una carrera de maratón.	10 corredores de maratón.	Experimental, 5.4gr/día en dos tiempos. 1 ^{er} tiempo corrieron ½ maratón y por 15 días recibieron tratamiento y 2 ^{do} tiempo repitieron la carrera.	Los niveles de oxidación se redujeron a la mitad con la ingestión de Spirulina después de realizar un esfuerzo físico y conduce a un aumento del peso corporal.
Kelkar, Subhadra y Chengappa (2008).	Proporciona efecto antioxidante y mejora el rendimiento físico.	8 corredores de maratón entre 24 y 26 años.	Experimental. 4g/día de Spirulina y antioxidantes durante 2 semanas	Los antioxidantes combaten el estrés oxidativo, mejoran el estado hematológico y rendimiento en corredores.

1.5 Composición corporal

La composición corporal hace referencia a la constitución del cuerpo en relación con los diferentes tejidos y medidas en su conformación donde factores genéticos, culturales y sociales tienen implicaciones directas en sus cambios, principalmente cuando los individuos cuentan con hábitos inadecuados en su alimentación (Labra, Muñoz, Retamal y Bustamante, 2014). La composición corporal se puede organizar de cinco niveles que son I) anatómico, II) molecular, III) celular, IV) sistema tisular y V) cuerpo entero (Santos et al., 2014; Wang, Pierson y Heymsfield, 1992). En la práctica deportiva, es evaluada para conocer el estado de nutrición y aptitud física del deportista (Serrano et al., 2007). Cuando es determinada a través de la plicometría se puede evaluar el biotipo del deportista, sirviendo como una variable importante para analizar las principales proporciones del cuerpo y adecuarlo a las necesidades de cada periodo de entrenamiento del macrociclo (López, Hernández, Rangel, Walle y Ramos, 2014; Rodríguez, 2013). Otros autores describen que a partir del biotipo se pueden predecir potencialidades o debilidades morfofuncionales en los deportistas permitiendo realizar adecuaciones en la planeación deportiva (León, Viramontes y Veitía, 2009).

Moreira, Alonso-Aubin, de Oliveira, Candia-Luján y de Paz (2015) consideran que el estudio de la composición corporal tiene aplicaciones en el área clínica-deportivo y el campo de la investigación pudiendo llevarse a cabo un seguimiento en los individuos con la finalidad de regular el peso corporal. También se ha descrito que su estudio brinda información sobre la MG y MLG funcionando como un método de evaluación del estado de nutrición en la enfermedad y el rendimiento deportivo (García et al., 2014). Sin embargo, en los deportistas es más usual que se determine la composición corporal y biotipo al inicio de cada periodo de entrenamiento sirviendo como referencia en la aplicación de estrategias de acuerdo con las necesidades energéticas y variaciones en la distribución nutrimental (Infante et al., 2013). Autores como Bridge, da Silva, Chaabene, Pieter y Franchini (2014) fundamentan que las características del biotipo en los deportistas son un indicador importante desde la iniciación deportiva.

En el deporte del boxeo comúnmente los boxeadores presentan un biotipo meso-ectomórfico al caracterizarse un cuerpo delgado con extremidades largas y baja proporción de MG con la finalidad de tener ventaja sobre el oponente (Gutnik et al., 2015; León, Viramontes y Veitía, 2009). Es necesario que en este deporte, se evalúen las características desde el inicio de la preparación por las complicaciones que presentan los boxeadores durante el proceso de disminución en el peso corporal para la competencia (Meetei y Singh, 2017; Navarrete, Pineda y Chávez, s.f; Smith, 2006). Esto contribuye que los boxeadores mantengan visitas con el médico y nutriólogo deportivo con la finalidad de puntualizar estrategias encaminadas a la reducción gradual del peso corporal sin repercutir negativamente sobre el rendimiento deportivo. Principalmente cuando los boxeadores se encuentren por arriba del peso corporal pactado para la competencia, teniéndolo que disminuir cuidando las capacidades físicas, cognitivas y coordinativas predominantes en este deporte (Meetei y Singh, 2017).

Diversos estudios muestran estrategias que los boxeadores pueden seguir para la preparación deportiva en cada periodo de preparación deportiva (Smith, 2006). Entre ellas se encuentra el mantenimiento de 2kg por arriba del peso corporal de competencia en preparación física general, mismo que debe disminuir a 1kg durante la preparación específica y 500 gramos para en el periodo competitivo (Giovani y Nikolaidis, 2012). Otros autores han descrito la reducción del peso corporal días antes de la competencia a través de métodos rápidos tales como reducir la ingestión alimentaria o deshidratación autoinducida (Judelson et al., 2007; Pettersson, Ekström y Berg, 2013). La reducción gradual del peso corporal es el método más apropiado para optimizar el rendimiento durante la competencia, debido a que la reducción rápida llega a afectar las funciones musculares e incrementar el daño en los tejidos ocasionando un detrimento en el rendimiento deportivo (Torres-Luque, Hernández-García y Garatachea, 2011). Asimismo, la reducción gradual del peso corporal mantiene un equilibrio entre el gasto y el consumo de alimentos permitiendo bajar paulatinamente la MG (Figura 3) sin afectar el estado de salud en los deportistas (Duthie, Pyne, Hopkins, Livingstone y Hooper, 2006; Infante et al., 2013; Stiegler y Cunliffe, 2006).

El porcentaje de MG en boxeadores amateur oscila entre el 9% y 16% para hombres y del 14% al 26% en mujeres mientras que en boxeadores profesionales se encuentra del 5% al 8% (Chaabène et al., 2015), aunque en este nivel competitivo se puede llegar a tener un 12% debido a la maduración orgánica que presenta el deportista, división de combate, estrategias alimentarias y métodos de entrenamiento implementados durante la preparación física (Cardozo, Vera-Rivera, Conde-Cabezas y Yáñez, 2017; Giovani y Nikolaidis, 2012). El exceso de MG en los boxeadores actúa como peso muerto durante el entrenamiento o la competencia, implicando un aumento energético y como consecuencia mayor fatiga muscular (Carling y Orhant, 2010). La MG en poblaciones convencionales oscila entre 8% y 20.9% donde valores por arriba está asociado a obesidad y enfermedades metabólicas (Cardozo, Cuervo y Murcia, 2016; Villatoro-Villar, Mendiola-Fernández, Alcaráz-Castillo y Mondragón-Ramírez, 2015). Por lo tanto, reducir su valor a valores sugeridos llega a introducir a los boxeadores en categorías inferiores favoreciéndolos a maximizar la fuerza relativa frente al oponente durante la competencia (Franchini, Del Vecchio, Matsushigue y Artioli, 2011).

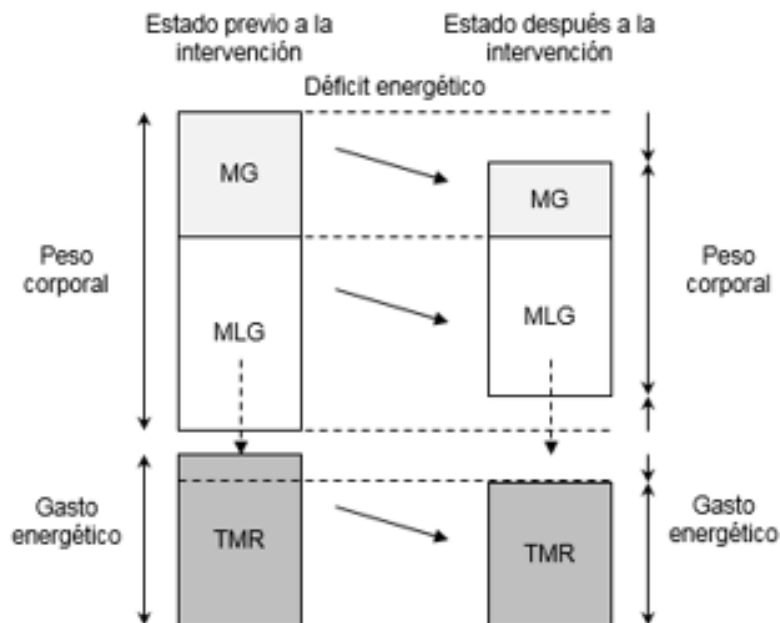


Figura 3. Impacto teórico de la restricción energética en la masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG) y tasa metabólica en reposo (TMR). Donde la diferencia energética durante un periodo prolongado de tiempo induce una reducción en peso corporal, basada en la disminución de MG y posiblemente en MLG, pudiéndose relacionar los cambios a la disminución de la TMR. Adaptado de "The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss" (Vol, 3), por Stiegler, P., y Cunliffe, A., 2006, Sports medicine.

La MLG representa aproximadamente 80% del peso corporal e incluye todos los componentes funcionales del organismo implicados en los procesos metabólicamente activos, haciéndolo fundamental para los deportistas debido que se encuentra relacionado con el adecuado funcionamiento de las fibras musculares durante las sesiones de entrenamiento o la competencia (Ravasco, Anderson y Mardones, 2010; Kenney, Wilmore y Costill, 2014). Este componente es determinado a través de métodos directos e indirectos tales como las áreas musculares de los segmentos corporales, el componente mesomórfico del somatotipo de acuerdo a Health y Carter, los índices de relación peso-talla, la masa libre de grasa del modelo bi-compartimental de fraccionamiento químico de la masa corporal total y las ecuaciones antropométricas para estimar la masa muscular esquelética total y apendicular (Ravasco, Anderson y Mardones, 2010; Schifferli, Carrasco y Inostroza, 2011).

El conocimiento sobre el tipo de evaluación que se debe llevar a cabo en el deportista para conocer las características antropométricas y composición corporal puede incidir en la adecuación de las estrategias de entrenamiento durante la preparación física y así beneficiar la agilidad en piernas y potencia en brazos, la coordinación, aptitud aeróbica y velocidad durante la competencia (Chaabene, Hachana, Franchini, Mkaouer y Chamari, 2012; Meetei y Singh, 2017). Asimismo, el porcentaje de MLG se puede estimar con mayor precisión el gasto energético total en los deportistas el cual se disminuye con la edad y el sexo (Horton y Geissler, 1994; López-Fontana, Martínez-González y Martínez, 2003). En este sentido, la ingestión calórica total en los deportistas debe cumplir con adecuaciones tanto en agua, proteínas y minerales con la finalidad de incidir en la MLG debido a que alrededor del 40% está constituido de masa muscular y entre el 14 y 18% de tejido óseo (Gamboa, 2009; Kweitel, 2007).

Estudios realizados han fundamentado que diferenciar la MG y MLG en el deporte favorece en la implementación de estrategias nutricionales y de entrenamiento en los deportistas (Giampietro, Pujia y Bertini, 2003). Principalmente en actividades deportivas donde se requiera de un peso corporal para competir tales como los deportes de combate debido que el aumento de MG puede conducir a un rendimiento físico deficiente (Chaabene et al., 2012; Marinho, Del Vecchio y Franchini, 2011). En este sentido, la evaluación sobre las características antropométricas desde el inicio de la preparación física puede estar directamente relacionada con la optimización del desempeño que van adquiriendo los boxeadores a través de la preparación deportiva (Rodríguez et al., 2014). Las técnicas o métodos antropométricos utilizados para evaluar la composición corporal sirven como unidad de medida en la distribución del cuerpo del boxeador. Entre ellas se encuentran métodos compartimentales tales como el bi-compartimental (MG y MLG), tetra-compartimental (grasa, músculo, residuo y hueso) y penta-compartimental (grasa, piel, músculo, residuo y hueso) como lo describen Pradas de la Fuente et al. (2013); Heyward (2008); Rodríguez et al. (2014). El método bi-compartimental se encuentra entre los más utilizados por ser fácil de interpretar y ofrecer datos objetivos al momento de realizar la intervención (Martínez, 2010). En la práctica deportiva

funciona como variable de rendimiento físico, principalmente en aquellos deportes que requieren determinado peso corporal para competir (Sundgot-Borgen et al., 2013).

Según Heyward (2008), el método bi-compartimental está centrado en las siguientes afirmaciones:

1. La densidad de la grasa es $0.901 \text{ g} \cdot \text{cc}^{-1}$.
2. La densidad del cuerpo libre de grasa es $1.1 \text{ g} \cdot \text{cc}^{-1}$.
3. La densidad de grasa y cuerpo libre de grasa (agua, proteínas, minerales) son iguales en todos los individuos.
4. Las densidades de los diversos tejidos que componen el cuerpo libre de grasa son constantes dentro de un individuo y su contribución proporcional al componente magro permanece constante.
5. El cuerpo del individuo evaluado solo difiere del cuerpo de referencia en el contenido de grasa: el cuerpo libre de grasa de referencia se considera formado por el 73.8% de agua, 19.4% de proteínas y 6.8% de minerales.

A pesar de que la plicometría se encuentra entre los métodos más utilizados para evaluar la composición corporal en los deportistas por la facilidad que representa en costo y tiempo de evaluación (De Kick, 2007; Labra, Muñoz, Retamal y Bustamante, 2014; Ghiani et al., 2015; Rodríguez, Berral, Almagià, Iturriaga y Rodríguez, 2012). Sin embargo, a través del tiempo se han venido implementando otros tipos de evaluaciones con modelos o técnicas diferentes para determinar el estado de nutrición en un individuo en diferentes condiciones fisiológicas como se indica en la Figura 4 (Hernandez, 2010; Moreira, Alonso-Aubin, de Oliveira, Candia-Luján y de Paz, 2015). La impedancia bioeléctrica, tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), densitometría ósea (DXA) y plestimografía son técnicas que presentan alta precisión en su resultado utilizándose también en el campo de la investigación (Alvero, Diego, Fernández y García, 2005; Moreira, Alonso-Aubin, de Oliveira, Candia-Luján y de Paz, 2015; Ripka, Rotta, Ulbricht y Neves, 2016).

En caso de la DXA o absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA), es un método indirecto que divide el cuerpo en tres compartimentos: MG, MLG y tejido

óseo (Cummings, Bates y Black, 2002; Moreno, 2012; Schifferli, Carrasco y Inostroza, 2011). Es un instrumento utilizado para evaluar la densidad mineral ósea (DMO) y estimar el riesgo de fractura además de analizar la composición corporal total en un individuo (Cummings et al., 2002; Martínez, Dipierri, Bejarano, Quispe y Alfaro, 2018). El resultado obtenido de la DXA es a partir del tejido magro, la MG y el hueso, donde la evaluación es sencilla y rápida utilizándose baja dosis de radiación (Infante et al., 2013; Ramos et al., 2012). El margen de error es de 1% para tejido óseo y entre 1 al 3% para la MG y en promedio para la composición corporal de 2 a 6% estableciéndose como un método de evaluación con precisión alta sirviendo como referencia para el análisis de MLG y MG (Andreoli, Scalzo, Masala, Tarantino y Guglielmi, 2009; Albanese, Diessel y Genant, 2003; Brodie, Moscrip y Hutcheon, 1998; Wang, Heymsfield, Chen, Zhu y Pierson, 2010). Los valores obtenidos a partir de esta evaluación son calculando los índices de masa grasa (IMG) e índice de masa magra (IMM), siendo importante para evaluar el estado de nutrición en los deportistas debido a que las alteraciones suscitadas por las cargas de entrenamiento llegan a ocasionar un detrimento en el rendimiento físico (Andreoli et al., 2003).

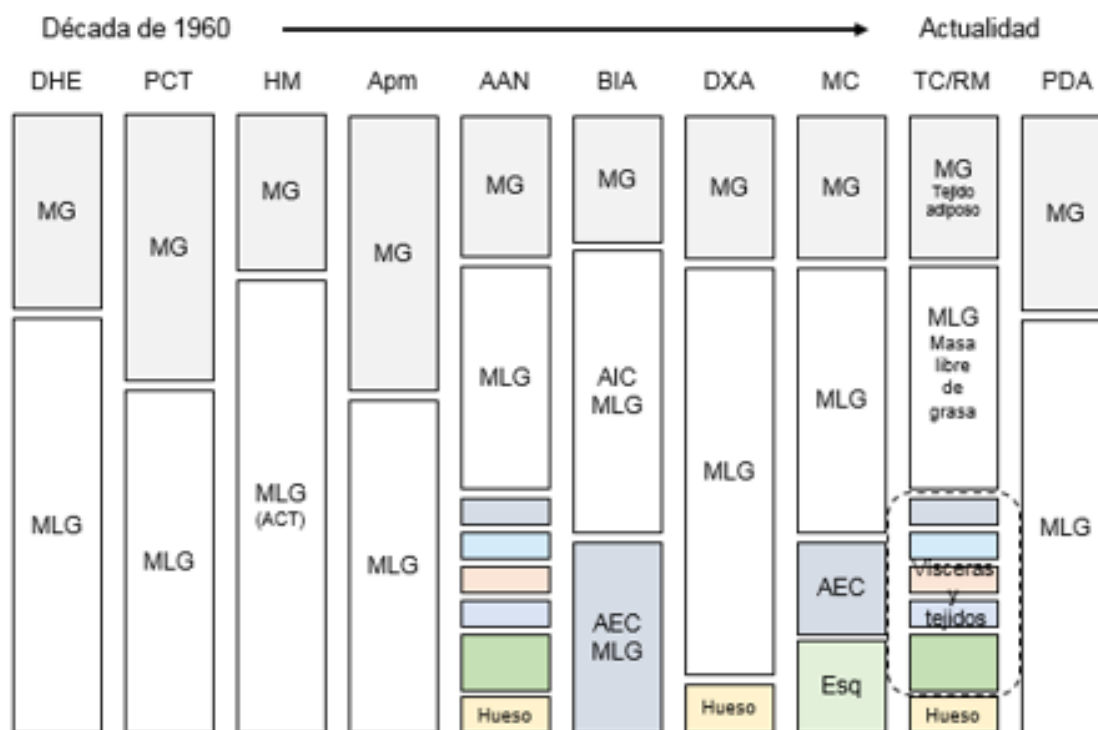


Figura 4. Evolución de técnicas y modelos de composición corporal. Donde AAN: análisis por activación de neutrones; ACT: agua corporal total; AEC: agua extracelular; Apm: antropometría; BIA: análisis por impedancia bioeléctrica; DXA: Absorciometría ósea; DH: densitometría hidrostática; Esq: esqueleto óseo; HM: hidrometría (métodos dilucionales); K: potasio corporal (cantidad); MC: modelos multicompartimentales; MG: masa grasa; MLG: masa libre de grasa; PCT: potasio corporal total; PDA: Pletismografía por deslizamiento de aire; TC/RM: tomografía computarizada/resonancia magnética. Adaptado de "Tratado de nutrición/Nutrition Treatise: Nutrición humana en el estado de salud. Human Nutrition in Health Status", por Hernández, A. G. D., 2010, España, Médica Panamericana.

Capítulo 2. Fundamentos metodológicos

El presente capítulo proporciona información sobre el procedimiento que se llevó a cabo para desarrollar el proyecto de investigación. En este mismo se mencionan los procedimientos con los cuales fueron medidos cada uno de los objetivos e hipótesis.

2.1 Variables implicadas en el estudio

Variable dependiente: Daño muscular (CK, ALT y AST) y composición corporal (MG y MLG).

Variable independiente: Dosis ingerida de *Spirulina (Arthrospira) maxima*.

2.2 Diseño de estudio

Experimental con cuatro valoraciones enzimáticas y dos evaluaciones de la composición corporal.

2.3 Muestra

La muestra estuvo conformada por 21 boxeadores profesionales del sexo masculino, los cuales fueron divididos en dos grupos (10 en grupo experimental y 11 en grupo control) que entrenaban en instalaciones del gimnasio de boxeo “*Caballero boxing club*”, ubicado en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. En la Tabla 9 se presenta las características biológicas en cuanto a edad, estatura, peso corporal, FCmáx y VO₂máx.

Tabla 9

Características biológicas de la muestra por GE y GC

Características	GE	GC
	<i>M ± DE</i>	<i>M ± DE</i>
Edad (años)	22.13 ± 2.36	20.40 ± 1.17
Estatura (cm)	173.87 ± 4.72	170.25 ± 7.13
Peso corporal (kg)	71.46 ± 9.96	65.05 ± 6.45
FCmáx (ppm)	193.90 ± 5.91	194.82 ± 6.67
VO ₂ máx (ml ⁻¹ ·kg·min ⁻¹)	49.70±4.37	51.01±2.43

Nota: M ± DE= promedio ± desviación estándar; GE= grupo experimental; GC= grupo control; FCmáx (ppm)= frecuencia cardiaca máxima en pulsos por minuto; Kg= kilogramos; VO₂máx= máximo consumo de oxígeno expresado en ml⁻¹·kg·min⁻¹

Todos los boxeadores presentaban una condición fisiológica saludable y competían en las divisiones gallo, pluma, ligero, welter y medio. El tiempo de entrenamiento consistió entre 60 y 90 minutos por día, los cuales eran llevados a cabo seis veces por semana (lunes a sábado). La muestra fue determinada a través de un muestreo sistematizado, utilizando como medida de listado la fecha de nacimiento para formar el grupo experimental y grupo control.

Para el estudio solo se consideraron boxeadores que tuvieron experiencia en el boxeo amateur y que al momento del estudio peleaban a nivel profesional, además que hayan estado activos en por lo menos tres meses de entrenamiento continuos antes de la pelea profesional y que tuvieron un periodo de recuperación de tres semanas antes de iniciar nuevamente el periodo preparatorio.

La muestra se determinó por medio de un muestreo probabilístico aplicando el principio de equiprobabilidad. Obtenida la muestra deseada se dividió entre boxeadores que tomaban el tratamiento y los que sirvieron de control, para esto se aplicó un submuestreo utilizando el muestreo sistematizado, utilizando como medida de listado la fecha de nacimiento de cada sujeto de estudio.

2.4 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

2.4.1 Criterios de inclusión.

1. Boxeadores que desearon participar y entrenaban en instalaciones del gimnasio "*Caballero boxing club*".
2. Boxeadores que contaban con más de un año de experiencia en el boxeo amateur.
3. Todos los boxeadores que permanecían activos en el boxeo profesional, con entrenamiento ininterrumpido por lo menos de tres meses.

Los criterios de inclusión número dos y tres fueron verificados realizando pregunta directa al sujeto de estudio en apartado de "Datos deportivos".

2.4.2 Criterios de exclusión.

1. Boxeadores que contaron con alguna enfermedad crónica.
2. Boxeadores que se encontraron bajo tratamiento farmacológico durante los últimos tres meses.

3. Boxeadores que hayan estado consumiendo algún complemento nutricional con compuestos bioactivos y antioxidantes similares al propuesto para el estudio de investigación.
4. Boxeadores que no cumplieron con los criterios médicos.

Los criterios de exclusión número uno, dos y tres fueron verificados realizando una pregunta directa al sujeto de estudio en apartado “Antecedentes de salud/enfermedad”.

2.4.3 Criterios de eliminación.

1. Boxeadores que decidieron abandonar voluntariamente el estudio.
2. Boxeadores que contaron con más del 10% en inasistencias.
3. Boxeadores que sufrieron alguna enfermedad o lesión y les impidiera seguir con el experimento.

2.5 Materiales y métodos

2.5.1 Relación de métodos o técnicas con remisión a instrumentos.

A continuación, se presentan los diversas evaluaciones e instrumentos empleados para la obtención de datos. Entre las evaluaciones se realizaron cuatro pruebas biológicas a cada sujeto de estudio que consistieron en extracción sanguínea, dos evaluaciones de la composición corporal, un test de aptitud física para conocer el VO_2 máx, nueve recordatorios de 24 horas (R24Hr) y evaluación diaria de la FC de entrenamiento para determinar la intensidad por semana.

2.5.1.1 Pruebas biológicas.

Daño muscular: se evaluó a través del comportamiento de la actividad enzimática de CK, ALT y AST a través del método espectrofotometría utilizando un espectrofotómetro automatizado marca Vitalab Selectra II (Shab-Bidar, Neyestani, y Djazayery, 2015). Las evaluaciones sanguíneas se realizaron entre 10 y 12 horas de ayuno y entre 12 a 14 horas posteriores al entrenamiento anterior. Todos los boxeadores fueron informados que debían evitar consumir alimentos ricos en grasas saturadas, lácteos, carnes, alta carga glicémica y alcohol. El día de la evaluación, los boxeadores fueron trasladados al laboratorio de análisis clínicos extrayendo 6 mililitros de sangre, la cual se realizó con una aguja de 0.9 mm de diámetro adaptada para tubos Vacutainer® color rojo. La sangre se procesó a partir de la centrifugación

a 5000 revoluciones por minuto (rpm) durante cinco minutos para obtener el plasma. Por último, se analizó la sangre utilizando 300 microlitro (μl) de reactivo marca RANDOX y 25 μl de plasma.

Los criterios establecidos para la extracción sanguínea fueron de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA2-1993, "*Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos*" que describen:

1. Identificar cada tubo requerido para la muestra sanguínea con nombre y apellido de cada sujeto.
2. Identificar el área de punción (vena mediana) situada en la fosa cubital del brazo.
3. Aplicar un torniquete por encima (7-10 cm) de la articulación del codo.
4. Desinfectar el punto de punción con torundas impregnadas en alcohol antiséptico de 70°.
5. Puncionar la vena para extraer la muestra sanguínea por medio del sistema Vacutainer®.
6. Retirar la aguja de la vena al momento de llenado de sangre, retirando el torniquete y limpiando con algodón el área de punción.
7. Colocar el tubo con la muestra sanguínea en una gradilla de unicel para ordenarla por cada sujeto evaluado.
8. Analizar las muestras sanguíneas.

2.5.1.2 Evaluaciones.

Composición corporal: la MG y MLG fueron evaluadas por un técnico certificado en densitometría ósea a partir de absorciometría dual de rayos X (DXA), marca HOLOGIC®, Discovery™ QDR Series (Moreno, 2012; Schifferli et al., 2011). Las mediciones fueron realizadas en instalaciones de la Coordinación de Nutrición del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), Hermosillo, Sonora; para esto, los boxeadores fueron transportados en grupos de cinco desde el gimnasio de entrenamiento hasta las instalaciones de CIAD A.C. Antes de realización la evaluación, el equipo de DXA fue calibrado utilizando un bloque de calibración estándar. Posteriormente, se registró en una base de datos el nombre completo, fecha de nacimiento, edad, peso y estatura corporal en cada boxeador, el criterio

utilizado para evaluar el peso y estatura corporal fue de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA2-2015, para la atención a la salud del grupo etario de 10 a 19 años de edad, apartado A.2 “mediciones antropométricas y calibración del equipo” para posteriormente evaluar la composición corporal. La MG y MLG se evaluó en posición supina sobre la explanada de exploración del DXA. La evaluación completa fue de seis minutos aproximadamente.

Frecuencia cardíaca: a cada boxeador se le registró en una base de datos realizada en Microsoft® Excel® 2016 la frecuencia cardíaca (FC) de entrenamiento cada 10 minutos durante la sesión diaria a través del monitor de pulso cardíaco marca Polar® FT1 colocado en el brazo izquierdo, parte superior del estiloides de la muñeca y el transmisor codificado marca Polar® T31 colocado alrededor del tórax por debajo de los músculos de los pectorales, altura del esternón (Marins, Marins y Fernández, 2010). Al finalizar la sesión de entrenamiento diario se promedió la FC. A partir del registro de los promedios de FC diaria, se estimó la intensidad por semana de entrenamiento con la ecuación $[FC * 100 / FC_{\text{máx.}}]$ donde $FC_{\text{máx.}}$ = frecuencia cardíaca máxima.

Course Navette: se determinó el VO_2 máx por el método indirecto de Course Navette que brinda información de la potencia aeróbica máxima (PAM) e indirectamente el VO_2 máx en los individuos. Antes de iniciar la prueba se formaron dos líneas a una distancia de 20 metros de separación entre cada una donde en cada línea se colocaron conos separados a un metro de distancia cada uno. Todos los sujetos recibieron instrucciones sobre el procedimiento a seguir durante la realización de la prueba tales como no realizar giros, permitirse el libre recorrido entre sujetos y no retirarse sin estar físicamente agotados (García y Secchi, 2014; Jódar, 2003).

Para llevar a cabo la prueba se desarrolló la siguiente metodología:

1. Formación de dos grupos (grupo A y B) de boxeadores para facilitar la prueba.
2. Colocaron los monitores de frecuencia cardíaca marca polar® al grupo que inició la prueba.

3. Registro de la frecuencia cardiaca de cada boxeador antes de cinco minutos antes de iniciar el calentamiento y cinco minutos antes de iniciar la prueba.
4. Aplicación de un calentamiento durante 15 minutos previo a la prueba.
5. Registro de la FC_{máx} al término de la prueba.

El resultado del VO₂máx se expresó en mililitros por kilogramo de peso corporal por minuto (ml⁻¹·kg·min⁻¹; Corral y Castillo, 2010). El recorrido inició a una velocidad de ocho kilómetros y medio por hora (8.5 km/h⁻¹) aumentando progresivamente medio kilómetro cada minuto de prueba hasta culminar con un máximo de 20 periodos (Corral y del Catillo, 2010; García y Secchi, 2013; García y Secchi, 2014).

La fórmula utilizada para la evaluación del VO₂máx en los sujetos estudiados fue: VO₂máx (ml⁻¹·kg·min⁻¹) = 31.025 + (3.238 * V) - (3.248 * A) + (0.1536 * V * A)

Donde:

V= Velocidad máxima alcanzada.

A= Edad del sujeto. En caso de que los sujetos mayores de 18 años siempre aplicar el valor 18.

La velocidad máxima se determinó con la ecuación $8 + (0.5 * \text{nivel alcanzado})$.

2.5.1.3 Cuestionarios.

Recordatorio de 24 horas: se aplicaron tres R24Hr por semana para estimar el consumo alimentario clasificado en macro y micronutrientes que habitualmente consumían los boxeadores diariamente. Dos de los recordatorios pertenecían a días habituales (martes y jueves) y uno a un día inhabitual (domingo). El objetivo del cuestionario consistió en registrar detalladamente todos los alimentos y bebidas (tipo, cantidad, modo de preparación, lugar y hora de consumo) consumidos por los boxeadores durante las 24 horas previas a la entrevista (Ferrari, 2013; Suliburska, Szulińska, Tinkov y Bogdański, 2016). La entrevista para la aplicación del R24Hr se llevó a cabo en orden alfabético solicitando que detallara la cantidad, el modo de preparación, lugar de consumo y tipo de los alimentos consumidos a partir del momento de la entrevista hasta completar 24 horas anteriores. A todos los boxeadores se les facilitaron réplicas (platos, vasos y cucharas) y fotografías de

alimentos para que describieran con mayor aproximación la cantidad consumida. El consumo alimentario total estimado en cada R24Hr se distribuyó en macro y micronutrientes utilizando la base de datos del CIAD y posteriormente se promedió por semana de intervención para ser analizada de acuerdo con el objetivo específico planteado.

2.5.2 Explicación pormenorizada de cómo se aplicaron los métodos.

Para llevar a cabo la recolección de datos se planteó el proyecto de investigación a entrenadores y promotores deportivos del gimnasio “*Caballero boxing club*”. Posteriormente se envió el proyecto de investigación al comité de bioética en investigación en ciencias de la salud del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) solicitando la aprobación (Anexo A). Aprobado el proyecto de investigación, nuevamente se visitó a los entrenadores deportivos para solicitar autorización e implementar el experimento con los boxeadores profesionales que entrenaban en sus instalaciones.

Se informó a los boxeadores sobre las características e importancia del proyecto de investigación, ventajas y desventajas en participar. Los boxeadores que desearon participar firmaron un consentimiento informado que detallaba el objetivo de la investigación, evaluaciones biológicas y fisiológicas que se iban a realizar y tratamiento que recibirían, así como estructura del estudio con nombre de los responsables y testigos (Anexo B).

Posteriormente, se realizó una base de datos en Microsoft Excel detallando información personalizada de cada boxeador (nombre completo, fecha de nacimiento, experiencia como boxeador, logros deportivos como amateur y profesional, uso de complementos nutricionales y horas dedicadas al entrenamiento diario). Además, cada uno de los boxeadores fue sometido a una exploración clínica-médica para determinar el estado de salud que se encontraban al momento de realizar el estudio y determinar si eran aptos para someterse al experimento propuesto. Cuando se obtuvieron los datos personales se llevó a cabo el muestreo sistematizado, utilizando como medida de listado la fecha de nacimiento para formar el grupo experimental y grupo control.

La intervención inició con la aplicación de la prueba de Course Navette, siguiendo con las evaluaciones previas de la composición corporal y bioquímica así como la aplicación del primer recordatorio de 24 horas.

2.5.2.1 Descripción del protocolo de intervención.

La Spirulina (*Arthrospira*) *maxima* fue comprada en la ciudad de Navojoa, Sonora en paquetes de 250 gramos, marca “*Spirulina ancestral Tecuitlatl*”. El alimento se transportó al laboratorio de alimentos de la Universidad de Sonora (UNISON) en la ciudad de Hermosillo, Sonora, para ser pesada con una báscula analítica marca Ohaus Corp. Pine Brook, NJ USA con precisión de 0.0001 gramos y máximo de 110 gramos y empacada en cápsulas de 0.5 gramos y bolsas de 5.0 gramos. El empaque se inició lavando con agua destilada los utensilios que se iban a utilizar, posteriormente la *Spirulina (Arthrospira) máxima* fue pesada y empacada. Para evitar contaminación del alimento, el investigador portó bata, cubre bocas y guantes de látex estériles, el laboratorio se mantuvo aseado en todo momento del empaque.

Antes de iniciar con la intervención del tratamiento, los boxeadores y entrenadores fueron informados sobre el protocolo de evaluación e intervención a que serían sometidos, posteriormente se solicitó información a cada boxeador que incluía datos personales tales como fecha de nacimiento, edad, experiencia como boxeador amateur y profesional, uso de complementos nutricionales, horas dedicadas al entrenamiento y tiempo de entrenamiento ininterrumpido. También se realizaron mediciones antropométricas de peso y estatura corporal, asimismo se evaluó el VO_2 máx a través del protocolo de Course Navette (1986), la frecuencia cardíaca máxima (FC máx) a través del monitor de pulso marca Polar[®] FT1 que incluía un transmisor codificado, Polar[®] T31.

Cuando se obtuvo la información general en los boxeadores se realizó el protocolo experimental (Figura 5) aplicando un muestreo sistematizado utilizando fecha de nacimiento para formar el grupo experimental (GE) y grupo control (GC).

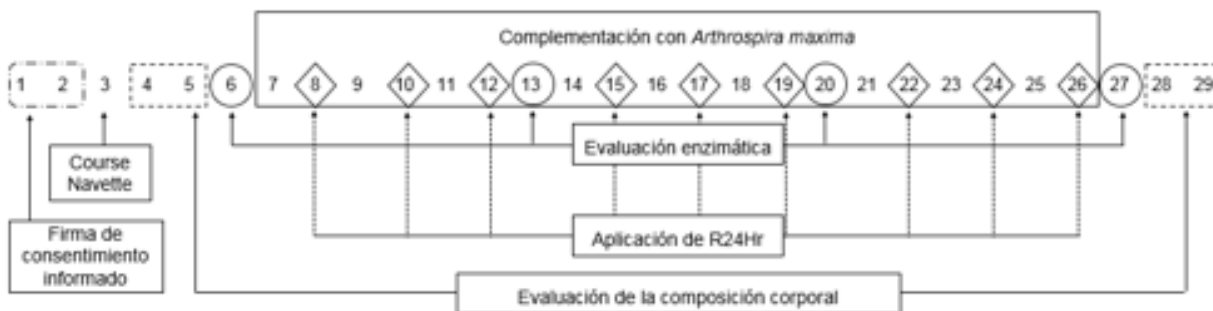


Figura 5. Protocolo general gráfico.

Día 1 y 2: firma de consentimiento informado.

Día 3: aplicación de la prueba de Course Navette.

Días 6, 13, 20 y 27: extracción de muestras sanguíneas.

Días 7-26: complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima*.

Días 8, 10, 12, 15, 17, 19, 22, 24 y 26: aplicación de recordatorios de 24 horas.

Días 6 y 27: evaluación de la composición corporal.

El experimento se realizó en 29 días dentro de un mesociclo de la preparación física, de los cuales 20 días fueron complementados con *Spirulina (Arthrospira) maxima*. A partir del día cuatro hasta el día 25, todos los sujetos fueron pesados con una báscula marca Tanita BC-601, precisión de 0.1 kilogramos y rango de medida de 0-150 kilogramos 20 minutos antes de iniciar la sesión de entrenamiento.

El GE consumió 150 mg/pc/día (miligramos por kilogramo de peso corporal por día) de *Spirulina (Arthrospira) maxima*. La cantidad propuesta en el presente estudio representó 25 mg/pc/día más de lo propuesto por Lu et al. (2006), Franca, Grisi y Silva (2012) y 10 mg/kg/día que Park y Lee (2016) en intervenciones que duraron entre cuatro y 16 semanas. La *Spirulina (Arthrospira) maxima* fue suspendida en 500 mililitros de agua natural, temperatura entre 15 y 21°C y proporcionada por egresados de nutrición humana y entrenamiento deportivo de la Universidad Estatal de Sonora. El consumo se realizó en dos tomas diarias (75 mg/pc en 250 mililitros de agua, 15 minutos antes del entrenamiento y la misma cantidad 15 minutos después de haber terminado la sesión), mientras que el GC solo consumió 250 mililitros de agua natural siguiendo los mismos criterios propuestos para el GE.

Después de realizar la primera ingestión de *Spirulina (Arthrospira) maxima*, el GE y GC realizaron las sesiones propuestas por los entrenadores, durante el tiempo

de entrenamiento, a cada boxeador se registró la frecuencia cardiaca (FC) cada 10 minutos y al finalizar se estimaba la FC promedio de la sesión y posteriormente determinar la intensidad de entrenamiento diario y semanal.

La evaluación biológica previa al experimento se realizó el día 6, posteriormente se realizaron las evaluaciones 2, 3 en los días 13 y 20 y la evaluación final se realizó el día 27. A todos los boxeadores pertenecientes a GE y GC se le extrajo 6 mililitros de sangre para evaluar el daño muscular.

2.6 Procesamiento de los datos

Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico Statistics versión 8.0 (StatSoft, 2008). Antes de realizar estadística descriptiva se realizaron análisis de calidad de los datos a través de la prueba Shapiro-Wilk. Los valores considerados como atípicos (outliers) y valores extremos en las variables de estudio fueron eliminados. Se realizó estadística descriptiva expresada como media \pm desviación estándar ($M \pm DE$) para conocer las características básicas de la muestra y los resultados de cada variable estudiada.

Los análisis inferenciales se realizaron a través de la comparación de medias con la prueba *t*-Student para muestras independientes y la prueba *t* pareada para muestras dependientes. La comparación del efecto ocasionado por la variable independiente sobre las variables dependientes a través del tiempo se aplicó análisis de covarianza (ANCOVA). Se aplicó un nivel de confianza de 95%, con probabilidad (*p*), $p < .05$. En caso de existir diferencias significativas en la variable se aplicó análisis *post hoc* de Tukey para conocer las medias y dónde se encontraban las diferencias.

2.7 Consideraciones éticas

El procedimiento llevado a cabo en el presente estudio de investigación se apegó a lo establecido por la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (Secretaría de Salud, 1984). Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1987 y con última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) 02-04-2014. Se aplicó lo establecido del título segundo de los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos, capítulo uno Disposiciones Comunes. El estudio cumplió con las bases establecidas en el artículo

14 y se realizó después de haber obtenido la autorización del comité institucional de bioética del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y contar con el consentimiento informado como se establece en los artículos 20, 21 y 22.

En todo momento se protegió la privacidad de los sujetos de estudio según el artículo 16, publicando solamente los resultados sin mencionar nombres, apellidos y apodos en la publicación de resultados.

Capítulo 3. Resultados

El presente apartado muestra los resultados obtenidos para cada variable propuesta en la investigación. Para cumplir con el objetivo general se evaluó el efecto que tiene la complementación con *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre indicadores del daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales durante un mesociclo de preparación física general. Para mayor comprensión de resultados, se incorpora en primer orden información descriptiva sobre las características biológicas de frecuencia cardiaca máxima, edad, peso y estatura corporal obtenidas al inicio del estudio, asimismo la experiencia que tuvieron como boxeadores amateurs y que tienen como profesionales. El orden de los resultados será acorde a los objetivos específicos planteados en el proyecto.

3.1 Características de la muestra

Respecto a la experiencia en años que tenían los boxeadores como boxeadores amateurs y profesionales y total (Tabla 10) se puede observar que los sujetos del GE presentan experiencia total de 10.60 ± 3.63 años y los sujetos del GC fue de 8.09 ± 3.30 años.

Tabla 10

Años de experiencia en los boxeadores por GE y GC

Características	GE	GC
	$M \pm DE$	$M \pm DE$
Boxeo amateur	5.80 ± 2.30	5.64 ± 2.20
Boxeo profesional	4.80 ± 2.53	1.90 ± 0.74
Total	10.60 ± 3.63	8.09 ± 3.30

Nota: M = promedio; DE = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

En la Figura 6 se muestran los resultados relacionados a la experiencia que tuvieron los boxeadores en eventos nacionales e internacionales como peleadores amateurs y que tenían como peleadores profesionales por GE y GC. Se observa que el 30% de los sujetos del GE representaron a México como boxeadores amateurs en panamericanos, centroamericanos o mundiales juveniles. Como boxeadores profesionales el 40% ha competido a nivel internacional, incluyendo clasificatorios y

campeonatos mundiales, el 60% tenía peleas a nivel nacional. En cuanto al GC, el 27.3% participó en eventos internacionales como boxeadores amateurs, principalmente eventos panamericanos, centroamericanos o mundiales juveniles. A nivel profesional, el 27.3% había competido en eventos internacionales, incluyendo clasificatorios y campeonatos mundiales. Asimismo, el 72.7% tenía experiencia como peleadores a nivel nacional.

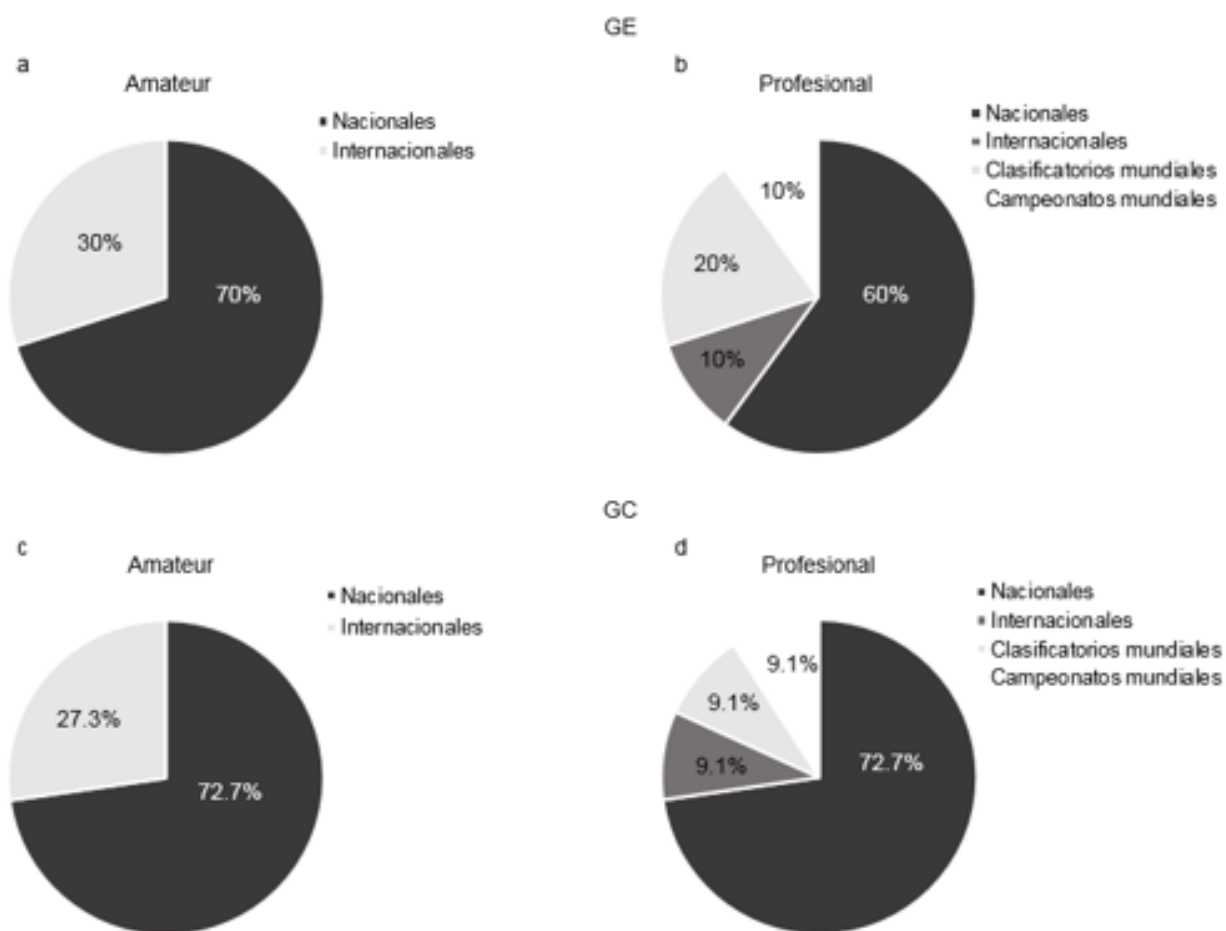


Figura 6. Experiencia en el boxeo amateur y profesional por grupo experimental (GE) y grupo control (GC).

3.2 Nivel enzimático antes, durante y después de la complementación

Los resultados de CK en los diferentes tratamientos presentaron valores entre 134.67 U/L y 203.50 U/L para el grupo experimental y entre 135.09 U/L y 217.00 U/L para el grupo control. Se puede observar que ambos grupos presentan valores mínimos al inicio de la preparación física, los cuales fueron incrementando constantemente como se observa en la Tabla 11 la cual muestra resultados

descriptivos de la concentración de CK por día de evaluación en grupo experimental y grupo control.

Tabla 11

Concentración de creatinquinasa por día de evaluación en GE y GC

Variable	Día de evaluación	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)
CK (U/L)	6	134.67 \pm 12.96	135.09 \pm 12.86
	13	158.00 \pm 7.56	159.73 \pm 14.52
	20	189.67 \pm 6.78	194.90 \pm 17.32
	27	203.50 \pm 9.83	217.00 \pm 14.65

Nota: CK (U/L) = creatinquinasa expresada unidades internacionales por litro; M = promedio; DE = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

Según los resultados obtenidos para la concentración de AST se observan valores entre 35.75 U/L y 45.00 U/L para el grupo experimental y entre 36.40 U/L y 48.33 U/L para el grupo control. En la Tabla 12 se muestran las concentraciones obtenidas en los diferentes días de evaluación, donde los valores mínimos para ambos grupos fueron observados en el día 6 y los máximos en el día 27.

Tabla 12

Concentración de aspartato aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC

Variable	Día de evaluación	GE $M \pm DE$	GC ($M \pm DE$)
AST (U/L)	6	35.75 \pm 9.07	36.40 \pm 8.96
	13	39.80 \pm 9.03	40.36 \pm 10.30
	20	41.90 \pm 8.10	45.09 \pm 8.70
	27	45.00 \pm 3.77	48.33 \pm 4.58

Nota: AST (U/L) = aspartato aminotransferasa expresada en unidades por litro; M = promedio; DE = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

En la Tabla 13 se muestran los resultados descriptivos de la variable ALT por día de evaluación en grupo experimental y grupo control. Al aplicar los diferentes tratamientos se observaron valores entre 34.60 y 46.90 U/L para el grupo

experimental y valores entre 35.73 y 54.10 U/L para el grupo control. El valor mínimo fue obtenido el día 6 y el valor máximo el día 27 en ambos grupos.

Tabla 13

Concentración de alanina aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC

Variable	Día de evaluación	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)
ALT (U/L)	6	34.60 \pm 4.95	35.73 \pm 7.21
	13	43.20 \pm 7.94	42.55 \pm 6.27
	20	44.60 \pm 8.24	47.91 \pm 2.70
	27	46.90 \pm 6.62	54.10 \pm 6.59

Nota: ALT (U/L) = alanina aminotransferasa expresada en unidades internacionales por litro; *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

3.3 Efecto de la *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre los indicadores enzimáticos

En la Figura 7 se presentan los resultados obtenidos en las evaluaciones de CK realizadas durante el tiempo de experimentación. Al comparar la CK por grupo experimental y grupo control en los días 6, 13, 20 y 27, solo se observaron diferencias significativas ($p < .05$) en el día 27 donde el grupo control presenta mayor concentración de CK con 217.00 U/L respecto al grupo experimental que tuvo una concentración promedio de 203.50 U/L.

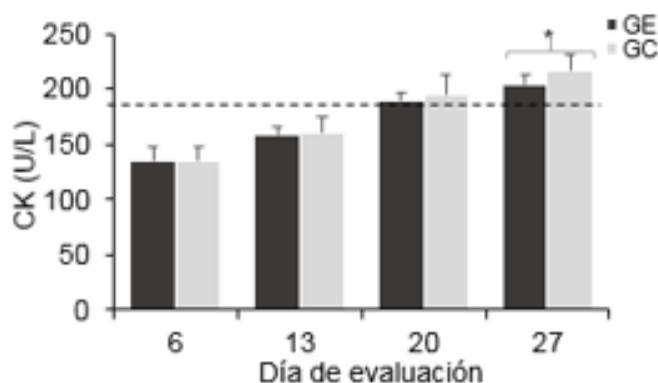


Figura 7. Comparación de la concentración de CK en boxeadores por número de evaluación en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). * = $p < .05$ entre tratamientos; — = concentración de 189 U/L de CK indicando inicio de daño muscular.

En la Figura 8 se presentan los resultados obtenidos en las evaluaciones de la AST realizadas durante el tiempo de experimentación. No se presentaron diferencias significativas en ninguna de las evaluaciones realizadas después de comparar los tratamientos por grupo experimental y grupo control.

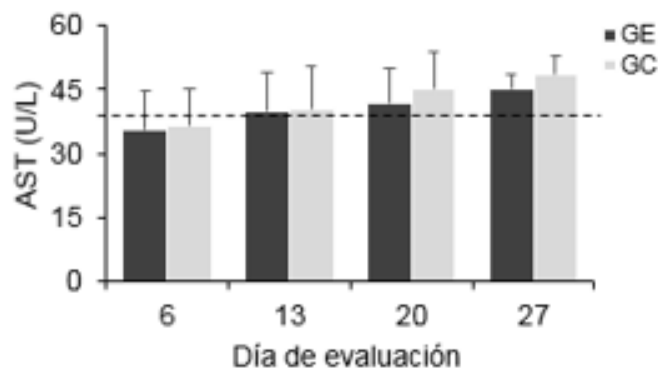


Figura 8. Comparación de la concentración de AST en boxeadores por número de evaluación en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). --- = concentración de 39 U/L de AST indicando inicio de daño muscular y hepático.

En la Figura 9 se presentan los resultados obtenidos en las evaluaciones de ALT realizadas durante el tiempo de experimentación. Al comparar la ALT por grupo experimental y grupo control en los días 6, 13, 20 y 27, solo se observaron diferencias significativas ($p < .05$) en el día 27 donde el grupo control presenta mayor concentración de ALT con 54.10 U/L respecto al grupo experimental que tuvo una concentración promedio de 46.90 U/L.

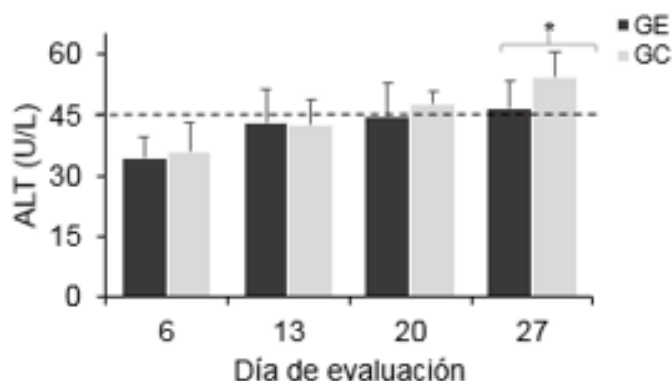


Figura 9. Comparación de la concentración de ALT en boxeadores por número de evaluación en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). * = $p < .05$ entre tratamientos; --- = concentración de 45 U/L de ALT indicando inicio de daño hepático.

3.4 Incremento enzimático en boxeadores profesionales a través del tiempo

En la Figura 10 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar un análisis de covarianza (ANCOVA) para conocer la concentración enzimática de CK a través del tiempo en la evaluación inicial respecto a la evaluación final, obteniéndose diferencias significativas ($p < .001$) para grupo experimental y grupo control. Los resultados obtenidos después de realizar prueba t pareada para muestras relacionadas destacan diferencias significativas ($p < .001$) en grupo experimental y grupo control para la evaluación del día 6 respecto las realizadas los días 13, 20 y 27. Asimismo se observaron diferencias significativas ($p < .001$) en grupo experimental y grupo control en las comparaciones realizadas el día 13 respecto a los días 20 y 27, así como en la comparación realizada el día 20 respecto al día 27.

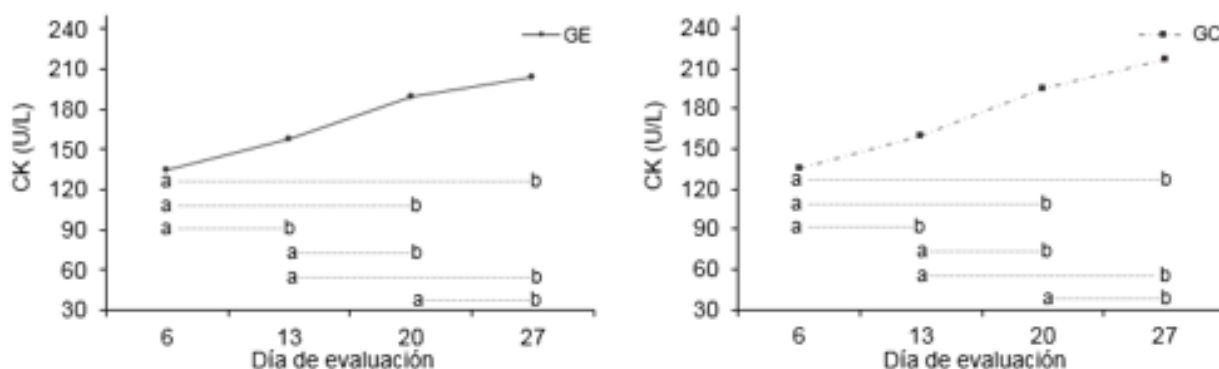


Figura 10. Cambios enzimáticos de CK obtenidos a través del tiempo en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre día de evaluación indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$.

En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar un análisis de covarianza (ANCOVA) para conocer la concentración enzimática de AST a través del tiempo comparando la evaluación inicial respecto a la final, donde la concentración enzimática del grupo control fue mayor que la presentada por el grupo experimental. Después de realizar una prueba t pareada para muestras relacionadas de la variable AST no se observaron diferencias significativas entre el día 6 comparado con el día 13 en grupo experimental y grupo control. Al comparar el día 6 con el día 20 no se observaron diferencias significativas en grupo experimental, mientras que el grupo control presentó diferencias significativas ($p = .03$) en el mismo análisis. En la comparación realizada del día 6 respecto al día 27 se observaron

diferencias significativas en ambos grupos, los cuales fueron ($p = .013$) para el grupo experimental y para el grupo control ($p = .002$). En las comparaciones realizadas el día 13 respecto a los días 20 y 27 no se observaron diferencias significativas para el día 20 en ningún grupo, aunque en el día 27 los sujetos del grupo control presentaron diferencias significativas ($p = .04$). En la comparación realizada el día 20 con el día 27 no se observaron diferencias significativas en ningún grupo.

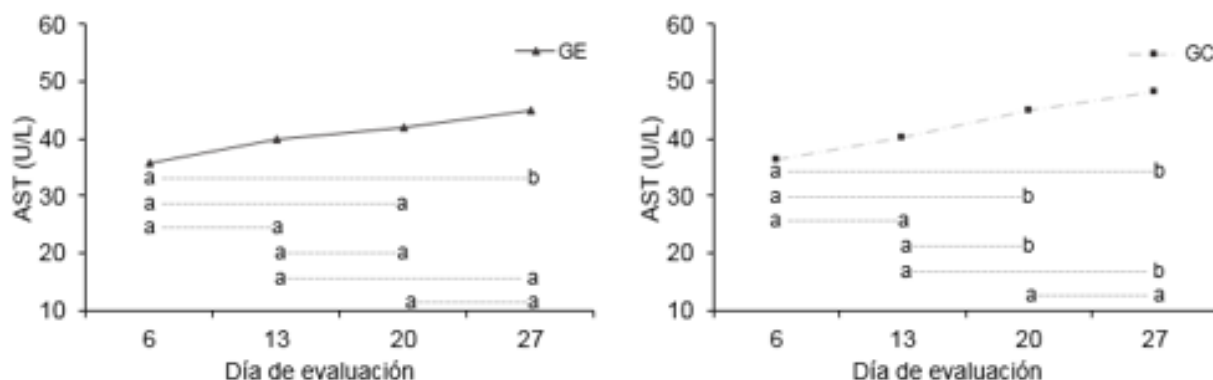


Figura 11. Cambios enzimáticos de AST obtenidos a través del tiempo en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre día de evaluación indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$. Letras iguales indicadas por guiones no representan diferencias significativas.

En la Figura 12 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar un análisis de covarianza (ANCOVA) para conocer la concentración enzimática de ALT a través del tiempo en la evaluación inicial respecto a la evaluación final. Se observan diferencias significativas a través del tiempo en grupo experimental y grupo control ($p < .001$) donde el grupo control presentó mayor concentración enzimática respecto al grupo experimental. Después de realizar una prueba t pareada para muestras relacionadas de la variable ALT en grupo experimental y grupo control y conocer los cambios adquiridos por día de evaluación, se pudieron observar diferencias significativas ($p < .001$) en cada uno de los grupos en las comparaciones realizadas el día 6 respecto a los días 13, 20 y 27. En las comparaciones realizadas el día 13 respecto a los días 20 y 27, así como en la comparación realizada el día 20 respecto al día 27 el grupo experimental no presenta diferencias significativas, mientras que el grupo control presenta diferencias significativas ($p < .01$ y $p < .001$) en los mismas comparaciones.

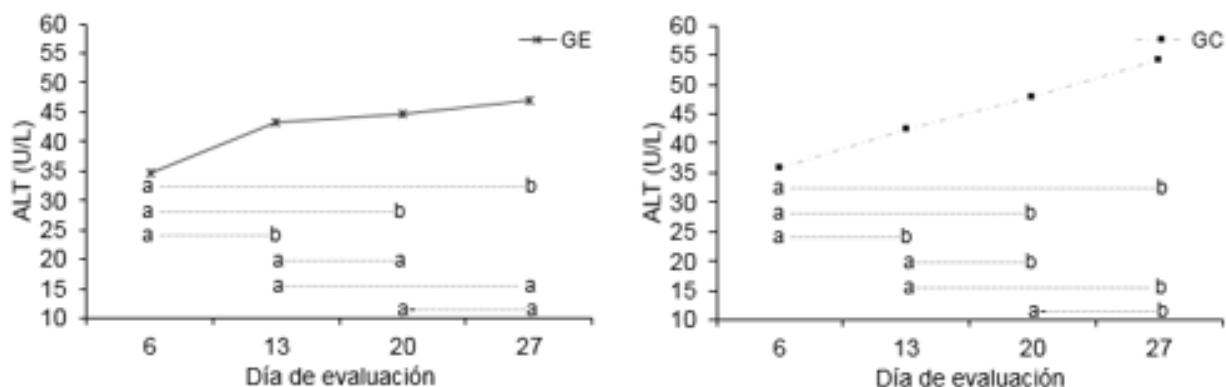


Figura 12. Cambios enzimáticos de ALT obtenidos a través del tiempo en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre día de evaluación indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$. Letras iguales indicadas por guiones no representan diferencias significativas.

3.5 Porcentaje de cambio obtenido por enzima

En la Tabla 14 se muestra el porcentaje de cambio obtenido en los diferentes días de evaluación de CK. El día 13 se observó un aumento de 15.82% para el grupo experimental y 19.03% para GC sin presentar diferencias significativas entre ambos grupos ($p = .406$). El aumento obtenido en la evaluación del día 20 fue de 23.32% en el grupo experimental y de 48.08% sin diferencias significativas ($p = .164$). En la evaluación del día 27 el grupo experimental presentó un porcentaje de cambio de 49.25% y el grupo control de 65% sin presentarse diferencias significativas ($p = .088$).

Tabla 14

Porcentaje de cambio de creatinquinasa por día de evaluación en GE y GC

Variable	Día de evaluación	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)	Valor p
CK (%)	6	lb	lb	
	13	15.82 \pm 15.52	19.03 \pm 14.00	.406
	20	23.32 \pm 46.42	48.08 \pm 16.33	.164
	27	49.25 \pm 19.90	65.00 \pm 20.17	.088

Nota: CK (%) = creatinquinasa expresada en porcentaje; M = promedio; DE = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control; lb = línea base.

En la Figura 13 se muestra el porcentaje de cambio obtenido en CK por día de evaluación por grupo experimental y grupo control donde la evaluación realizada el día 6 fue tomada como línea base para ambos grupos. Al realizar pruebas *t* pareada para muestras relacionadas se observan diferencias significativas ($p < .05$) en ambos grupos comparando los días de evaluación 13, 20 y 27 tomando como referencia el día 6. Al comparar el día de evaluación 13 con los días 20 y 27 se observaron diferencias significativas en grupo experimental ($p = .024$, día 13), ($p = .001$, día 20) y ($p = .001$, día 27) así como ($p = .001$), ($p = .001$) y ($p = .001$) respectivamente. En la comparación del día 20 con el día 27, solo el grupo control presentó diferencias significativas ($p = .04$), mientras el grupo experimental tuvo $p = .177$. Es importante hacer notar que los grupos control y experimental tuvieron desviaciones estándar de acuerdo con el promedio obtenido para cada grupo, si bien ese es un indicativo de que entre cada grupo existen amplios rangos en los valores de cada categoría, las diferencias entre el día 6 y los demás días muestreados son suficientes como para que el análisis estadístico evidencie mayores diferencias entre grupos que dentro de cada grupo. Lo anterior es la base del estudio de diferencias de medias entre grupos.

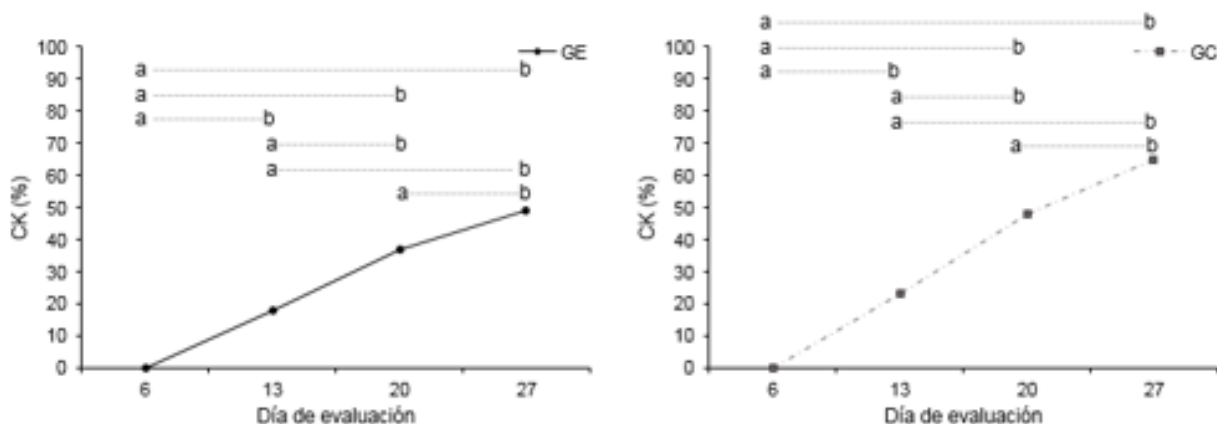


Figura 13. Porcentaje de cambio en CK obtenido a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre día de evaluación indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$.

En la Tabla 15 se muestra el porcentaje de cambio obtenido en los diferentes días de evaluación de AST. No se observaron diferencias significativas en las

comparaciones realizadas por grupos en los días 13, 20 y 27. El incremento observado el día 13 fue de 9.53% en grupo experimental y 17.02% en grupo control, el día 20 se aumentó 16.69% en grupo experimental y 24.69% en grupo control y en la evaluación realizada el día 27 los sujetos del grupo experimental presentaron un incremento de 21.34% y el grupo control de 29.78%. En esta determinación se observan amplios valores en la desviación estándar, lo cual debe ser la expectativa normal para datos en los cuales los boxeadores probablemente exhiben diferencias en la parte fisiológica, y por ende, los porcentajes de cambio de los diversos componentes corporales que presentan. Sin embargo, para este tipo de comportamientos, las diferencias en los promedios de las fracciones medidas deben ser lo suficientemente grandes entre los grupos como para que existan diferencias significativas y estas sean mayores que las medidas dentro de cada grupo.

Tabla 15

Porcentaje de cambio de aspartato aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC

Variable	Día de evaluación	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)	Valor p
	6	lb	lb	
AST (%)	13	9.53 \pm 32.67	17.02 \pm 52.41	.875
	20	16.69 \pm 33.57	24.69 \pm 39.60	.636
	27	21.34 \pm 30.96	29.78 \pm 40.96	.226

Nota: AST (%) = aspartato aminotransferasa expresada en porcentaje; M = promedio; DE = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control; lb = línea base.

En la Figura 14 se muestra el porcentaje de cambio obtenido en AST por día de evaluación en grupo experimental y grupo control, donde la evaluación realizada el día 6 fue tomada como línea base para ambos grupos. Al realizar pruebas t pareada para muestras relacionadas, en ambos grupos no se observaron diferencias significativas en la evaluación del día 6 comparado con los días 13 y 20. En la evaluación del día 6 comparado con el día 27 se encontraron diferencias significativas en el grupo control ($p = .031$). No se encontraron diferencias

significativas en la comparación realizada el día de evaluación 13 con los días 20 y 27, asimismo en la comparación del día 20 con el 27.

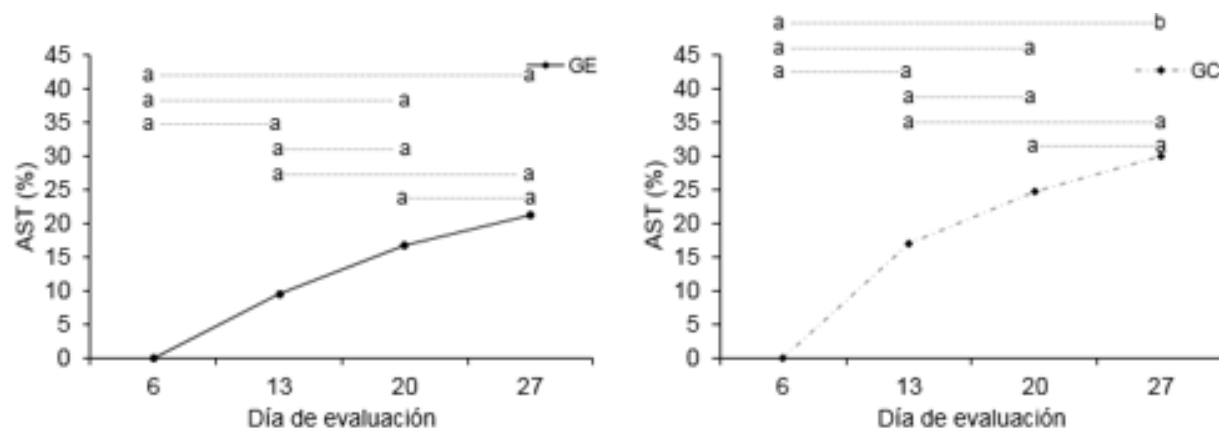


Figura 14. Porcentaje de cambio en AST obtenido a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre día de evaluación indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$. Letras iguales indicadas por guiones no representan diferencias significativas.

En la Tabla 16 se muestra el porcentaje de cambio obtenido en los diferentes días de evaluación de ALT. El día 13 se observó un aumento de 25.61% para el grupo experimental y 30.29% para grupo control sin presentar diferencias significativas entre ambos grupos ($p = .746$). El aumento obtenido en la evaluación del día 20 fue 39.32% en el grupo experimental y de 43.28% sin diferencias significativas ($p = .789$). En la evaluación del día 27 el grupo experimental presentó un porcentaje de cambio de 37.83% y el grupo control de 61.70% sin presentarse diferencias significativas ($p = .150$).

Tabla 16

Porcentaje de cambio de alanina aminotransferasa por día de evaluación en GE y GC

Variable	Día de evaluación	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)	Valor p
	6	lb	lb	
ALT (%)	13	25.61 \pm 21.76	30.29 \pm 38.76	.746
	20	39.32 \pm 32.76	43.28 \pm 29.00	.789
	27	37.83 \pm 27.56	61.70 \pm 42.89	.150

Nota: ALT (%) = aspartato aminotransferasa expresada en porcentaje; *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control; lb = línea base.

En la Figura 15 se muestra el porcentaje de cambio obtenido en ALT por día de evaluación en grupo experimental y grupo control, donde la evaluación realizada el día 6 fue tomada como línea base para ambos grupos. Al realizar pruebas *t* pareada para muestras relacionadas en ambos grupos se observaron diferencias significativas en la evaluación del día 6 comparado con los días 13, 20 y 27, donde el grupo experimental presentó valores $p = .002$, $p = .002$ y $p = .001$ y el grupo control $p = .021$, $p = .001$ y $p = .001$ respectivamente. En las comparaciones realizadas en la evaluación del día 13 con los días 20 y 27, así como en la realizada el día 20 con el día 27 no se presentaron diferencias significativas.

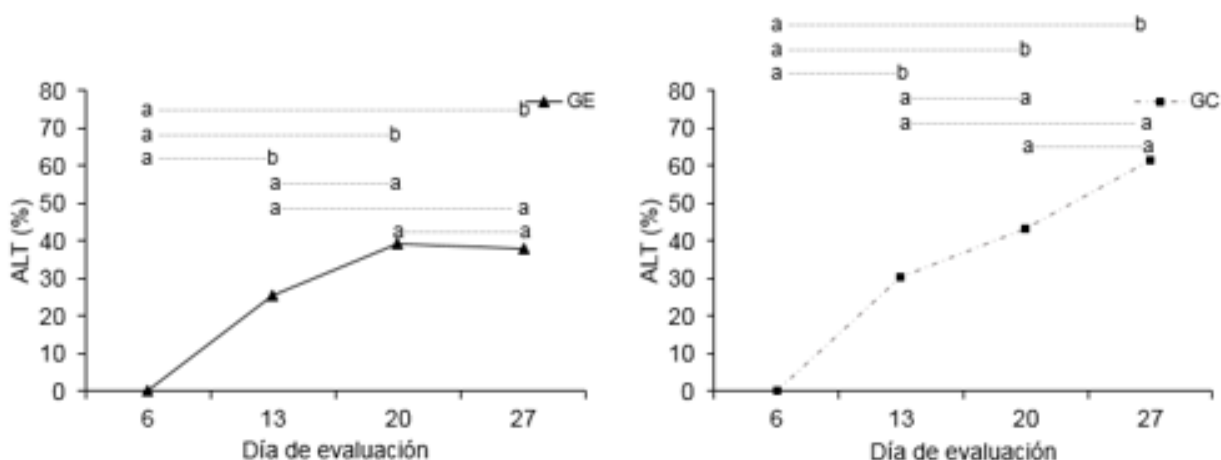


Figura 15. Porcentaje de cambio en ALT obtenido a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre día de evaluación indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$. Letras iguales indicadas por guiones no representan diferencias significativas.

3.6 Masa grasa y masa libre de grasa en boxeadores profesionales

En la Tabla 17 se presentan los resultados obtenidos de la composición corporal en masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG) en la evaluación inicial y final en ambos grupos. En la evaluación inicial se puede observar un rango entre 16.47% y 19.36% de porcentaje de MG y 74.46% y 77.66% del porcentaje de MLG en ambos grupos. Respecto a la evaluación final, el resultado osciló entre 16.77% y

19.22% para el porcentaje de MG y entre 75.38% y 77.27% para el porcentaje de MLG.

Tabla 17

Evaluación masa grasa y masa libre de grasa evaluada al inicio y final en GE y GC

Variable	Inicio		Final	
	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)
MG (%)	19.36 \pm 4.42	16.47 \pm 1.50	19.22 \pm 4.47	16.77 \pm 3.28
MLG (%)	74.46 \pm 4.95	77.66 \pm 1.44	75.38 \pm 4.45	77.27 \pm 2.97

Nota: % = porcentaje; *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

3.7 Efecto que tiene la *Spirulina (Arthrospira) maxima* en masa grasa y masa libre de grasa

En la Figura 16 se muestran las comparaciones de la masa grasa por evaluación inicial y final en grupo experimental y grupo control. En ningún componente se presentaron diferencias significativas ($p > .05$) al evaluarse por grupos y tiempo.

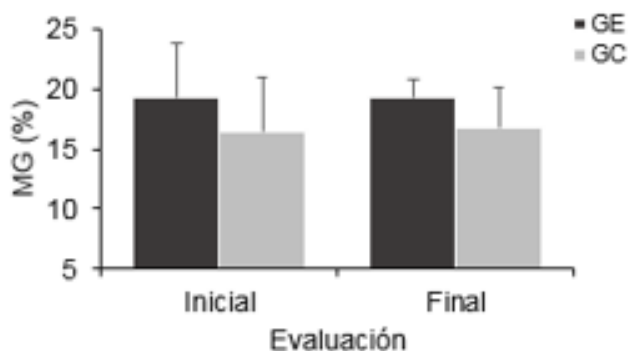


Figura 16. Comparación del porcentaje de MG por evaluación inicial y final en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). El porcentaje de MG fue estadísticamente igual en la evaluación inicial comparada con la final entre grupos.

En la Figura 17 se muestran las comparaciones de la masa libre de grasa por evaluación inicial y final en grupo experimental y grupo control. En ningún componente se presentaron diferencias significativas ($p > .05$) al evaluarse por grupos y tiempo.

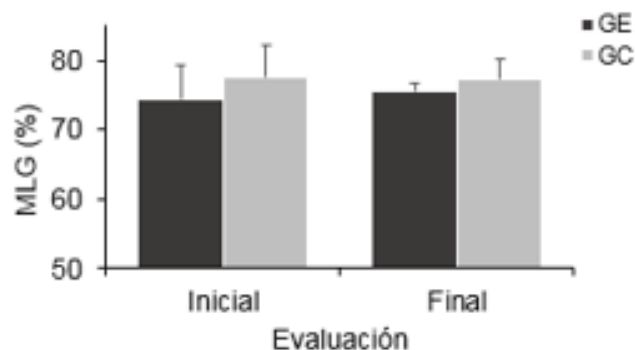


Figura 17. Comparación del porcentaje de MLG por evaluación inicial y final en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). El porcentaje de MLG fue estadísticamente igual en la evaluación inicial comparada con la final entre grupos.

3.8 Consumo calórico en macro y micronutrientes por semana

En la Tabla 18 se presentan los resultados descriptivos obtenidos del consumo calórico total en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). El promedio obtenido del consumo calórico total se encontró entre 3201.28 y 3311 para el grupo experimental durante las tres semanas de monitoreo y entre 3090.90 y 3335.87 para los sujetos del grupo control durante el mismo periodo de tiempo.

Tabla 18

Consumo calórico total por GE y GC

Variable	Semana de evaluación	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)
CCT (Kcal./día)	1	3201.28 \pm 1425.07	3335.87 \pm 554.62
	2	3633.22 \pm 1268.12	3223.19 \pm 565.33
	3	3311.11 \pm 1185.76	3090.90 \pm 339.23

Nota: CCT = consumo calórico total; *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

En la Tabla 19 se muestran las comparaciones del consumo de macronutrientos (carbohidratos, proteínas y lípidos) por grupo experimental y grupo control. En la primera y segunda semana de monitoreo no se presentaron diferencias significativas en ningún grupo de alimentos. En la tercera semana los sujetos del grupo experimental tuvieron mayor consumo de proteínas respecto al grupo control ($p = .049$).

Tabla 19

Comparación del consumo de macronutrientos por GE y GC

Semana	Macronutrientos	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)	Valor p
1	Carbohidratos	1437.40 \pm 833.93	1694.71 \pm 334.52	.356
	Proteínas	575.18 \pm 187.23	497.22 \pm 176.33	.338
	Lípidos	1188.71 \pm 538.69	1143.94 \pm 330.04	.818
2	Carbohidratos	1526.97 \pm 534.73	1493.85 \pm 535.62	.889
	Proteínas	654.08 \pm 292.55	478.22 \pm 59.48	.095
	Lípidos	1452.17 \pm 625.33	1225.83 \pm 347.12	.312
3	Carbohidratos	1461.16 \pm 831.55	1627.12 \pm 367.39	.554
	Proteínas	615.07 \pm 183.77	473.08 \pm 122.34	.049*
	Lípidos	1234.88 \pm 530.03	990.71 \pm 191.85	.168

Nota: $p > .05$ = sin diferencia significativa; * = diferencia significativa; *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

La distribución en macronutrientos (carbohidratos, proteínas y lípidos) del consumo calórico total obtenido de la semana 1 se describe en la Figura 18. Se observó que el grupo experimental consumió 43.04% de carbohidratos, 19.74% de proteínas y 37.21% de lípidos. Asimismo 51.26%, 14.63% y 34.10% respectivamente para el grupo control.

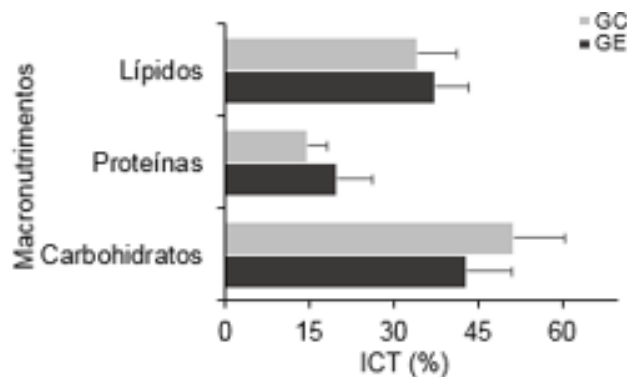


Figura 18. Distribución del CCT en macronutrientos por grupo experimental (GE) y grupo control (GC) en la semana 1.

La distribución en macronutrientos (carbohidratos, proteínas y lípidos) del consumo calórico total obtenido de la semana 2 se describe en la Figura 19. Se observó que el grupo experimental consumió 42.87% de carbohidratos, 18.00% de proteínas y 39.13% en lípidos. Asimismo 45.92%, 15.76% y 38.32% respectivamente para el grupo control.

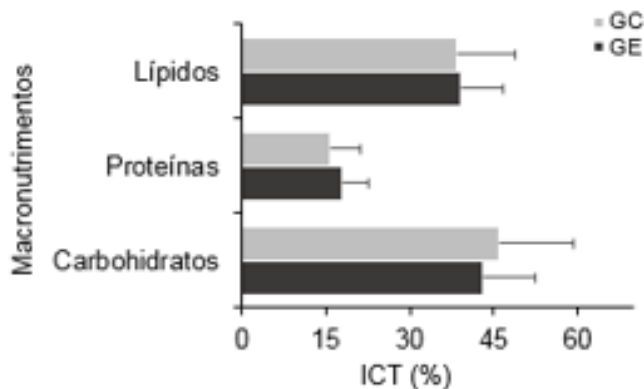


Figura 19. Distribución del CCT en macronutrientos por grupo experimental (GE) y grupo control (GC) en la semana 2.

La distribución en macronutrientos (carbohidratos, proteínas y lípidos) del consumo calórico total obtenido de la semana 3 se describe en la Figura 20. Se observó que el grupo experimental consumió 41.98% de carbohidratos, 20.54% de proteínas y 37.48% en lípidos. Asimismo 50.12%, 15.52% y 32.16% respectivamente para el grupo control.

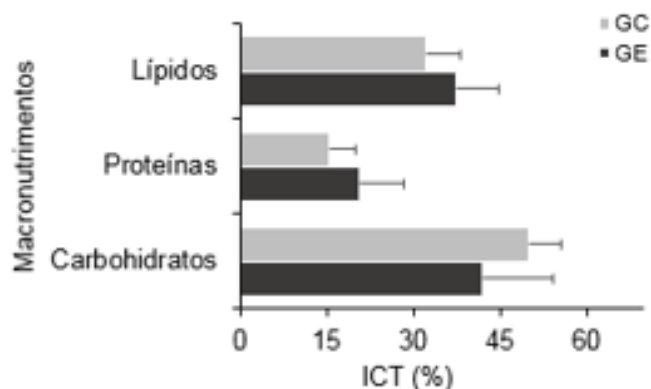


Figura 20. Distribución del CCT en macronutrientos por grupo experimental (GE) y grupo control (GC) en la semana 3.

En la Tabla 20 se muestran las comparaciones realizadas por grupo experimental y grupo control sobre el consumo de micronutrientos antioxidantes (Retinol [A], Ácido ascórbico [C], α -tocoferol [E] y Zinc [Zn]) distribuido por semana de entrenamiento. Se observa que en ninguna semana se presentaron diferencias significativas en grupo experimental y grupo control sobre el consumo de micronutrientos.

Tabla 20

Comparación del consumo de micronutrientos por semana en GE y GC

Semana de entrenamiento	Micronutrientos (mg)	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)	Valor p
1	Retinol (A)	1.72 \pm 1.40	1.81 \pm 1.15	.883
	Ácido ascórbico (C)	122.99 \pm 94.07	103.00 \pm 55.39	.585
	α -tocoferol (E)	12.92 \pm 6.68	12.59 \pm 5.31	.903
	Zinc (Zn)	16.22 \pm 7.93	19.99 \pm 9.84	.348
2	Retinol (A)	1.12 \pm 0.67	1.09 \pm 0.66	.920
	Ácido ascórbico (C)	144.19 \pm 106.43	118.77 \pm 72.06	.525
	α -tocoferol (E)	10.94 \pm 5.41	9.65 \pm 3.28	.568
	Zinc (Zn)	21.42 \pm 11.17	15.45 \pm 7.08	.155
3	Retinol (A)	1.20 \pm 0.70	0.99 \pm 0.51	.458
	Ácido ascórbico (C)	113.09 \pm 130.74	103.21 \pm 50.29	.818
	α -tocoferol (E)	12.24 \pm 6.80	13.09 \pm 6.57	.771

Zinc (Zn)	16.56 ± 7.91	17.39 ± 5.33	.779
-----------	--------------	--------------	------

Nota: $p < .05$ = diferencias significativas; M = promedio; DE = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control; A, C y E = vitaminas; Zn = mineral.

3.9 Frecuencia cardiaca obtenida por día y semana de entrenamiento

En la Tabla 21 se muestran los promedios y desviación estándar ($M \pm DE$) de la frecuencia cardiaca obtenida por día de entrenamiento en grupo experimental y grupo control. Se puede observar que en la semana 1 de entrenamiento la frecuencia cardiaca presentó valores entre 137.98 y 149.40 ppm en el grupo experimental y entre 141.85 y 153.13 ppm en el grupo control. En la semana 2 el grupo experimental presentó valores entre 130.76 y 174.62 ppm y el grupo control 134.40 y 182.20 ppm. En la semana 3 los valores promedios se encontraron entre 138.71 y 171.68 ppm en el grupo experimental y entre 139.71 y 180.91 ppm en el grupo control.

Tabla 21

Frecuencia cardiaca evaluada por día de entrenamiento en GE y GC

Semana de entrenamiento	Día de entrenamiento	GE ($M \pm DE$)	GC ($M \pm DE$)
1	1	140.31 ± 4.25	144.01 ± 4.76
	2	144.70 ± 9.14	143.53 ± 8.89
	3	144.93 ± 7.10	148.92 ± 10.37
	4	143.36 ± 7.95	143.74 ± 11.55
	5	149.40 ± 10.93	153.13 ± 9.98
	6	137.98 ± 5.25	141.85 ± 6.82
	7	S/E	S/E
2	8	152.76 ± 10.24	152.05 ± 7.67
	9	138.28 ± 8.75	145.68 ± 8.05
	10	156.29 ± 2.96	163.26 ± 6.81
	11	133.55 ± 6.83	141.59 ± 13.42
	12	174.62 ± 6.31	182.20 ± 15.72
	13	130.76 ± 2.91	134.40 ± 6.57
	14	S/E	S/E

3	15	170.39 ± 8.54	180.91 ± 6.49
	16	138.71 ± 4.54	140.63 ± 4.65
	17	149.12 ± 9.66	157.53 ± 11.24
	18	140.07 ± 11.35	139.71 ± 5.04
	19	171.68 ± 4.37	179.53 ± 6.96
	20	135.24 ± 1.71	140.89 ± 4.84

Nota: *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

A partir de los resultados obtenidos de la frecuencia cardiaca por día de entrenamiento se promedió la frecuencia cardiaca por semana para determinar la intensidad de entrenamiento promedio semanal. En la Tabla 22 se observa la frecuencia cardiaca promediada por semana de entrenamiento, donde el grupo experimental la mantuvo entre 143.45 y 150.87 ppm y el grupo control entre 145.86 y 156.94 ppm. La intensidad de entrenamiento se encontró entre 74.89 y 78.75% en el grupo experimental y entre 74.46 y 80.11% en el grupo control.

Tabla 22

Frecuencia cardiaca e intensidad por semana de entrenamiento en GE y GC

Variable	Semana de entrenamiento	GE (<i>M</i> ± <i>DE</i>)	GC (<i>M</i> ± <i>DE</i>)
FC (ppm)	1	143.45 ± 5.10	145.86 ± 7.07
	2	146.73 ± 2.23	153.43 ± 6.01
	3	150.87 ± 4.05	156.94 ± 4.86
Intensidad (%)	1	74.89 ± 2.82	74.46 ± 3.87
	2	77.13 ± 1.75	78.18 ± 2.93
	3	78.75 ± 2.06	80.11 ± 2.99

Nota: FC (ppm) = frecuencia cardiaca expresada en pulsos por minuto; *M* = promedio; *DE* = desviación estándar; GE = grupo experimental; GC = grupo control.

En la Figura 21 se muestran las comparaciones de la intensidad de entrenamiento realizada por semana en grupo experimental (GE) y grupo control

(GC). No se observaron diferencias significativas en la semana 1, 2 y 3 ($p = .776$, semana 1; $p = .335$, semana 2 y $p = .245$, semana 3).

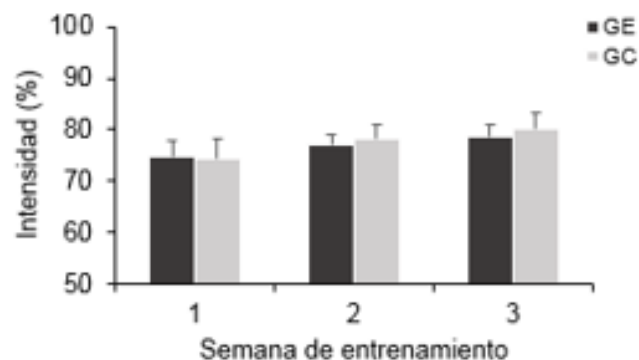


Figura 21. Comparación de la intensidad por semana de entrenamiento en grupo experimental (GE) y grupo control (GC).

En la Figura 22 se muestran las comparaciones realizadas a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC), en la cual no se observan diferencias significativas, asimismo al comparar la intensidad que se entrenó en la semana 1 con la 2 y 3 se observan diferencias significativas en ambos grupos, donde el GE presentó una $p = .046$ y $p = .001$ respectivamente y GC muestra un valor de $p = .019$ y $p = .001$ respectivamente. En la comparación realizada en la semana 2 con la 3 en ambos grupos no se observaron diferencias significativas.

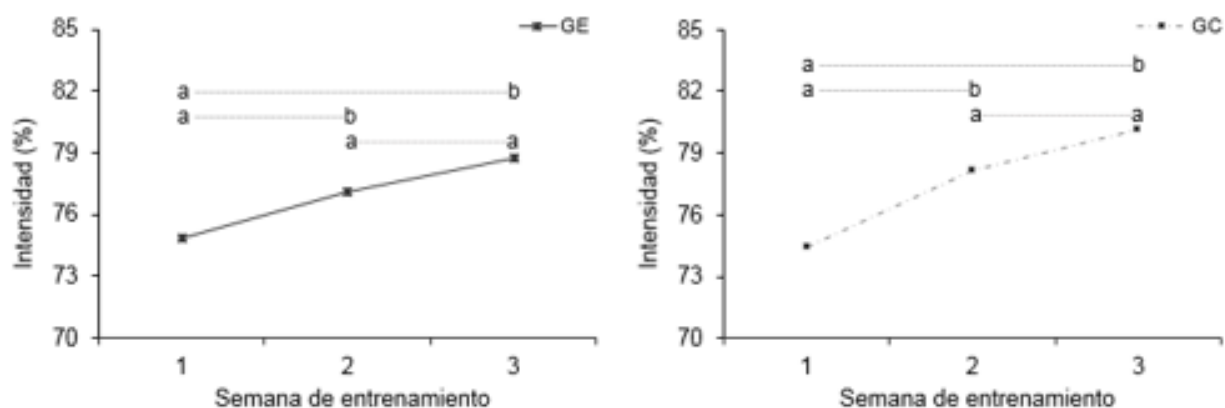


Figura 22. Comparación de la intensidad por semana de entrenamiento a través del tiempo por grupo experimental (GE) y grupo control (GC). Letras entre semana de entrenamiento indicadas por guiones describen diferencias significativas ($p < .05$), donde $a < b$. Letras iguales indicadas por guiones no representan diferencias significativas.

3.10 Discusión de resultados

Los biomarcadores que son utilizados para controlar la evolución del rendimiento físico de los deportistas durante la práctica deportiva determinan objetivamente el impacto que tiene la carga de entrenamiento sobre los diferentes órganos y tejidos, así como el tiempo que se requiere para una óptima recuperación (Calderón et al., 2006; Palacios et al., 2015; Urdampilleta et a., 2013). En este sentido, monitorear el rendimiento en deportistas a través del control biológico ofrece información relevante a entrenadores y responsables de las ciencias aplicadas al deporte en determinado periodo de entrenamiento de un macrociclo de entrenamiento.

Esto permite que los deportistas puedan ser intervenidos a través de complementos nutrimentales con la finalidad de obtener mejor respuesta orgánica en un proceso de entrenamiento deportivo (Garrido et al., 2015). Considerando los beneficios que otorgan los complementos nutricionales naturales a los deportistas en las diferentes etapas de preparación, la finalidad del presente estudio fue evaluar el efecto que tiene consumir 150 mg/kg/día de *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre el daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales durante la preparación física general, cuya hipótesis fue la reducción de daño muscular, masa grasa y aumento de masa libre de grasa en dicho periodo de entrenamiento, discutiéndose de acuerdo a cada variable estudiada según la hipótesis contemplada. Entre las variables estudiadas se encuentran la CK, AST y ALT, mismas que han sido utilizadas como indicadoras de daño muscular y la MG y MLG como indicadoras de la composición corporal en los boxeadores.

3.10.1 Nivel enzimático antes, durante y después de complementar con *Spirulina (Arthrospira) maxima*.

En la evaluación realizada el día 6 de CK ambos grupos presentaron entre 110 y 153 U/L de concentración, los cuales fueron normales en los boxeadores según Coswig et al. (2013) que establecen un rango de 26 a 189 U/L para deportistas de combate y Aymard et al. (2013) quines relacionan valores a partir de 190 U/L con un incremento excesivo con la intensidad y tipo de entrenamiento en futbolistas élite, así como Calderón et al. (2006) que atribuyen carga elevada de entrenamiento cuando

los valores se encuentran por arriba de 200 U/L. Al comparar los resultados por GE y GC no se observó diferencia significativa, pudiendo estar relacionado a la recuperación muscular y equilibrio homeostático adquirido después de la recuperación que tuvieron los boxeadores en el periodo de transición, tal como destacan Ureña, Ureña y Calleja (2014) en su estudio, atribuyendo que el organismo de los deportistas se recupera con un descanso activo y alimentación saludable después de una competencia importante.

En cuanto a las transaminasas, en la evaluación inicial se obtuvieron valores entre 20 a 52 U/L en AST y 27 a 47 U/L en ALT, sin presentarse diferencias significativas al comparar por GE y GC. Según Coswig et al. (2013) los rangos normales para estas enzimas se encuentran entre 11 a 39 U/L en AST y 11 a 45 U/L en ALT para deportistas que entrenan deportes de combate. Urdampilleta et al. (2013) refieren que estas enzimas son importantes indicadoras de lesiones hepáticas en el área clínica y las consideran fundamentales en la evaluación en los hepatocitos del deportista para conocer el daño adquirido por una carga de entrenamiento. En este sentido, durante las sesiones de entrenamiento en el deporte de boxeo, es común que los boxeadores realicen *sparring* como parte del proceso de adaptación orgánica, ocasionando contusiones en abdomen y cabeza por los golpes recibidos donde las transaminasas encargadas del metabolismo protéico, pueden llegar a incrementarse afectando la salud hepática (Herrera, Ordoñez y Oliver, 2017).

Ureña et al. (2014) describen que el organismo se recupera fisiológicamente después de una competencia importante por la disminución de las cargas físicas que dejan de recibir los deportistas. Por las características que presenta el boxeo, es común que los boxeadores constantemente reciban golpes en el tren superior del cuerpo, de los cuales algunos de ellos pueden considerarse peligrosos para el organismo. En este sentido, Meeusen et al. (2013) destacan a la recuperación fisiológica como un aspecto importante en la periodización del entrenamiento en deportistas elite, cuya finalidad es mejorar el rendimiento físico durante una competencia fundamental. También Branco et al. (2017); Calleja-González et al. (2009) coinciden con el fundamento de Meeusen et al. (2013) al atribuirle importancia al restablecimiento de los niveles fisiológicos al deportista después de someterlo a

altas cargas de entrenamiento, con la finalidad de optimizar el rendimiento físico y evitar efectos negativos en la salud.

Los resultados obtenidos de CK el día 13 para el GE y GC oscilaron entre 141 a 185 U/L sin presentarse diferencias significativas entre grupos. Después de llevar 13 días de haber iniciado la preparación física general los boxeadores no mostraron filtración enzimática que relacione daño muscular en deportistas. El resultado obtenido pudo influir que al iniciar un macrociclo de entrenamiento, el predominio de las cargas físicas se encuentra en umbrales aeróbicos debido a que el principal objetivo es mejorar la capacidad cardiovascular la cual permitirá mayor tolerancia a la carga física como mencionan Cejuela et al. (2011); Platonov y Bulatova (2001). En este sentido, en el estudio realizado por Brancaccio et al. (2007) se menciona que al iniciar una preparación deportiva, la CK se incrementa como respuesta al entrenamiento y no como consecuencia de sobre-entrenamiento por exceso de carga física. Asimismo, Gleeson (2002) refiere a los marcadores biológicos como estrategia importante para conocer adaptaciones fisiológicas, sobre-entrenamiento y el daño celular en los deportistas.

El AST se encontró entre 21 a 55 U/L en GE y 23 a 58 U/L en GC mientras que la ALT se encontró entre 31 a 52 U/L. A partir de estos resultados se pudo observar que ambos grupos de boxeadores empezaban a adquirir daño hepático al encontrarse valores en AST por arriba de los descritos como normales, así como la ALT se encontraba en el límite superior. El incremento pudo ser debido al incremento de ejercicios específicos que se van realizando a través del tiempo, donde se tiene mayor presencia de contusiones en la región hepática, pudiendo ocasionar rápidamente alteraciones en las enzimas AST y ALT en los deportistas (Fallon, 2008). Los resultados coinciden con lo descrito por Ribeiro, Tierra-Criollo y Martins (2006) al mencionar que las alteraciones enzimáticas son debido a adaptaciones neuromusculares relacionadas con el tiempo de duración del deporte, así como la intensidad de entrenamiento a que son sometidos los deportistas. A pesar de los resultados obtenidos en las transaminasas, la filtración de AST por sí sola no supone lesión hepática grave tal como lo establecen Martín y Molina (2010) debido a que es

necesario que la ALT se incremente de igual manera por ser una enzima secretada directamente en los hepatocitos.

En la evaluación realizada el día 20 se observó que ambos grupos presentaban valores superiores a los descritos como referencia en las enzimas CK: 189 U/L y AST 38 U/L aunque no fueron estadísticamente diferentes al evaluarse por GE y GC. Además, se pudo observar esta tendencia en la ALT: 45 U/L del GC. Los valores descritos pudieron ser debido al constante entrenamiento físico que eran sometido los boxeadores, tal como lo destacan Voinea (2015); Ling, Hardy y Zetterberg (2015) en sus estudios, refiriendo que el cúmulo de carga física deriva afectaciones directas en órganos y tejidos, principalmente por las constantes contusiones derivadas de los entrenamientos específicos. Sin embargo, debido a las características que presenta el deporte del boxeo, es necesario llevar a cabo entrenamientos que asemejen una competencia, donde la intensidad se llega a incrementar al máximo, principalmente cuando se realizan entrenamientos de *sparring*. En este sentido, Vanreenterghem, Nedergaard, Robinson y Drust (2017) atribuyen que las características de los entrenamientos en deportes de combate son parte del proceso de una adaptación fisiológica necesaria para el rendimiento deportivo.

El resultado de la ALT por debajo del límite superior (45 U/L) obtenido en el GE en la evaluación realizada el día 20 pudo haber sido ocasionado por la complementación de la *Arthrospira maxima*, generando un efecto protector en las células del hígado en 14 días de consumo ininterrumpidos. Estudios como los realizados por Upasani, Khera y Balararnan (2001); Kay y Barton (1991) indican que este alimento posee un papel hepatoprotector libre de efectos secundarios o toxicidad que llega a incidir en la reducción de tumores hepáticos. Autores como Bhattacharyya y Mehta (2012); Deng y Chow (2010); Mohan et al. (2006) e Ismail et al. (2009) han realizado estudios en ratas y ratones atribuyendo otros efectos positivos, tales como la disminución de la nefrotoxicidad, hepatotoxicidad e hipolipemiantes. Autores como Gutiérrez-Salmeán et al. (2015); Kalafati et al., (2010); Khan, Bhadouria y Bisen, (2005); Kay y Barton, (1991); Ravi, De, Azharuddin y Paul, (2010); Sotiroudis y Sotiroudis (2013) atribuyen que los efectos positivos son

debido a la cantidad de selenio, clorofila, caroteno, ácidos gamma-linolénico, tocoferol, compuestos fenólicos, vitamina E y C que tiene la *Spirulina ssp.*

En la evaluación realizada el día 27 se pudo observar que el GE y GC presentaban valores por arriba de los límites superiores en todas las enzimas. El incremento gradual de las intensidades de entrenamiento pudo haber ocasionado los valores enzimáticos obtenidos en esta evaluación tal como lo describen Del Vecchio, Coswig y Neves (2012). Por lo tanto, priorizar las sesiones de entrenamiento de acuerdo a principios metodológicos llega a generar múltiples beneficios a los deportistas, principalmente cuando se encuentran en procesos de adquisición de la forma física. En este sentido, Bompa (2006); Vasconcelos-Raposo (2005) indican pautas de entrenamiento para diversos deportes y periodos de entrenamiento coincidiendo en la multilateralidad del entrenamiento para adquirir la forma física de manera armónica. Para esto, los boxeadores tuvieron un aumento progresivo en las cargas de entrenamiento, mismas que fueron planificadas de acuerdo a la aptitud física que presentaron al inicio de la temporada.

Estudios realizados por Aminaka, Fohey, Kovacs y Zak (2017); Brancaccio et al. (2008) y Peake et al. (2005) han mostrado que los deportistas presentan mayor concentración de CK en el torrente sanguíneo después de haber tenido sesiones de entrenamiento físico con predominio excéntrico derivando daño muscular como parte del proceso de adaptación, aunque puede llegar a afectar el rendimiento físico cuando no se cuenta con una recuperación adecuada. También es común que las transaminasas se incrementen en deportistas que participan en deportes de combate, por las constantes contusiones que se ocasionan como parte de entrenamientos específicos como lo describen Coswig et al. (2013) en su estudio realizado con deportistas participantes en jiu-jitsu brasileiro. Halson (2014) menciona que conforme un deportista adquiere la forma deportiva, se debe aumentar el estímulo de esfuerzo armónicamente, monitoreando constantemente la carga de entrenamiento, de tal manera que Abalasei y Popescu (2015) consideran la multilateralidad del entrenamiento como estrategia para potenciar el rendimiento en deportistas de alto rendimiento.

3.10.2 Efecto de la *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre indicadores enzimáticos obtenidos antes, durante y después.

Al comparar el comportamiento enzimático de CK, AST y ALT en GE y GC por día de evaluación 6, 13, 20 y 27 solo se observaron diferencias significativas en la CK y ALT en la evaluación del día 27, donde el GC presentó mayor concentración enzimática respecto al GE en ambas enzimas pudiendo interpretarse como daño muscular. Christensen et al. (2015) mencionan que el incremento enzimático es parte del proceso de adaptación que tienen los deportistas durante su preparación deportiva, la cual va relacionada a los requerimientos de oxígeno y desgaste en las fibras musculares generadas por intensidades elevadas. Holland et al. (2015) al realizar un estudio con ratas, descubrieron que en 10 días de entrenamiento moderado se adquiere una adaptación enzimática. A partir de estos resultados se puede inferir que el daño muscular adquirido a través del tiempo fue ocasionado como parte de un proceso de adaptación al entrenamiento.

A pesar de que el AST no presentó diferencias significativas en ninguna de las evaluaciones realizadas por GE y GC, a partir de las evaluaciones realizadas los días 13, 20 y 27 ambos grupos presentaron valores por arriba del límite superior que representa 39 U/L observándose mayor incremento en el GC respecto al GE en las evaluaciones del día 20 y 27 según Coswig et al. (2013); Marin et al. (2013). El incremento pudo deberse a que esta enzima se encuentra en diversos órganos y tejidos y al incrementarse el número de entrenamientos específicos, los boxeadores recibían mayor cantidad de golpes ocasionando la filtración al torrente sanguíneo sin permitir la disminución por el trabajo físico llevado a cabo continuamente. Estos resultados son respaldados por Kaynar, Öztürk, Kıyıcı, Baygutalp y Bakan (2016) después de realizar su estudio encontraron que en deportistas que practican deporte de combate existe una filtración de enzimas hepáticas al torrente sanguíneo por los múltiples golpes recibidos en la zona abdominal.

También pudo ser debido a que los boxeadores tuvieron mayor micro-ruturas en las fibras musculares y menor cantidad de glucógeno muscular derivado de la intensidad de entrenamiento, aunado a las constantes contusiones recibidas en los *sparrings*. de la Fuente (2009); Urdampilleta et al. (2015) mencionan que durante

entrenamientos submáximos las transaminasas son encargadas de romper las proteínas para regenerar tejido pudiendo ocasionarse aumentos en esta enzima. En este sentido, las cargas de entrenamiento fueron incrementando gradualmente en ambos grupos a través del tiempo ($74.66 \pm 3.34\%$ en la semana 1; $77.68 \pm 2.44\%$ en la semana 2 y $79.46 \pm 2.62\%$ en la semana 3). Según Weineck (2005) las intensidades de entrenamiento incrementan con la finalidad de potenciar mayor adaptación fisiológica, así como Brancaccio, Limongelli y Maffulli (2006); Díaz et al. (2010); Flann, LaStayo, McClain, Hazel y Lindstedt (2011) describen que el incremento progresivo en las intensidades de entrenamiento llega a ocasionar ruptura en los discos Z de las fibras musculares, derivando una filtración enzimática al torrente sanguíneo representada como daño muscular y Wu et al. (2004) destacan que el daño muscular es producto del entrenamiento repetido aunado a las cargas de entrenamiento.

Otros autores como Apple y McGue (1983); Martín y Molina 2010; Manore, Thompson y Russo (1993) y Saengsirisuwan, Phadungkij y Pholpramool (1998) han referido que el daño hepático ocurre en situaciones donde tanto la AST como la ALT deben encontrarse por arriba de los valores de referencia, considerando a la ALT una enzima casi exclusiva del citosol en el hepatocito. En este sentido, Apple y McGue (1983) consideraron a la AST y ALT como marcadoras importantes de daño hepatocelular. Asimismo, Manore et al. (1993) después de evaluar las mismas enzimas en culturistas relacionan el incremento en estas enzimas por el trauma continuo como consecuencia de la intensidad y duración de entrenamiento. Saengsirisuwan et al. (1998) evaluaron la actividad enzimática en un grupo de boxeadores tailandeses e individuos sedentarios, observando que los primeros mantenían niveles de AST y ALT superiores a los sedentarios, las cuales se seguían elevando después que los boxeadores tenían una competencia sin ocasionar un daño grave al hígado.

Apple y McGue (1983) demostraron que en corredores se tiene un 20% de ALT por encima de los límites normales respecto a individuos convencionales, pudiendo ser consecuencia del entrenamiento entre 80 y 130 km/semana que llevaban a cabo los corredores, lo que representa un aumento en el metabolismo de

los aminoácidos para transportar los nutrimentos durante la actividad y regenerar tejido. Resultados similares tuvieron Wu et al. (2004) al analizar cambios bioquímicos antes y después de una carrera de ultra-maratón, observaron que existe una liberación de AST y ALT a los músculos e hígado pudiendo indicar daño crónico al hígado después del ejercicio extenuante a largo plazo. En deportistas de Judo y futbol, Murata, Oshima, Torii, Taguchi y Higuchi (2016) compararon variables de AST y ALT para conocer riesgo cardiometabólico, obteniéndose valores de AST más elevados en futbolistas con 30 U/L contra 28 U/L que tuvieron los judocas, en cuanto a la ALT fueron de 36 U/L para los judocas contra 40 U/L para los futbolistas. A pesar de no adquirir un incremento de gravedad para los órganos, los resultados pueden ser debido a las características que tienen ambos deportes, donde el deporte del futbol puede favorecer más a propiciar contusiones en los deportistas aunado a mantener mayor periodo de tiempo la intensidad elevada respecto al los deportistas que participan en judo.

Los resultados adquiridos en la evaluación del día 27 pueden suponer que la complementación con *Arthrospira maxima* presenta un efecto positivo en la recuperación a nivel músculo-esquelético durante el proceso de entrenamiento físico-deportivo, puesto que la intensidad de entrenamiento promedio para el GE y GC fue entre 78 % y 80% respectivamente predominando mayormente ejercicios específicos al boxeo, principalmente entrenamientos de *sparring*, los cuales ocasionan mayor cantidad de movimientos con predominio excéntrico en los boxeadores. Álvarez, Cachón, Brahim y Mateos (2014) mencionan a la FC de entrenamiento una parte esencial para adecuar la intensidad de trabajo y Barnett (2006) describe que las intensidades de entrenamiento aunadas a movimientos con predominio excéntrico llegan a causar inflamación seguida de dolor y daño muscular, llegando a la necesidad de buscar estrategias oportunas que contribuyan en proteger la salud y rendimiento de los boxeadores.

Autores como Avello y Suwalsky, 2006; Hernández-Lepe et al. (2015); Marin et al. (2013) describen a la *Spirulina ssp.* como un superalimento importante en la nutrición deportiva por la acción que ejercen los antioxidantes en el organismo, principalmente cuando existe ruptura en las fibras musculares derivadas de los

entrenamientos excéntricos e intensidades por encima del 75% del $VO_2\text{max}$, asimismo lo mencionan Raya-González, Piqueras y Sánchez-Sánchez, (2018); Rojas (2016) debido a que es cuando se genera mayor cantidad de radicales libres e inflamación celular llegando a desencadenarse inmunodepresión en el organismo, de tal manera que Coronado, Vega y León, Gutiérrez, Vázquez y Radilla (2015); Pingitore et al. (2015) fundamentan que consumir antioxidantes contribuye en la disminución de radicales libres permitiendo que los deportistas tengan mayor recuperación después de las sesiones diarias desencadenando mayor rendimiento físico-deportivo. Por lo tanto, se puede considerar a la *Arthrospira maxima* como un alimento saludable y beneficioso en la protección de daño muscular en boxeadores, además Gammone, Gemello, Riccioni y D'Orazio (2014); Gutiérrez-Salmeán et al. (2015); Kalafati et al. (2010); Sotiroudis y Sotiroudis (2013) describen que la Spirulina ejerce una acción protectora en células hepatocitos y miocitos por los compuestos bioactivos y nutrimentos que presenta.

3.10.3 Incremento enzimático en boxeadores profesionales a través del tiempo de preparación física general.

En la evaluación realizada el día 6 las enzimas presentaron valores normales en ambos grupos con una $FC_{\text{máx}}$ de 194.38 ppm y $VO_2\text{máx}$ $50.38 \text{ ml}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ respectivamente. Berta et al. (2014); Chaabène et al. (2015); de Lira et al., (2013) destacan que estas variables son importantes en el control biológico permitiendo mayor efectividad al entrenamiento físico. Asimismo Franchini, Artioli y Brito (2013) refiere a la $FC_{\text{máx}}$ una variable importante que sirve para determinar la intensidad de entrenamiento y posteriormente conocer las demandas metabólicas durante las sesiones de entrenamiento. A partir del día 7 el GE recibió tratamiento de *Arthrospira maxima* aunado a las sesiones de entrenamiento. La intensidad de entrenamiento resultó por debajo del 75% en GE y GC representando una FC promedio de 144.70 ppm en ambos grupos, similar a la reportada por Álvarez et al. (2014) con 130 a 160 ppm en entrenamientos específicos del boxeo. Sin embargo, las sesiones de entrenamiento implementadas en los boxeadores del presente estudio fueron centradas en ejercicios generales de bajo a moderado impacto como parte de la adaptación orgánica mientras que los ejercicios empleados por Álvarez et al. (2014)

fueron más propios a un periodo competitivo donde se realizan trabajos de cuerda, sombra y *sparring*.

El porcentaje de cambio observado al comparar la evaluación del día 6 con la realizada el día 13 en CK fue de 17.50%, el AST de 13.06% y la ALT 21.82%, donde el GC presentó un incremento mayor de 3.22% en CK, 7.94% en AST y 4.68% en ALT respecto al GE, con diferencias significativas en CK y ALT como parte de la adaptación física derivada de las cargas de entrenamiento. Los resultados coinciden con Flann et al. (2011) así como Urdampilleta et al. (2015) que refieren a la filtración enzimática como consecuencia del cúmulo de carga física generada desde el inicio de una preparación deportiva, tal como se pudo ver reflejado en la evaluación realizada el día 27, donde se observó un porcentaje de cambio del 36.30% en CK, 21.09% en AST y 41.52% en ALT respecto a la evaluación realizada el día 13. Los resultados describen diferencias de 24.25%: CK, 8%: AST y 3.96%: ALT en GC respecto al GE aunque ambos grupos matuvieron entrenamientos a la misma intensidad durante la segunda semana de entrenamiento, al evaluar la intensidad de la primera semana con la segunda se pudo observar que ambos grupos la incrementaron gradualmente. Los resultados observados coinciden con lo propuesto por Bompa (2006) al describir que los deportistas deben mantener armonía en el proceso de entrenamiento para facilitar la adaptación fisiológica durante el periodo preparatorio a pesar de la fatiga que causa el proceso. También Abalasei y Popescu (2015); Halson (2014) fundamentan la importancia de adecuar los principios del entrenamiento a las necesidades del deportista para optimizar el rendimiento y evitar lesiones o sobreentrenamiento en cualquier periodo de preparación.

El incremento en las intensidades a través del periodo de entrenamiento pudo influir en la filtración enzimática al torrente sanguíneo en todas las enzimas propuestas en el estudio, ocasionando que en la evaluación realizada el día 27 respecto al día 6 ambos grupos presentan diferencias significativas con un porcentaje de cambio de 57.50% en CK, 26.03% en AST y 50.37% en ALT, donde el GC presentó mayor filtración respecto al GE con 15.75%: CK, 8.55%: AST y 23.87%: ALT aunque al comparar los cambios por GE y GC se observó que el AST solo presentó cambios en el GC. Sin embargo, los valores fueron superiores a los

descritos como referencia, suponiéndose daño hepático adquirido a través del tiempo de preparación, tal como lo describen Apple y McGue (1983); Martín y Molina 2010; Manore et al. (1993) y Saengsirisuwan et al. (1998) cuando se encuentran alteradas las transaminasas se considera daño hepatocelular. Los resultados muestran que, a través del tiempo de preparación física general, los boxeadores empiezan a adquirir fatiga muscular, teniéndose como consecuencia daño en las fibras musculares e hígado pudiendo repercutir en el rendimiento físico.

En este sentido, Marin et al. (2013); Kormanovski et al. (2006) refieren que el daño muscular es producto del aumento progresivo de las cargas de entrenamiento, mismo que ha sido evidenciado por Kargotich et al. (2007) después de realizar un estudio que consistía en evaluar la glutamina en entrenamientos progresivos a intensidades del 70% del VO_2 máx., evaluando la actividad de CK en la semana 2, 4 y 6 después de un programa de entrenamiento, observándose un incremento significativo en las semanas 2 y 4 resultado útil en el control de la respuesta que se tenga al entrenamiento. En el presente estudio las intensidades de entrenamiento incrementaron gradualmente a través del tiempo en ambos grupos ($p = .000$) aunque no presentaron diferencias significativas al compararse por GE y GC en la tercera semana de entrenamiento, la intensidad se encontró por arriba del 75%. Este porcentaje aunado al cúmulo de la carga física y entrenamientos específicos según De Créé (2017); Holland et al. (2015); Marin et al. (2013) puede suponer ruptura en las fibras musculares y a la vez filtración enzimática por el desgaste físico.

En este caso, existe evidencia que muestran los beneficios que se pueden obtener en la disminución del daño muscular a partir de la complementación nutricional en los diferentes periodos de entrenamiento. Tal es el caso de Lu et al. (2006) que complementaron a 16 hombres con 7.5g/día (125mg/kg/día) de *Arthrospira maxima* durante tres semanas, observando una disminución del 28.77% de CK respecto al GC que aumentaron 33.88%, concluyendo que este alimento tiene un efecto protector contra el daño muscular adquirido por las altas intensidades de entrenamiento a los cuales son sometidos, así como lo mencionan Kalafati et al. (2010) los cuales complementaron a nueve individuos moderadamente entrenados con 6g/día (85mg/kg/día) de *Arthrospira maxima* durante cuatro semanas, mostrando

en sus resultados aumento del rendimiento físico, llegando a la conclusión del beneficio que presenta este alimento por el contenido de antioxidantes que en conjunto previenen la fatiga y el daño del músculo esquelético al incidir en el metabolismo de los carbohidratos en un 10.3%, aumentan la tasa de oxidación de las grasas en 10.9% y mejora el estado redox, aunque Franca et al. (2010) reportan resultados contrarios a los obtenidos después de realizar una intervención en ciclistas con 7.5g/día (110mg/kg/día) de *Arthrospira maxima* por cuatro semanas de complementación y evaluar estrés oxidativo y daño muscular.

Estudios realizados en el área clínica utilizando *Arthrospira* sp. a través de diversos protocolos *in vivo* o *in vitro* han informado que presenta efectos antialérgicos (Hoseini et al., 2013), antibacteriales (Karkos et al., 2011), anticancerígenos (Hoseini et al., 2013; Karkos et al., 2011), hipolipemiantes (Torres-Durán et al., 2012), antioxidantes (Ponce-Canchihuamán et al., 2010; Romay et al., 1998) y desinflamatorios (Lee et al., 2013; Pak et al., 2012; Romay et al., 1998). Los resultados son atribuidos al contenido de proteínas, polisacáridos, lípidos, aminoácidos esenciales y ácidos grasos, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos. En este sentido, se ha descubierto que la ficocianina tiene la capacidad de eliminar radicales libres incluidos los radicales alcoxilo (RO), hidroxilo (OH-) y peroxilo (ROO) inhibe la formación de citoquinas proinflamatorias tales como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF α) y producción de nitrito (Manconia et al., 2009; Riss et al., 2007; Shih et al., 2009). Los β -carotenos presentan efectos positivos al disminuir la inflamación en atletas ocasionada post-entrenamiento al suprimir la transcripción de citocinas inflamatorias o interleucinas (IL-1 β , IL-6 e IL-12) y la protección que ejerce contra la peroxidación lipídica mediada por el oxígeno singlete (Bai et al., 2005; Katsuura et al., 2009). Aunque también los ácidos grasos poliinsaturados GLA (ω -3 y ω -6) están relacionados con la disminución de la inflamación celular después de haberse convertido en ácido dihomogamma linoleico (DGLA).

Siewe et al. (2015) encontraron que las contusiones adquiridas en los boxeadores se aumentan la CK debido al daño muscular adquirido, llegando a implicar una disminución del rendimiento físico. Por lo tanto, la *Arthrospira maxima* puede ser recomendada para recuperar tejidos y proporcionar energía por los

componentes nutrimentales que presenta. En este sentido, Martinovic et al. (2011) analizaron las especies reactivas de oxígeno en mujeres deportistas en un periodo de seis semanas a través de la complementación con un coctel de antioxidantes de vitamina E, vitamina C, gluconato de zinc y selenio contribuyendo en la disminución del estrés oxidativo y proponiendo la introducción de alimentos ricos en antioxidantes para protección contra los radicales libres. A partir de estos resultados y considerándose la composición química de la *Arthrospira maxima* se puede inferir que este alimento puede al retardar el incremento enzimático a través del tiempo de entrenamiento o cuando se entrena a intensidades por debajo del 80%, aunque las cargas de entrenamiento deben incrementarse para adquirir mejor adaptación al entrenamiento y recuperación tal como lo describe Sargent, Lastella, Halson y Roach (2014). Sin embargo, es común que los deportistas desencadenen fatiga o estrés fisiológico a través de los días de entrenamiento, derivado del aumento progresivo de la carga de trabajo, la cual contribuye en la aparición de inflamación celular seguida de daño muscular (Coutts, Wallace y Slattery, 2007; Hartmann y Mester, 2000).

A pesar de existir evidencia sobre los beneficios atribuidos a la *Arthrospira* spp. en diversas áreas, la *Arthrospira maxima* ha sido poco estudiada en el deporte, contribuyendo este estudio en evidenciar posibles beneficios en el rendimiento físico en los boxeadores durante la preparación física general. Aunque se tuvo como limitantes no considerar la biodisponibilidad nutrimental en los boxeadores durante el tiempo de experimentación así como realizar análisis bioquímicos de la *Arthrospira maxima* utilizada para complementar a los deportistas. Por lo tanto, se propone que en futuros estudios se controle el consumo alimentario en todos los sujetos de estudio incluyendo horarios de consumo, calidad de la alimentación y horas de descanso, así como realizar evaluaciones bromatológicas del alimento con la finalidad de disminuir sesgos en otros estudios.

3.10.4 Masa grasa y masa libre de grasa.

No se presentaron diferencias significativas en la MG y MLG en la evaluación inicial. Estos mismos resultados se obtuvieron después de 20 días de complementación con *Arthrospira maxima*, en la evaluación final. En un estudio realizado por Becker, Jakober, Luft y Schmulling (1986) con individuos obesos

demonstraron que el consumo de 2.8 gramos de *Arthrospira* sp. por día durante cuatro semanas disminuye el peso corporal. Pudiendo ser ocasionado por la regulación del metabolismo y la absorción de nutrimentos tales que presenta este alimento (Mazokopakis, Starakis, Papadomanolaki, Mavroeidi y Ganotakis 2014). Entre estos se encuentra la fenilalanina que inhibe el apetito (Mazokopakis et al., 2014). Se considera que esta se una a la enzima fenilalanina-hidroxilasa para convertirse en tirosina la cual tiene efecto positivo en la pérdida de grasa corporal.

Sin embargo, a pesar de no haberse encontrado efecto en estos componentes corporales, se puede considerar realizar investigaciones en esta área al existir estudios como los de Belay, Ota, Miyakawa y Shimamatsu (1993) y Mettler, Mitchell y Tipton (2010) que catalogan a la *Spirulina* como alimento que disminuye problemas metabólicos tales como el colesterol total, colesterol de alta y baja densidad, triglicéridos y glucosa. Asimismo, Valdecantos, Pérez-Matute y Martínez (2009) que relacionan a los antioxidantes con la detoxificación del organismo la cual incide en la pérdida de grasa corporal. Referente a los resultados obtenidos en el presente estudio se llega a suponer que faltó mayor tiempo de ingestión de *Arthrospira maxima* para que los compuestos bioactivos, ejercieran su efecto sobre la composición corporal. Jeukendrup (2014); Santos et al. (2015); Sundgot-Borgen et al. (2013) hacen referencia a la composición corporal como una variable importante para evaluar el rendimiento deportivo y prescribir el consumo energético adecuado a las necesidades de los atletas durante el proceso de entrenamiento. Asimismo, Meyer et al. (2013) que el aumento de MG conduce a un efecto negativo en el rendimiento físico y en salud de los atletas.

3.10.5 Consumo calórico en macro y micronutrimentos por semana.

Borresen y Lambert, (2009); Wiewelhove, et al. (2016) relacionan el entrenamiento por debajo del 70% del VO_2 máx con la recuperación adecuada después de una carga física extenuante. Rico, Monteiro, Laín y García (2018) refieren que la dieta variada y equilibrada a las necesidades propias del deportista condiciona la forma deportiva. En este sentido, autores como Burke et al. (2011); Sanz, Otegui y Ayuso, (2013) y Tavío y Herrera, (2014) han mostrado que los alimentos proporcionan los nutrimentos necesarios optimizando el rendimiento físico-

deportivo, disminuyendo la incidencia de lesiones y recuperando más rápido al deportista. En caso de los boxeadores evaluados, se observó que la ICT durante la primera semana estaba dentro de los rangos establecidos por Cunningham (1980) en deportistas elite utilizando como variable la MLG y cuantificando las necesidades nutrimentales de acuerdo con Gerior, WenYen y Basiotis (2006) y Rogers et al. (2014) que integran los MET consumidos por tiempo de entrenamiento.

Al analizar la distribución nutrimental se observó que los carbohidratos son los que mayormente se consume en la dieta de los boxeadores con $46.81 \pm 8.78\%$ del total correspondientes a $5.78 \text{ g}\cdot\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$, seguido por los lípidos con $35.66 \pm 6.65\%$, mismas que son $1.8 \text{ g}\cdot\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$ y por último las proteínas con $16.77 \pm 5.45\%$ que corresponde a $1.92 \text{ g}\cdot\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$. En las comparaciones por GE y GC no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los macronutrientos. El consumo de carbohidratos coincide con Burke y Cox (2009) que establecen entre 5 a $7 \text{ g}\cdot\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$ en deportistas que mantienen entrenamientos a volumen moderado para restablecer los depósitos de glucógeno. Los resultados obtenidos en ingestión de lípidos por GE y GC en la primera semana muestran que fueron superiores a las recomendadas por Ivy y Portman, (2012) que oscilan entre el 20 y 25% del gasto energético total, mientras que las proteínas se encontraron similares a las propuestas por Phillips (2016) y Hoffman y Maresh (2011) oscilando entre 1.4 a $2.0 \text{ g}\cdot\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$ y cuyo valor biológico sea alto.

En este sentido, el glucógeno tiene la función de proporcionar energía suficiente a la célula evitando la fatiga durante una sesión de entrenamiento (Artioli et al., 2010). Sin embargo, este sustrato es limitado, de tal manera que las grasas estarán proporcionando energía similar a los carbohidratos durante entrenamientos de moderada a baja intensidad (Mata-Ordoñez, Sánchez-Oliver y Domínguez, 2018). La ingestión de carbohidratos y lípidos como principales fuentes energéticas pudieron estar implicadas en las necesidades propias del boxeo, en este sentido González-Haro et al. (2007) consideran que estos macronutrientos son parte de los principales sustratos energéticos del metabolismo aeróbico para sintetizar ATP, llegando a variar según el $\text{VO}_2\text{máx}$ de cada deportista.

Por lo tanto, la variación nutrimental cumple un papel importante durante el proceso deportivo, al contribuir en la brindar la energía necesaria, recuperación post-entrenamiento y regenerar tejido (Martínez-Sanz et al., 2013; Rivera, Acurio y Arias, 2017). El promedio en el consumo calórico fue de 3251.96 ± 1040.49 sin diferencias significativas entre ambos grupos, Sin embargo, el GE inició con el tratamiento consumiendo 150mg/kg de peso corporal diarios. El consumo de *Arthrospira maxima* y su alto contenido de polifenoles beneficia la disminución en la concentración de malondialdehido el cual a la vez favorece el sistema antioxidante del organismo (Braakhuis y Hopkins, 2015; Viveros Valdez, 2009). Al comparar la ingestión calórica a través del tiempo no se presentaron diferencias significativas, pudiéndose atribuir que el efecto de la *Arthrospira maxima* en las variables CK y ALT se puede obtener en un periodo de 20 días de complementación. Entre los estudios realizados con *Spirulina spp* se destacan Kalafati et al. (2010) que complementaron con 6g/día durante cuatro semanas a individuos moderadamente entrenados y concluyendo que beneficia en el metabolismo de los carbohidratos y estado redox de la sangre en estado de reposo y después de realizar ejercicio físico. Lu et al. (2006) que complementaron con 7.5g/día durante tres semanas a hombres disminuyendo la concentración de CK en 28.77% respecto al GC que tuvieron un aumento del 33.88% llegando a la conclusión que este complemento tiene un efecto protector contra el daño muscular cuando entrenan intensamente, pudiendo ser que los beneficios fueron por el predominio en los movimientos corporales durante las sesiones de entrenamiento y la adaptación del músculo-esquelético con la que contaban los atletas durante el estudio.

Lo anterior coincide con lo mencionado por Peake et al. (2005) los cuales describen que el ejercicio físico donde predominan contracciones excéntricas ocasiona una liberación enzimática, principalmente de CK al torrente sanguíneo. Consecuencia de esto, las fibras musculares sufren una inflamación que inicia al término la sesión de entrenamiento, aumentándose hasta 24 horas después y regresar a valores normales posterior al cuarto día como parte de adaptación a las cargas e intensidades de las sesiones (Brancaccio, Maffulli, Buonauro y Limongelli, 2008). Resultados similares son descritos por Roe et al. (2016) con jugadores de

rugby asociando la elevación enzimática a las contusiones aunado a los movimientos excéntricos ocasionados durante un partido. No obstante, la falta de recuperación post-entrenamiento puede ocasionar acumulación de fatiga muscular, seguido de enfermedades, lesiones y por consecuencia disminución en el rendimiento físico-deportivo (Johnston, Gabbett y Jenkins, 2013). Sin embargo, Franca et al. (2010) reportan resultados contrarios después de realizar una intervención en ciclistas con 7.5g/día de *Arthrospira maxima* por cuatro semanas de complementación y evaluar estrés oxidativo y daño muscular. Entre las variables estudiadas fue la CK como indicadora de destrucción muscular derivada de las intensidades de entrenamiento a pesar de encontrarse ciclistas por encima del rango normal al inicio del experimento.

3.11 Limitaciones del estudio

1. Tiempo de duración en la intervención: desarrollar protocolos de investigación que permitan complementar por mayor período de tiempo con *Spirulina (Arthrospira) maxima* para conocer posibles efectos en la composición corporal y aspartato aminotransferasa.

2. Control de la alimentación: controlar la alimentación en diversos grupos de investigación, otorgando un plan alimentario que sea similar en cuanto a horarios, grupos de alimentos y cantidades.

3. Intensidad de entrenamiento: considerar estrategias que sean fáciles en la evaluación de la frecuencia cardíaca durante las sesiones diarias, debido a que durante entrenamientos específicos se ocasiona un descontrol en los boxeadores al quitarle el guante para evaluar esta variable.

4. Control de la hidratación: determinar la tasa de sudoración antes de iniciar con la experimentación con la finalidad de proporcionarle una hidratación individualizada que indique mililitros y período de tiempo que se debe consumir el líquido en cada boxeador.

3.12 Nuevas líneas de investigación

1. Diseñar protocolos de investigación orientados a otras modalidades deportivas y períodos de entrenamiento.

2. Diseñar protocolos de investigación orientados a individuos sanos, que practiquen ejercicio físico, deporte y que padezcan enfermedades crónicas degenerativas.

3. Aplicar protocolos de investigación a individuos con obesidad y que padezcan dislipidemias para conocer el efecto que presenta la *Spirulina (Arthrospira) maxima* con y sin ejercicio físico.

Conclusiones

De acuerdo a la hipótesis del estudio

La hipótesis es aceptada en la disminución del daño muscular evaluado con las variables de CK, AST y ALT y comparado por GE y GC al inicio, durante y después de la intervención, asimismo al evaluarse a través del tiempo.

La hipótesis se rechaza en las variables MG y MLG después de compararse la evaluación inicial respecto a la final.

Por objetivo específico

Los boxeadores presentaron niveles enzimáticos de CK, AST y ALT normales al iniciar la preparación física general, los cuales se aumentaron con respecto al tiempo de preparación hasta llegar a valores por encima del rango normal.

Los valores enzimáticos de CK, AST y ALT que presentan los boxeadores se aumentan a través del tiempo de preparación física general, aunque el grupo de boxeadores que fueron complementados con *Arthrospira maxima* tuvieron menor concentración de CK y ALT respecto a los boxeadores que no la consumieron.

El porcentaje de cambio incrementó en los boxeadores a través del tiempo de preparación física general, donde el grupo de boxeadores que fueron complementados con *Arthrospira maxima* presentaron menor porcentaje de cambio en CK y ALT respecto a los boxeadores que no la consumieron.

Los boxeadores presentaron un porcentaje de MG y MLG adecuada al deporte al inicio de la preparación física general, misma que se mantuvo a través del tiempo de entrenamiento.

Los boxeadores presentaron un consumo calórico total adecuado a las características de cada microciclo de entrenamiento. En la tercera semana de preparación física general, los boxeadores que fueron complementados con *Arthrospira maxima* consumieron mayor cantidad de proteínas respecto al grupo que no recibió tratamiento.

La intensidad de entrenamiento en los boxeadores inició en un umbral aeróbico, la cual incrementó a través del tiempo de preparación física general, donde los boxeadores que fueron complementados con *Arthrospira maxima* entrenaron a menor intensidad respecto al grupo que no recibió tratamiento.

Referencias bibliográficas

- Abalasei, B., y Popescu, V. (2015). The Importance of Formal Education in the Training of Athletes. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 2453-2457.
- Abdulqader, G., Barsanti, L., y Tredici, M. R. (2000). Harvest of *Arthrospira platensis* from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. *Journal of Applied Phycology*, 12(3-5), 493-498.
- Acheson, K. J., Blondel-Lubrano, A., Oguey-Araymon, S., Beaumont, M., Emady-Azar, S., Ammon-Zufferey, C., ... y Bovetto, L. (2011). Protein choices targeting thermogenesis and metabolism—. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(3), 525-534.
- Acunto, S. B. (2008). *Los Campeones: Guía De Boxeo*. AuthorHouse.

- Aguirre, M. L., Castillo, C., y Le Roy, C. A. T. A. L. I. N. A. (2010). Desafíos emergentes en la nutrición del adolescente. *Revista chilena de pediatría*, 81(6), 488-497.
- Aguirre-Urdaneta, M. A., Rojas-Quintero, J. J., y Lima-Martínez, M. M. (2012). Actividad física y síndrome metabólico: Citius-Altius-Fortius. *Avances en Diabetología*, 28(6), 123-130.
- Alaunyte, I., Stojceska, V., y Plunkett, A. (2015). Iron and the female athlete: a review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 1-7.
- Albanese, C. V., Diessel, E., y Genant, H. K. (2003). Clinical applications of body composition measurements using DXA. *Journal of Clinical Densitometry*, 6(2), 75-85.
- Alburquerque, M. B. (2015). *Escuela cubana de boxeo: análisis de las acciones técnico-tácticas (SOBOX)*. Wanceulen SL.
- Ale, B., Qin, Y., y Singh, A. B. (2017). The Significance of Elevated Serum Enzyme Creatine Kinase as a Biomarker in Musculoskeletal Injury: A Review. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(3).
- Almada, A. L., y Barr, D. (2015). Carbohydrate Utilization and Disposal in Strength/Power Training and Sports: Examining the Underexamined. In *Nutritional Supplements in Sports and Exercise* (pp. 329-342). Springer International Publishing.
- Álvarez, L. M., Cachón, J., Brahim, M., y Mateos, C. (2014). Las áreas funcionales implicadas en el entrenamiento especial competitivo del boxeo. Un estudio de casos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (26), 71-74.
- Alvero, J. R., Diego, A. M., Fernández, V. J., y García, J. (2005). Métodos de evaluación de la composición corporal: tendencias actuales (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 22(105), 45-49.
- Alzate, D., Ayala, C., y Melo, L. (2015). Control of sports training in school athletes. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2), 321-328.

- Alzate, S., Diego, A., Ayala, Z., Carlos, F., Melo, B., y Luis, G. (2012). Sports training control in the southamerican games medellin 2010. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 15, 87-95.
- Amieba, C. y Bellido, E. J. (2012). El efecto del bicarbonato sódico en el rendimiento en el test de Wingate. *AGON*, 2(2), 77-84.
- Aminaka, N., Fohey, T., Kovacs, A., y Zak, R. (2017). Kinesiology Tape does not Affect Serum Creatine Kinase Level and Quadriceps Activity during Recovery from Delayed-Onset Muscle Soreness. *International Journal of Kinesiology & Sports Science*, 5(1).
- Andreoli, A., Melchiorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, P., ... y De Lorenzo, A. (2003). Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetologica*, 40(1), s122-s125.
- Andreoli, A., Scalzo, G., Masala, S., Tarantino, U., y Guglielmi, G. (2009). Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *La Radiologia Medica*, 114(2), 286-300.
- Antonio, J., Peacock, C. A., Ellerbroek, A., Fromhoff, B., y Silver, T. (2014). The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 19.
- Apple, F. S., y McGue, M. K. (1983). Serum enzyme changes during marathon training. *American Journal of Clinical Pathology*, 79(6), 716-719.
- Arango, V., y Sandra, S. (2012). Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(1), 75-82.
- Arias, N., Macarulla, M. T., Aguirre, L., Martinez-Castano, M. G., y Portillo, M. P. (2014). Quercetin can reduce insulin resistance without decreasing adipose tissue and skeletal muscle fat accumulation. *Genes & Nutrition*, 9(1), 361.
- Artioli, G. G., Franchini, E., Nicastro, H., Sterkowicz, S., Solis, M. Y., y Lancha, A. H. (2010). The need of a weight management control program in judo: a proposal based on the successful case of wrestling. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 15.

- Avaria, M. D. L. Á., Beytía, M. D. L. Á., Kleinstauber, K., Rodillo, E., y Alegría, S. (2012). Aumento de transaminasas: una manifestación de distrofia muscular de Duchenne. *Revista Chilena de Pediatría*, 83(3), 258-261.
- Avello, M., y Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, (494), 161-172.
- Aymard, A. L., Aranda, C., y Di Carlo, M. B. (2013). Estudio de parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol de élite. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 47(1), 101-111.
- Baechle, T. R., y Earle, R. W. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico* (2da Ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Bai, S. K., Lee, S. J., Na, H. J., Ha, K. S., Han, J. A., Lee, H., ... y Kim, Y. M. (2005). β -Carotene inhibits inflammatory gene expression in lipopolysaccharide-stimulated macrophages by suppressing redox-based NF- κ B activation. *Experimental & Molecular Medicine*, 37(4), 323.
- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., y Bickerstaff, G. F. (2012). Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 1-13. doi: 10.1155/2012/960363
- Baker, L. B., Heaton, L. E., Nuccio, R. P., y Stein, K. W. (2014). Dietitian-observed macronutrient intakes of young skill and team-sport athletes: adequacy of pre, during, and postexercise nutrition. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 24(2), 166-76.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Medicine*, 36(9), 781-796.
- Barrack, M. T., Gibbs, J. C., De Souza, M. J., Williams, N. I., Nichols, J. F., Rauh, M. J., y Nattiv, A. (2014). Higher Incidence of Bone Stress Injuries With Increasing Female Athlete Triad-Related Risk Factors A Prospective Multisite Study of Exercising Girls and Women. *The American Journal of Sports Medicine*, 0363546513520295.
- Bassit, R. A., da Justa Pinheiro, C. H., Vitzel, K. F., Sproesser, A. J., Silveira, L. R., y Curi, R. (2010). Effect of short-term creatine supplementation on markers of

- skeletal muscle damage after strenuous contractile activity. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 945-955.
- Becker, E. W., Jakober, B., Luft, D., y Schmulling, R. M. (1986). Clinical and biochemical evaluations of the alga *Spirulina* with regard to its application in the treatment of obesity. A double-blind cross-over study. *Nutrition Reports International (USA)*, 4(33), 565-574.
- Bel, M. S., Soldevila, J. G., y Llanos, J. O. (2003). Marcadores biológicos de necrosis miocárdica. *Revista Española de Cardiología*, 56(7), 703-720.
- Belay, A., Ota, Y., Miyakawa, K., y Shimamatsu, H. (1993). Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *Journal of Applied Phycology*, 5(2), 235-241.
- Benito, P., J., Calvo, S., C., Gómez, C., y Iglesias, C. (2014). *Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte*. España: Editorial UNED.
- Berg, J. M., Stryer, L., y Tymoczko, J. L. (2007). *Bioquímica* (6ta ed.). Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Bermúdez, L. M. S., Landínez, D. M. R., Sáenz, E. R. S., Carvajal, O. M. S., Sierra, C. A. Á., Parra, J. M. T., ... y Silva, R. D. G. (2011). Efecto del hierro en el crecimiento y acumulación de lípidos en la microalga colombiana *Chlorella Vulgaris* LAUN 0019. *ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería*, 8(1), 15-22.
- Berta, L. M. Á., Zagalaz, J. C., Brahim, M., y Padorno, C. M. (2014). Las áreas funcionales implicadas en el entrenamiento especial competitivo del boxeo. Un estudio de casos. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (26), 71-74.
- Bhattacharyya, S., y Mehta, P. (2012). The hepatoprotective potential of *Spirulina* and vitamin C supplementation in cisplatin toxicity. *Food & Function*, 3(2), 164-169.
- Biriukov, A. A. (2003). *El masaje deportivo* (Vol. 1, 4ta Ed.). Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Bishop, D. J., y Girard, O. (2013). Determinants of team-sport performance: implications for altitude training by team-sport athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 47(Suppl 1), i17-i21.

- Blower, G. (2012). *Boxing: Training, Skills and Techniques*. Crowood. (1ra Ed.).
- Bodden, J. G., Needham, R. A., y Chockalingam, N. (2015). The effect of an intervention program on functional movement screen test scores in mixed martial arts athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 219-225.
- Bohorquez Medina, S. L. (2017). Efecto de la espirulina en el manejo de las alteraciones metabólicas relacionadas a la obesidad: Revisión sistemática (Tesis de Maestría, Universidad San Ignacio de Loyola). Recuperada de <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2711>
- Bompa, T. O. (2003). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento* (2da Ed.). Barcelona, España: Editorial Hispano Europea.
- Bompa, T. O. (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Borresen, J., y Lambert, M. I. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795.
- Braakhuis, A. J., y Hopkins, W. G. (2015). Impact of Dietary Antioxidants on Sport Performance: A Review. *Sports Medicine*, 1-17. doi 10.1007/s40279-015-0323-x
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., y Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British journal of Sports Medicine*, 40(2), 96-97.
- Brancaccio, P., Maffulli, N., Buonauro, R., y Limongelli, F. M. (2008). Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clinics in Sports Medicine*, 27(1), 1-18. doi:10.1016/j.csm.2007.09.005
- Brancaccio, P., Maffulli, N., y Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81(1), 209-230.
- Branco, B. H. M., Lopes-Silva, J. P., da Silva Santos, J. F., Julio, U. F., Panissa, V. L. G., y Franchini, E. (2017). Monitoring training during four weeks of three different modes of high-intensity interval training in judo athletes. *Archives of Budo*, 13, 51-60.

- Bridge, C. A., da Silva Santos, J. F., Chaabene, H., Pieter, W., y Franchini, E. (2014). Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 713-733.
- Brodie, D., Moscrip, V., y Hutcheon, R. (1998). Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. *Nutrition*, 14(3), 296-310.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., y Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S17-S27.
- Burke, L. M., y Cox, G. R. (2009). Nutrition in combat sports. In *Combat Sports Medicine* (pp. 1-20). Springer, London.
- Burkhart, S. J., y Pelly, F. E. (2014). Beyond sports nutrition: the diverse role of dietitians at the Delhi 2010 Commonwealth Games. *Journal Of Human Nutrition & Dietetics*, 27(6), 639-647. doi:10.1111/jhn.12186
- Buśko, K., Staniak, Z., Szark-Eckardt, M., Nikolaidis, P. T., Mazur-Różycka, J., Łach, P., y ... Górski, M. (2016). Measuring the force of punches and kicks among combat sport athletes using a modified punching bag with an embedded accelerometer. *Acta Of Bioengineering & Biomechanics*, 18(1), 47-54. doi:10.5277/ABB-00304-2015-02
- Calderón Montero, F. J., Benito Peinado, P. J., Melendez Ortega, A., y González Gross, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 2(2).
- Calleja-González, J., Leibar Mendarte, X., Erauzkin Barrenetxea, J., Arratibel, I., y Terrados Cepeda, N. (2009). Hipertermia en atletas de élite durante la competición. Importancia de su control para la salud. *Archivos de Medicina del Deporte*, (136), 430-434.
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., y Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1221-1228.
- Candia-Luján, R., y de-Paz-Fernández, J. A. (2014). ¿ Son efectivos los antiinflamatorios no esteroides en el tratamiento del dolor muscular tardío?. *CienciaUAT*, 9(1), 76-83

- Candow, D. G., Chilibeck, P. D., y Forbes, S. C. (2014). Creatine supplementation and aging musculoskeletal health. *Endocrine*, 45(3), 354-361.
- Cardozo, L. A., Cuervo Guzman, Y. A., y Murcia Torres, J. A. (2016). Porcentaje de grasa corporal y prevalencia de sobrepeso-obesidad en estudiantes universitarios de rendimiento deportivo de Bogotá, Colombia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 36(3), 68-75.
- Cardozo, L. A., Vera-Rivera, D. A., Conde-Cabezas, O. A., y Yáñez, C. A. (2017). Aspectos fisiológicos de deportistas elite de taekwondo: una revisión narrativa. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (418), 35-46.
- Carling, C., y Orhant, E. (2010). Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1332-1339.
- Carrasco C. O. R. (2013). *Análisis de los sistemas energéticos (glucolítico-oxidativo) en el rendimiento físico de los jugadores de fútbol en las diferentes posiciones del juego. Propuesta alternativa* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6998>
- Carrera-Quintanar, L., Funes, L., Vicente-Salar, N., Blasco-Lafarga, C., Pons, A., Micol, V., y Roche, E. (2015). Effect of polyphenol supplements on redox status of blood cells: a randomized controlled exercise training trial. *European Journal of Nutrition*, 54(7), 1081-1093.
- Carrero, C., Leal, J., Mavo, L., Parody, A., Granadillo, V., y Fernández, D. (2016). Retinol and serum zinc in school children subject to nutrition supplementation in the Bolivarian School " Catatumbo". Maracaibo, Zulia State. *Revista Científica General José María Córdova*, 14(18), 324-332.
- Casas, A. (2008). Physiology and methodology of intermittent resistance training for acyclic sports. *Journal of Human Sport and Exercise*, 3(1). DOI 10.4100/jhse.2008.31.03
- Castro-Zamora A.A. (2015). Evaluación de la ingestión alimentaria y composición corporal durante el período preparatorio en boxeadores amateur y

- profesionales de Navojoa, Sonora. (Tesis licenciatura, Universidad Estatal de Sonora). Recuperado de biblioteca universitaria.
- Castro-Zamora A.A., et al., (2017). Consumo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) como una alternativa en la nutrición humana. Una Revisión bibliográfica”, *Revista de Investigación Académica Sin Frontera*, 26, 1-8.
- Cejuela, R., Cortell, J. M., Chinchilla, J. J., y Pérez, J. A. (2011). *Nuevas tendencias en entrenamiento deportivo*. España: Editorial Club Universitario.
- Chaabene, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., y Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
- Chaabène, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., Negra, Y., Hammami, M., ... y Hachana, Y. (2015). Amateur boxing: physical and physiological attributes. *Sports Medicine*, 45(3), 337-352.
- Chang, C. K., Chien, K. M. C., Chang, J. H., Huang, M. H., Liang, Y. C., y Liu, T. H. (2015). Branched-chain amino acids and arginine improve performance in two consecutive days of simulated handball games in male and female athletes: a randomized trial. *PloS ONE*, 10(3), e0121866.
- Chávez Pérez-Terán, M., López Rosabal, F., Castro Gutiérrez, Y., Garrote Santana, H., Agramonte Llanes, O. M., Simón Pita, A. M., ... y Lam Díaz, R. M. (2015). Biometría hemática en el control médico del entrenamiento de deportistas cubanos de alto rendimiento. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 31(1), 41-52.
- Cheong, S. H., Kim, M. Y., Sok, D. E., Hwang, S. Y., Kim, J. H., Kim, H. R., ... y Kim, M. R. (2010). Spirulina prevents atherosclerosis by reducing hypercholesterolemia in rabbits fed a high-cholesterol diet. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 56(1), 34-40.
- Chicharro, J. L., y Vaquero, A. F. (2006). *Fisiología del ejercicio/Physiology of Exercise* (3ra ed.). Buenos Aires Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Christensen, P. M., Gunnarsson, T. P., Thomassen, M., Wilkerson, D. P., Nielsen, J. J., y Bangsbo, J. (2015). Unchanged content of oxidative enzymes in fast-

- twitch muscle fibers and $\dot{V}O_2$ kinetics after intensified training in trained cyclists. *Physiological Reports*, 3(7).
- Chu, W. L., Lim, Y. W., Radhakrishnan, A. K., & Lim, P. E. (2010). Protective effect of aqueous extract from *Spirulina platensis* against cell death induced by free radicals. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10(1), 53.
- Clemente, V. J. (2011). Modificaciones de parámetros bioquímicos después de una maratón de montaña. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 27.
- Clénin, G., Cordes, M., Huber, A., Schumacher, Y. O., Noack, P., Scales, J., y Kriemler, S. (2014). Iron deficiency in sports—definition, influence on performance and therapy. *Swiss Medical Weekly*, 145, 14196-14196.
- Close, G. L., Ashton, T., McArdle, A., y Maclaren, D. P. (2005). The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 142(3), 257-266.
- Close, G. L., y Jackson, M. J. (2014). Antioxidants and exercise: a tale of the complexities of relating signalling processes to physiological function?. *The Journal of Physiology*, 592(8), 1721-1722.
- Cocate, P. G., Alfenas, R. G., y Pereira, L. G. (2008). Índice glicémico: resposta metabólica e fisiológica antes, durante e após o exercício. *Revista Mackenzie De Educacao Fisica E Esporte*, 7(2), 109-117.
- Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., y Jimenez, A. (2012). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 33.
- Córdova, A. (2010). Los inmunomoduladores frente a la inflamación y daño muscular originados por el ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 265-270.
- Córdova, A., y Álvarez, M. (2001). Inmunidad en el deporte. *Madrid: Gymnos*, 203.
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212.

- Corral P. J. A., y del Catillo Ó. A. (2010). La valoración del VO₂ máx. y su relación con el riesgo cardiovascular como medio de enseñanza-aprendizaje. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 10(2).
- Corzo, M. V., Cordero, M. A., de Teresa Galván, C., Millán, D. S., León, M. M., Rueda, G. C., y Barrilao, R. G. (2014). Beneficios de la ingesta del *Phlebodium decumanum* sobre el daño muscular al efectuar ejercicio físico intenso en sujetos sedentarios. *Nutrición Hospitalaria*, 29(n06), 1408-1418.
- Coswig, V. S., Neves, A. H. S., y Del Vecchio, F. B. (2013). Efeitos do tempo de prática nos parâmetros bioquímicos, hormonais e hematológicos de praticantes de jiu-jitsu brasileiro. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1), 17-23.
- Coutts, A. J., Wallace, L. K., y Slattery, K. M. (2007). Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(02), 125-134.
- Crisafulli, A., Vitelli, S., Cappai, I., Milia, R., Tocco, F., Melis, F., y Concu, A. (2009). Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(2), 143-150.
- Crowe, M. J., Leicht, A. S., y Spinks, W. L. (2006). Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(5), 528-544.
- Cruz, J. R. A., Armesilla, M. D. C., y de Lucas, A. H. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de Medicina del Deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 26(131), 166-179.
- Cummings, S. R., Bates, D., y Black, D. M. (2002). Clinical use of bone densitometry: scientific review. *Jama*, 288(15), 1889-1897.

- Cunningham, J. J. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 33(11), 2372-2374.
- da Silva, E. P., Nachbar, R. T., Levada-Pires, A. C., Hirabara, S. M., y Lambertucci, R. H. (2016). Omega-3 fatty acids differentially modulate enzymatic antioxidant systems in skeletal muscle cells. *Cell Stress and Chaperones*, 21(1), 87-95.
- Dal Bosco, A., Gerencsér, Z., Szendrő, Z., Mugnai, C., Cullere, M., Kovács, M., ... y Dalle Zotte, A. (2014). Effect of dietary supplementation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display. *Meat Science*, 96(1), 114-119.
- De Créé, C. (2017). Effects of rapid reduction of body mass on performance indices and proneness to injury in jūdōka. A critical appraisal from a historical, gender-comparative and coaching perspective. *Open Access Journal of Exercise and Sports Medicine*, 1(1), 1-33.
- De Kick, N. D. L. P. (2007). Nutrición y composición corporal. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(121): 390-400.
- de la Fuente, F. P. (2009). Efectos del exply sobre el rendimiento deportivo y los riesgos del entrenamiento físico de larga duración. *Apuntes. Educación Física y Deportes*, 4(98), 98-98.
- de Lira, C. A. B., Peixinho-Pena, L. F., Vancini, R. L., Fachina, R. J. D. F. G., de Almeida, A. A., dos Santos Andrade, M., y da Silva, A. C. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4, 175.
- De Oliveira, M. A. C. L., Monteiro, M. P. C., Robbs, P. G., y Leite, S. G. F. (1999). Growth and chemical composition of Spirulina maxima and Spirulina platensis biomass at different temperatures. *Aquaculture international*, 7(4), 261-275.
- Del Vecchio, F. B., Coswig, V. S., y Neves, A. H. S. (2012). Modalidades esportivas de combate de domínio: respostas bioquímicas, hematológicas e

- hormonais. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 11(4), 246-253.
- Demirhan, B., Yaman, M., Cengiz, A., Saritas, N., y Günay, M. (2015). Comparison of Ice Massage versus Cold-Water Immersion on Muscle Damage and DOMS Levels of Elite Wrestlers. *Anthropologist*, 19(1), 123-129.
- Deng, R., y Chow, T. J. (2010). Hypolipidemic, antioxidant, and antiinflammatory activities of microalgae Spirulina. *Cardiovascular Therapeutics*, 28(4), 33-45.
- Derave, W., y Tipton, K. D. (2014). Dietary supplements for aquatic sports. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24, 437-449 <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0017>
- Díaz Molina, V., Díaz Martínez, E., Peinado, A. B., Benito, P. J., Calderón, F. J., y Sampedro, J. (2010). Control biológico del sobreentrenamiento en un mesociclo precompetitivo en triatletas de élite: un estudio piloto. *Archivos de Medicina del Deporte*, (135), 31-40.
- Dillon, J. C. (2014). Utilization of spirulina in children, chapter 3 in book "The young child nutrition and malnutrition". Antenna Technologies- Geneva, Switzerland.
- Domínguez, R., Garnacho-Castaño, M. V., y Maté-Muñoz, J. L. (2015). Metodología de determinación de la transición aeróbica-anaeróbica en la evaluación funcional. *Archivos de Medicina de Deporte*, 395-401.
- Drago Serrano, M. E., López López, M., y Sainz Espuñes, T. D. R. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4).
- Duarte, C. R. A., Bratti, F. C., Murakami, A. E., Fernandes, J. I. M., Ospina-Rojas, I. C., y Furlan, A. C. (2014). Efecto de la suplementación de vitamina K3 sobre el comportamiento productivo y calidad ósea de pollos de engorde. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(2), 305-313.
- Duarte, V. X., y Giménez-Sánchez, J. (2015). Estrategias de suplementación y función gastrointestinal en atletas de resistencia. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(3), 167-174.

- Duthie, G. M., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Livingstone, S., y Hooper, S. L. (2006). Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying changes in lean mass. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 202-207.
- El-Sheekh, M. M., Hamad, S. M., y Gomaa, M. (2014). Protective effects of Spirulina on the liver function and hyperlipidemia of rats and human. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57(1), 77-86.
- Ender, C., Krek, A., Friedländer, M. R., Beitzinger, M., Weinmann, L., Chen, W., ... y Meister, G. (2008). A human snoRNA with microRNA-like functions. *Molecular Cell*, 32(4), 519-528. doi:10.1016/j.molcel.2008.10.017
- Eskici, G., Gunay, M., Baltaci, A. K., y Mogulkoc, R. (2016). The effect of zinc supplementation on the urinary excretion of elements in female athletes. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29(1). 125-129.
- Europa, E. C., Valdivia, V. B., Sánchez, R. R., Manzo, P. T., Colín, M. F., García, A. H., y Butrón, R. O. (2012). Uso terapéutico de algunos microorganismos, microalgas, algas y hongos. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 43, 4.
- Fallon, K. E. (2008). The clinical utility of screening of biochemical parameters in elite athletes: analysis of 100 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 42(5), 334-337.
- Falquet, J., y Hurni, J. P. (1997). The nutritional aspects of Spirulina. Antenna Foundation. Available online at: [https://www. Antenna. ch/wp-content/uploads/2017/03/AspectNut_UK. pdf](https://www.antenna.ch/wp-content/uploads/2017/03/AspectNut_UK.pdf) (Accessed July 25, 2017).
- Ferguson-Stegall, L., McCleave, E. L., Ding, Z., Kammer, L. M., Wang, B., Doerner, P. G., ... y Ivy, J. L. (2010). The effect of a low carbohydrate beverage with added protein on cycling endurance performance in trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2577-2586.
- Ferrari, M. A. (2013). Estimación de la Ingesta por Recordatorio de 24 Horas. *Diaeta (B. Aires)*, 31(143), 20-25.
- Ferreira-Hermosillo, A., Torres-Duran, P. V., y Juarez-Oropeza, M. A. (2010). Hepatoprotective effects of Spirulina maxima in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a case series. *Journal of Medical Case Reports*, 4(1), 103.

- Flann, K. L., LaStayo, P. C., McClain, D. A., Hazel, M., y Lindstedt, S. L. (2011). Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain?. *Journal of Experimental Biology*, 214(4), 674-679.
- Franca, G. A. M., Grisi, L. M., y Silva, A. S. (2012). Efeito agudo do consumo da spirulina máxima no dano muscular induzido por exercício em atletas corredores de endurance. *RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 2(7).
- Franchini, E., Artioli, G. G., y Brito, C. J. (2013). Judo combat: time-motion analysis and physiology. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 624-641.
- Franchini, E., Brito, C. J., y Artioli, G. G. (2012). Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 52.
- Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. A., y Artioli, G. G. (2011). Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 147-166.
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2015.
- Gal, B., López-Gallardo, M., Martín, A. I., y Montalvo, J. P. (2001). Bases de fisiología (2da. Edición). Ed. Tebar. España.
- Gallego, J. G., Collado, P. S., y Verdú, J. M. (2006). *Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje*. España: Editorial Ediciones Díaz de Santos.
- Gamboa, J. D. (2009). *Método para fraccionar indirectamente el peso corporal en dos componentes* (Doctoral dissertation, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria). Recuperada en <http://hdl.handle.net/10553/3466>
- Gammone, M. A., Gemello, E., Riccioni, G., y D'Orazio, N. (2014). Marine bioactives and potential application in sports. *Marine Drugs*, 12(5), 2357-2382.
- García Verazaluce, J. J., Vargas Corzo, M. D. C., Aguilar Cordero, M. J., Ocaña Peinado, F., Sarmiento Ramírez, Á., y Guisado Barrilao, R. (2015). Efecto del *Phlebodium decumanum* y de la coenzima q10 sobre el rendimiento deportivo en jugadores profesionales de voleibol. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1).

- García, G. C., y Secchi, J. D. (2013). Relación de las velocidades finales alcanzadas entre el Course Navette de 20 metros y el cuestionario de VAM-EVAL. Una propuesta para predecir la velocidad aeróbica máxima. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 48(177), 27-34.
- García, G. C., y Secchi, J. D. (2014). Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 49(183), 93-103.
- García, M., Martínez-Moreno, J. M., Reyes-Ortiz, A., Moreno-Arrones, L. S., García A, A., y Garcíacaballero, M. (2014). Changes in body composition of high competition rugby players during the phases of a regular season; influence of diet and exercise load. *Nutricion Hospitalaria*, 29(4).
- García, N., Zapata, D., Sáez, C., Yáñez, R., y Peñailillo, L. (2015). Valoración de la masa grasa en futbolistas jóvenes de alto rendimiento: comparación de métodos antropométricos con absorciometría dual de rayos X (DEXA). *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (168), 208-214.
- García, O. G., Carral, J. M. C., Núñez, E. O., & Torrado, R. M. (2009). ¿ Es compatible el máximo rendimiento deportivo con la consecución y mantenimiento de un estado saludable del deportista?(Is compatible the maximum sports performance of the athlete with the attainment and maintenance of a healthy condition?). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 5(14), 19-31.
- García-Campanario, I. (2012). Mejora de las Defensas Antioxidantes en Atletas Varones de Alto Rendimiento con Retraso Mental. (Tesis doctoral, Universidad de Cádiz). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10498/14653>
- García-Roves, P. M., Terrados, N., Fernández, S. F., y Patterson, A. M. (1998). Macronutrients intake of top level cyclists during continuous competition-change in the feeding pattern. *International Journal of Sports Medicine*, 19(01), 61-67.

- Garrido, C. C., Gómez-Urquiza, J. L., la Fuente, G. C., y Fernández-Castillo, R. (2015). Uso, efectos y conocimientos de los suplementos nutricionales para el deporte en estudiantes universitarios. *Nutrición Hospitalaria*, 32(2), 837-844. doi:10.3305/nh.2015.32.2.8057
- Garrido, N., Marinho, D. A., Reis, V. M., van den Tillaar, R., Costa, A. M., Silva, A. J., y Marques, M. C. (2010). Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 300-310.
- Gauze-Gnagne, C., Lohoues, E., Monde, A., Djinhi, J., Camara, C., y Sess, E. (2015). Evaluation of the anti-oxidant effect of Spirulina on marathon runners in Cote d'Ivoire. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(5), 1-6.
- Ge, Y., Wu, A. L., Warnes, C., Liu, J., Zhang, C., Kawasome, H., ... y Chen, J. (2009). mTOR regulates skeletal muscle regeneration in vivo through kinase-dependent and kinase-independent mechanisms. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 297(6), C1434-C1444.
- Gennaro, A. R. (2003). Remington farmacia (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana.
- Gerritor, S., WenYen, J., y Basiotis, P., (2006). An easy approach to calculating estimated energy requirements. *Preventing Chronic Disease*, 3(4).
- Ghiani, G., Marongiu, E., Melis, F., Angioni, G., Sanna, I., Loi, A., ... y Tocco, F. (2015). Body composition changes affect energy cost of running during 12 months of specific diet and training in amateur athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(9), 938-944.
- Ghosh, A. K. (2010). Heart rate, oxygen consumption and blood lactate responses during specific training in amateur boxing. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 22(1), 1-12.
- Ghosh, A. K., Rahaman, A. A., y Singh, R. (2010). Combination of sago and soy-protein supplementation during endurance cycling exercise and subsequent high-intensity endurance capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(3), 216-23.

- Giampietro, M., Pujia, A., y Bertini, I. (2003). Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. *Acta Diabetologica*, 40(1), s145-s148.
- Giovani, D., y Nikolaidis, P. T. (2012). Differences in force-velocity characteristics of upper and lower limbs of non-competitive male boxers. *International Journal of Exercise Science*, 5(2), 3.
- Gleeson, M. (2002). Biochemical and immunological markers of over-training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 1(2), 31.
- Göksan, T., Zekeriyaoğlu, A., y Ak, İ. (2007). The growth of *Spirulina platensis* in different culture systems under greenhouse condition. *Turkish Journal of Biology*, 31(1), 47-52.
- González-Gross, M., Gutiérrez, A., Mesa, J. L., Ruiz-Ruiz, J., y Castillo, M. J. (2001). La nutrición en la práctica deportiva: Adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta del deportista. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(4), 321-331.
- González-Haro, C., Galilea, P. A., González-de-Suso, J. M., Drobnic, F., y Escanero, J. F. (2007). Maximal lipidic power in high competitive level triathletes and cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 41(1), 23-28.
- Gouveia, L., Marques, A. E., Sousa, J. M., Moura, P., y Bandarra, N. M. (2010). Microalgae—source of natural bioactive molecules as functional ingredients. *Food Science & Technology Bulletin: Functional Foods*, 7(2), 21.
- Grijota, F. J., Barrientos Vicho, G., Casado Dorado, A., Muñoz Marín, D., Robles Gil, M. C., y Maynar Mariño, M. (2016). Análisis nutricional en atletas de fondo y medio fondo durante una temporada deportiva. *Nutrición Hospitalaria*, 33(5), 1136-1141.
- Gunzer, W., Konrad, M., y Pail, E. (2012). Exercise-induced immunodepression in endurance athletes and nutritional intervention with carbohydrate, protein and fat—what is possible, what is not?. *Nutrients*, 4(9), 1187-1212.
- Guo, J., Zhang, X., Wang, L., Guo, Y., y Xie, M. (2013). Prevalence of metabolic syndrome and its components among Chinese professional athletes of strength sports with different body weight categories. *PloS one*, 8(11), e79758.

- Gustafsson, H., Holmberg, H. C., y Hassmen, P. (2008). An elite endurance athlete's recovery from underperformance aided by a multidisciplinary sport science support team. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 267-276.
- Gutiérrez-Rebolledo, G. A., Galar-Martínez, M., García-Rodríguez, R. V., Chamorro-Cevallos, G. A., Hernández-Reyes, A. G., y Martínez-Galero, E. (2015). Antioxidant effect of Spirulina (Arthrospira) maxima on chronic inflammation induced by Freund's complete adjuvant in rats. *Journal of Medicinal Food*, 18(8), 865-871.
- Gutiérrez-Salmeán, G., Fabila-Castillo, L., y Chamorro-Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira). *Nutricion Hospitalaria*, 32(1), 34-40. doi:10.3305/nh.2015.32.1.9001
- Gutnik, B., Zuoza, A., Zuozienė, I., Alekrinskis, A., Nash, D., y Scherbina, S. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations. *Medicina*, 51(4), 247-252, 2015.
- Haglund, Y., y Eriksson, E. (1993). Does amateur boxing lead to chronic brain damage? A review of some recent investigations. *The American journal of sports medicine*, 21(1), 97-109.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.
- Hammouda, O., Chtourou, H., Chahed, H., Ferchichi, S., Chaouachi, A., Kallel, C.... Souissi, N. (2012). High intensity exercise affects diurnal variation of some biological markers in trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 33(11), 886.
- Harris, R. C., Söderlund, K., y Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83(3), 367-374.
- Harris, R. C., Tallon, M. J., Dunnett, M., Boobis, L., Coakley, J., Kim, H. J., ... y Wise, J. A. (2006). The absorption of orally supplied β -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*, 30(3), 279-289.

- Harrison, F. E., y May, J. M. (2009). Vitamin C function in the brain: vital role of the ascorbate transporter SVCT2. *Free Radical Biology and Medicine*, 46(6), 719-730.
- Hartmann, U., y Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 209-215.
- Helms, E. R., Zinn, C., Rowlands, D. S., y Brown, S. R. (2013). A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24, 127-38.
- Hernández, A. G. D. (2010). Tratado de nutrición/Nutrition Treatise: Nutrición humana en el estado de salud. *Human Nutrition in Health Status*. Ed. Médica Panamericana.
- Hernández, Fernández, y Baptista, (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana de México.
- Hernández, G. R., y Torres, L. G. (2011). Preparación física integrada en deportes de combate. *Revista de Ciencias del Deporte*, 7 (Suppl.), 31-38.
- Hernández, Y. H., y García, J. M. (2012). Efectos de un entrenamiento específico de potencia aplicado a futbolistas juveniles para la mejora de la velocidad lineal. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 28.
- Hernández-Lepe, M. A., Wall-Medrano, A., Juárez-Oropeza, M. A., Ramos-Jiménez, A., y Hernández-Torres, R. P. (2015). Spirulina y su efecto hipolipemiente y antioxidante en humanos: una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 32(2).
- Herrera, R. D., Ordoñez, F. M., y Oliver, A. J. S. (2017). *Nutrición Deportiva Aplicada: Guía para Optimizar el Rendimiento*. ICB Editores.
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana.
- Heyward, V. H. (2012). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*. Editorial Médica Panamericana. Pp. 57
- Hoffman, J. (2014). *Physiological aspects of sport training and performance*. Human Kinetics.

- Hoffman, J. R., y Maresh, C. M. (2011). Nutrition and hydration issues for combat sport athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 10-17.
- Holdt, S. L., y Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 543-597.
- Holland, A. M., Hyatt, H. W., Smuder, A. J., Sollanek, K. J., Morton, A. B., Roberts, M. D., y Kavazis, A. N. (2015). Influence of endurance exercise training on antioxidant enzymes, tight junction proteins, and inflammatory markers in the rat ileum. *BMC Research Notes*, 8(1), 514.
- Holway, F. E., y Spriet, L. L. (2011). Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *Journal of Sports Sciences*, 29S115-S125. doi:10.1080/02640414.2011.605459
- Homayounfar, R., Ehrampoush, E., Cheraghpour, M., Ghaemi, A. R., Atefi, M., Zand, H., y Davoodi, H. (2013). Nutritional ergogenic aids for weight loss and performance enhancement; from myth to document. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(5), Pe855-Pe874.
- Horton, T. J., y Geissler, C. A. (1994). Effect of habitual exercise on daily energy expenditure and metabolic rate during standardized activity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(1), 13-19.
- Hoseini, SM, Khosravi-Darani, K., y Mozafari, MR (2013). Aplicaciones médicas y nutricionales de las microalgas espirulina. *Mini Comentarios en Química Médica*, 13 (8), 1231-1237.
- Hübner-Woźniak, E., Kosmol, A., y Błachnio, D. (2011). Anaerobic capacity of upper and lower limbs muscles in combat sports contestants. *Age (years)*, 24(3.9), 22-8.
- Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., y Stout, J. R. (2010). Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutrition & Metabolism*, 7(1), 1.
- Hwang, J. H., Lee, I. T., Jeng, K. C., Wang, M. F., Hou, R. C. W., Wu, S. M., y Chan, Y. C. (2011). Spirulina prevents memory dysfunction, reduces oxidative stress damage and augments antioxidant activity in senescence-accelerated mice. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 57(2), 186-191.

- Imaz, I. A. (2015). Control del entrenamiento y fisiología del ejercicio. La controversia del umbral anaeróbico. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (169), 273-274.
- Infante, J. R., Reyes, C., Ramos, M., Rayo, J. I., Lorente, R., Serrano, J., ... y Sánchez, R. (2013). Utilidad de la densitometría como método de valoración del estado nutricional del deportista. Comparación con el índice de masa corporal. *Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular*, 32(5), 281-285.
- Ismail, M. F., Ali, D. A., Fernando, A., Abdraboh, M. E., Gaur, R. L., Ibrahim, W. M., ... y Ouhtit, A. (2009). Chemoprevention of rat liver toxicity and carcinogenesis by Spirulina. *International Journal of Biological Sciences*, 5(4), 377.
- Issurin, V. B. (2016). Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: a review. *Sports Medicine*, 46(3), 329-338.
- Ivy, J., y Portman, R. (2012). Programación Nutricional Deportiva (1st ed.). Barcelona: Paidotribo.
- Järvinen, R., Tuppurainen, M., Erkkilä, A. T., Penttinen, P., Kärkkäinen, M., Salovaara, K., ... y Kröger, H. (2012). Associations of dietary polyunsaturated fatty acids with bone mineral density in elderly women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(4): 496-503.
- Jeukendrup, A. (2014). A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*, 44(1), 25-33.
- Jódar Montoro, R. (2003). Revisión de artículos sobre la validez de la prueba de Course navette para determinar de manera indirecta el VO₂ max. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3 (11) pp. 173-181.
- Johnson Joy, V. (2011). *Positioning Functional Foods for Sports Performance-A Case Study: A food producer's communication with external stakeholder groups*. (Tesis de maestría, Universidad de Waikato). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10289/5608>.

- Johnston, R. D., Gabbett, T. J., y Jenkins, D. G. (2013). Influence of an intensified competition on fatigue and match performance in junior rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(5), 460-465.
- Jones, M. R., West, D. J., Harrington, B. J., Cook, C. J., Bracken, R. M., Shearer, D. A., y Kilduff, L. P. (2014). Match play performance characteristics that predict post-match creatine kinase responses in professional rugby union players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 6(1), 1.
- Joy, J. M., Lowery, R. P., Wilson, J. M., Purpura, M., De Souza, E. O., Wilson, S. C., y ... Jäger, R. (2013). The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutrition Journal*, 12(1), 1-7. doi:10.1186/1475-2891-12-86
- Judelson, D. A., Maresh, C. M., Farrell, M. J., Yamamoto, L. M., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., ... y Anderson, J. M. (2007). Effect of hydration state on strength, power, and resistance exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1817-1824.
- Kalafati, M., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Paschalis, V., Theodorou, A. A., Sakellariou, G. K., ... y Kouretas, D. (2010). Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 142-51.
- Kalpana, K., Kusuma, D. L., Lal, P. R., y Khanna, G. L. (2012). Effect of Spirulina on Antioxidant Status and Exercise-Induced Oxidative Stress of Indian Athletes in Comparison to a Commercial Antioxidant. *Asian Journal of Exercise & Sports Science*, 9(2).
- Kanda, K., Sugama, K., Sakuma, J., Kawakami, Y., y Suzuki, K. (2014). Evaluation of serum leaking enzymes and investigation into new biomarkers for exercise-induced muscle damage. *Exerc Immunology Review*, 20, 39-54.
- Kanter, M. M., y Williams, M. H. (1995). Antioxidants, carnitine, and choline as putative ergogenic aids. *International Journal of Sport Nutrition*, 5(s1), S120-S131.
- Karkos, P. D., Leong, S. C., Karkos, C. D., Sivaji, N., y Assimakopoulos, D. A. (2011). Spirulina in clinical practice: evidence-based human applications. *Evidence-*

Based Complementary and Alternative Medicine, 2011.
doi:10.1093/ecam/nen058

- Kataoka, N., y Misaki, A. (1983). Glycolipids isolated from *Spirulina maxima*: structure and fatty acid composition. *Agricultural and Biological Chemistry*, 47(10), 2349-2355.
- Katsuura, S., Imamura, T., Bando, N., y Yamanishi, R. (2009). β -Carotene and β -cryptoxanthin but not lutein evoke redox and immune changes in RAW264 murine macrophages. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(11), 1396-1405.
- Kay, R. A., y Barton, L. L. (1991). Microalgae as food and supplement. *Critical reviews in food science & nutrition*, 30(6), 555-573.
- Kaynar, Ö., Öztürk, N., Kıyıcı, F., Baygutalp, N. K., y Bakan, E. (2016). The Effects of Short-Term Intensive Exercise on Levels of Liver Enzymes and Serum Lipids in Kick Boxing Athletes. *Dicle Tıp Dergisi*, 43(1).
- Kelkar, G., Subhadra, K., y Chengappa, R. K. (2008). Effect of antioxidant supplementation on hematological parameters, oxidative stress and performance of Indian athletes. *Journal of Human Ecology*, 24(3), 209-213.
- Kendall, K. L., Moon, J. R., Fairman, C. M., Spradley, B. D., Tai, C. Y., Falcone, P. H., ... y Serrano, E. R. (2014). Ingesting a preworkout supplement containing caffeine, creatine, β -alanine, amino acids, and B vitamins for 28 days is both safe and efficacious in recreationally active men. *Nutrition Research*, 34(5), 442-449.
- Kenney, W. L., Wilmore, J., y Costill, D. (2014). *Physiology of Sport and Exercise--Spanish*. Human Kinetics.
- Khan, Z., Bhadouria, P., y Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(5), 373-379.
- Khan, Z., Bhadouria, P., y Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(5), 373-379.
- Kiprych, S. V., Donets, A. V., y Makhdi, O. A. (2013). Improvement of management by training process of boxers at a stage of direct preparation for competitions. *Physical Education of Students*, (6), 20-24.

- Knapik, J. J., Steelman, R. A., Hoedebecke, S. S., Austin, K. G., Farina, E. K., y Lieberman, H. R. (2016). Prevalence of dietary supplement use by athletes: Systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(1), 103-123.
- Knuiman, P., Hopman, M. T., y Mensink, M. (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutrition & Metabolism*, 12(1), 1.
- Koch, A. J., Pereira, R., y Machado, M. (2014). The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 14(1), 68-77.
- Kormanovski, A., Molotla, E., Licea, J., Eleazar, L. P., y Chávez, B. Z. (2006). Relación de lesiones musculares y niveles de creatincinasa en jugadores de fútbol americano en México. *Acta Ortopédica Mexicana*, 20(2), 59-63.
- Koru, E. (2012). Earth food Spirulina (Arthrospira): production and quality standarts. In *Food Additive*. InTech. 191-202.
- Kreider, R. B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A. L., Collins, R., ... y Antonio, J. (2010). ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(7), 1-43.
- Kweitel, S. (2007). IMC: herramienta poco útil para determinar el peso ideal de un deportista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 7(28).
- Labra, Á. A. G., Muñoz, F. J. R., Retamal, M. C., y Bustamante, R. A. V. (2014). Perfil somatotípico y composición corporal de basquetbolistas escolares chilenas de 13 a 15 años medallistas en fase regional a los Juegos Escolares 2011. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 15(1).
- Lafay, S., Jan, C., Nardon, K., Lemaire, B., Ibarra, A., Roller, M., y ... Cara, L. (2009). Grape extract improves antioxidant status and physical performance in elite male athletes. *Journal Of Sports Science & Medicine*, 8(3), 468-480.
- Leduy, A., y Therien, N. (1979). Cultivation of Spirulina maxima in an annular photochemical reactor. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 57(4), 489-495.

- Lee, N. (2017). A Review of Magnesium, Iron, and Zinc Supplementation Effects on Athletic Performance. *The Korean Journal of Physical Education*, 56(1), 797-806.
- León, H. B., Viramontes, J. A., y Veitía, W. C. (2009). Estimación antropológica de la forma corporal de atletas elites cubanos de deportes olímpicos de combate. *Antropol*, 19:23-32.
- Liang, S., Liu, X., Chen, F., & Chen, Z. (2004). Current microalgal health food R & D activities in China. In *Asian Pacific Phycology in the 21st Century: Prospects and Challenges* (pp. 45-48). Springer Netherlands.
- Ling, H., Hardy, J., y Zetterberg, H. (2015). Neurological consequences of traumatic brain injuries in sports. *Molecular and Cellular Neuroscience*, 66, 114-122.
- Løbner, M., Walsted, A., Larsen, R., Bendtzen, K., y Nielsen, C. H. (2008). Enhancement of human adaptive immune responses by administration of a high-molecular-weight polysaccharide extract from the cyanobacterium *Arthrospira platensis*. *Journal of Medicinal Food*, 11(2), 313-322.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., y Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118.
- Lock, E. A., & Bonventre, J. V. (2008). Biomarkers in translation; past, present and future. *Toxicology*, 245(3), 163-166.
- López, R., Hernández, G., Rangel, B., Walle, J. M. L., y Ramos, I. (2014). Perfil antropométrico de dos equipos universitarios de balonmano femenino. In *Ciencias Naturales y Exactas Handbook T-II: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos* (pp. 234-240). ECORFAN.
- López-Fontana, C. M., Martínez-González, M. A., y Martínez, J. A. (2003). Obesidad, metabolismo energético y medida de la actividad física. *Revista Española de Obesidad*, 1(1), 29-36.
- Losada, G. (2008). El salto de niñas y niños en edad escolar: Aportes para una reflexión. *La aljaba*, 12, 197-214.
- Loturco, I., Nakamura, F. Y., Tricoli, V., Koba, R., Cal Abad, C. C., Kitamura, K., y ... González-Badillo, J. J. (2015). Determining the Optimum Power Load in Jump

- Squat Using the Mean Propulsive Velocity. *Plos ONE*, 10(10), 1-12. doi:10.1371/journal.pone.0140102
- Lu, H. K., Hsieh, C. C., Hsu, J. J., Yang, Y. K., y Chou, H. N. (2006). Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 220-226.
- Lun, V., Erdman, K. A., y Reimer, R. A. (2009). Evaluation of nutritional intake in Canadian high-performance athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 19(5), 405-411.
- MacDougall, J. D., Wenger, H. A., y Green, H. J. (2005). *Evaluación fisiológica del deportista* (3ra ed.). España: editorial Paidotribo.
- MacMillan, N. (2002). Utilidad del índice glicémico en nutrición deportiva. *Revista Chilena de Nutrición*, 29(2), 92-97.
- Manconia, M., Pendás, J., Ledón, N., Moreira, T., Sinico, C., Saso, L., y Fadda, A. M. (2009). Phycocyanin liposomes for topical anti-inflammatory activity: in-vitro in-vivo studies. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 61(4), 423-430.
- Manore, M. M., Thompson, J., y Russo, M. (1993). Diet and exercise strategies of a world-class bodybuilder. *International Journal of Sport Nutrition*, 3(1), 76-86.
- Manso, J. M. G. (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (153), 43-51.
- Manso, J. M. G., Caballero, J. A. R., y Navarro, M. (1996). *Planificación del entrenamiento deportivo*. Gymnos.
- Manspeaker, S., Kelley, H., y Riddle, D. (2014). Treatment of exertional rhabdomyolysis among athletes: a systematic review protocol. *The JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports*, 12(3), 113-120.
- Marin, D. P., Bolin, A. P., Campoio, T. R., Guerra, B. A., y Otton, R. (2013). Oxidative stress and antioxidant status response of handball athletes: implications for sport training monitoring. *International Immunopharmacology*, 17(2), 462-470.

- Marinho, B. F., Del Vecchio, F. B., y Franchini, E. (2011). Condición física y perfil antropométrico de atletas de artes marciales mixtas. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 6(2), 7-18.
- Marins, J. C. B., Marins, N. M. O., y Fernández, M. D. (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251-258.
- Marqués Jiménez, D., Calleja González, J., Arratibel, I., y Terrados, N. (2016). Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte*, 404-412.
- Martin, D. E. H., García-Manso, J. M., Godoy, E. S. D., Sposito-Araujo, C. A., y Gomes, A. C. (2010). Aplicabilidad de los modelos de periodización del entrenamiento deportivo. Una revisión sistemática. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(20).
- Martin, D., Carl, K., y Lehnertz, K. (2007). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). España: Editorial Paidotribo.
- Martin, D., y Nicolaus, J. (2004). *Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Martín, M. G., y Molina, A. Z. (2010). Transaminasas: Valoración y significación clínica. *Protocolos diagnóstico-terapéuticos de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica SEGHP-AEP*, 267-275.
- Martinez, J. I., Dipierri, J. E., Bejarano, I., Quispe, Y., y Alfaro, E. (2018). Variación de la masa corporal grasa por antropometría y bioimpedancia en escolares jujeños. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 20(1), 1-8.
- Martínez-Abellán, A., Morán-Navarro, R., López-Gullón, J. M., Pallarés, J. G., Cruz-Sánchez, E. D. L., y Ortín, F. (2015). Efecto de la bajada de peso y la competición sobre el perfil de estado de ánimo en deportes de combate. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(3), 99-104.
- Martínez-Sanz, J. M., Urdampilleta, O. A., y Mielgo-Ayuso, J. (2013). Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 30. 37-52.

- Martinovic, J., Dopsaj, V., Kotur-Stevuljevic, J., Dopsaj, M., Vujovic, A., Stefanovic, A., y Nešić, G. (2011). Oxidative stress biomarker monitoring in elite women volleyball athletes during a 6-week training period. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1360-1367.
- Martinsen, M., y Sundgot-Borgen, J. (2013). Higher prevalence of eating disorders among adolescent elite athletes than controls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(6), 1188-97. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318281a939
- Martsiv, V. P. (2015). Model characteristics of average skill boxers' competition functioning. *Physical education of students*, 4, 17-23.
- Masià, J. R., Deltell, C. J., Fonseca, T., y Eroles, E. N. (2012). Análisis de la planificación del entrenamiento en los deportes de equipo. *Movimiento Humano*, (3), 79-98.
- Mata-Ordoñez, F.; Sanchez-Oliver, A.; Domínguez, R. (2018). Importancia de la nutrición en las estrategias de pérdida de peso en deportes de combate. *Journal of Sport and Health Research*. 10(1): 1-12.
- Matveev, L. P. (1991). El entrenamiento y su organización: algunas consideraciones sobre las leyes y los principios de la organización del tratamiento deportivo. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 5(1), 17-23.
- Matveev, L. P. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo*. España: Editorial Paidotribo.
- Maughan, R. J., Greenhaff, P. L., y Hespel, P. (2011). Dietary supplements for athletes: Emerging trends and recurring themes. *Journal of Sports Sciences*, 29S57-S66. doi:10.1080/02640414.2011.587446
- Maughan, R. J., King, D. S., y Lea, T. (2004). Dietary Supplements. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 95-113. doi:10.1080/0264041031000140581
- Mazokopakis, E. E., Starakis, I. K., Papadomanolaki, M. G., Mavroeidi, N. G., y Ganotakis, E. S. (2014). The hypolipidaemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population: a prospective study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 432-437.

- McGinley, C., Shafat, A., y Donnelly, A. E. (2009). Does antioxidant vitamin supplementation protect against muscle damage?. *Sports Medicine*, 39(12), 1011-1032.
- McLellan, T. M., Pasiakos, S. M., y Lieberman, H. R. (2014). Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 44(4), 535-550.
- Meetei, A. B., y Singh, M. M. (2017). Anthropometric and Physical Fitness Ability Profile of Elite and Non-Elite Boxers of Manipur. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(8).
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... y Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1-24.
- Melvin, H. W. (2002). *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte*. 1ra ed. Editorial Paidotribo, España.
- Mendiola, J. A., Jaime, L., Santoyo, S., Reglero, G., Cifuentes, A., Ibanez, E., y Senorans, F. J. (2007). Screening of functional compounds in supercritical fluid extracts from *Spirulina platensis*. *Food Chemistry*, 102(4), 1357-1367.
- Mettler, S., Mitchell, N., y Tipton, K. D. (2010). Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine y Science in Sports & Exercise*, 42(2), 326-337.
- Meyer, N. L., Sundgot-Borgen, J., Lohman, T. G., Ackland, T. R., Stewart, A. D., Maughan, R. J., ... y Müller, W. (2013). Body composition for health and performance: a survey of body composition assessment practice carried out by the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance under the auspices of the IOC Medical Commission. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2013.

- Mickleborough, T. D. (2013). Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(1), 83-96.
- Miczke, A., Szulińska, M., Hansdorfer-Korzon, R., Kręgielska-Narożna, M., Suliburska, J., Walkowiak, J., y Bogdański, P. (2016). Effects of spirulina consumption on body weight, blood pressure, and endothelial function in overweight hypertensive Caucasians: a double blind, placebo-controlled, randomized trial. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 20(1), 150-156.
- Mielgo-Ayuso, J., Maroto-Sánchez, B., Luzardo-Socorro, R., Palacios, G., Palacios Gil-Antuñano, N., y González-Gross, M. (2015). Evaluation of nutritional status and energy expenditure in athletes. *Nutrición Hospitalaria*, 31(Suppl 3), 227-236.
- Mielgo-Ayuso, J., Maroto-Sánchez, B., Luzardo-Socorro, R., Palacios, G., Palacios, N., y González-Gross, M. (2015). Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21(supl. 1), 225-234.
- Mielgo-Ayuso, J., Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., y Seco, J. (2012). Ingesta dietética de hierro y su deficiencia en las jugadoras de voleibol femenino de élite. (Spanish). *Nutricion Hospitalaria*, 27(5), 1592-1597. doi:10.3305/nh.2012.27.5.5948
- Milasius, K., Malickaite, R., y Dadeliene, R. (2009). Effect of Spirulina food supplement on blood morphological parameters, biochemical composition and on the immune function of sportsmen. *Biology of Sport*, 26(2), 157.
- Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., ... y Cepeda, A. (2015). Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. *Nutrients*, 7(1), 706-729.
- Mohan, I. K., Khan, M., Shobha, J. C., Naidu, M. U. R., Prayag, A., Kuppusamy, P., y Kutala, V. K. (2006). Protection against cisplatin-induced nephrotoxicity by Spirulina in rats. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 58(6), 802.

- Molinero, O., y Márquez, S. (2009). Use of nutritional supplements in sports: risks, knowledge, and behavioural-related factors. *Nutricion Hospitalaria*, 24(2), 128-134.
- Montero, F. J. C., Peinado, P. J. B., Meléndez-Ortega, A., y Gross, M. G. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. (Biological control of endurance training). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 2(2), 65-87.
- Moon, J. R. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, S54-S59.
- Moore, D. R., Camera, D. M., Areta, J. L., y Hawley, J. A. (2014). Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes 1. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 987-997.
- Moreira, L. M., Behling, B. D. S., Rodrigues, R. D. S., Costa, J. A. V., y Soares, L. A. D. S. (2013). Spirulina as a protein source in the nutritional recovery of Wistar rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(3), 447-456.
- Moreira, O. C., Alonso-Aubin, D. A., de Oliveira, C. E. P., Candia-Luján, R., y de Paz, J. A. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (170), 387-394.
- Moreno, G. M. (2012). Definición y clasificación de la obesidad. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(2), 124-128.
- Moreno-Eutimio, M. A., y Acosta-Altamirano, G. (2014). El inmunometabolismo del ejercicio físico y la vida sedentaria. *Cirugía y Cirujanos*, 82(3).
- Morton, J. P., Robertson, C., Sutton, L. y MacLaren, D. P. (2010). Making the weight: a case study from professional boxing. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(1), 80-85.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., ... y Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the female

- athlete triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 491-497.
- Müller-Esterl, W. (2008). Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida. Reverté.
- Murata, H., Oshima, S., Torii, S., Taguchi, M., y Higuchi, M. (2016). Characteristics of body composition and cardiometabolic risk of Japanese male heavyweight Judo athletes. *Journal of Physiological Anthropology*, 35(1), 10.
- Naderi, A., Earnest, C. P., Lowery, R. P., Wilson, J. M., y Willems, M. E. (2016). Co-ingestion of nutritional ergogenic aids and high-intensity exercise performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1407-1418.
- Naranjo-Briceño, L., Rojas-Tortolero, D., González, H., y Torres, R. (2010). *Arthrospira platensis* como biofactoría de metabolitos secundarios de interés farmacológico: el ácido pipercolico. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 1(1), 64-90
- Navacchi, M. F. P., Carvalho, J. C. M. D., Takeuchi, K. P., y Danesi, E. D. G. (2012). Development of cassava cake enriched with its own bran and *Spirulina platensis*. *Acta Scientiarum-Technology*, 34(4), 465-472.
- Navarrete, D., Pineda, Y., y Chávez, U. Perfil antropométrico del boxeador juvenil hidalgense. *Este libro de Memorias en Extenso se elabora de forma anual por la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte-UACH. ISBN: 978-970-748-057-5*, 79.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., y Dupont, G. (2012). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, 42(12), 997-1015.
- Neubauer, O., König, D., y Wagner, K. H. (2008). Recovery after an Ironman triathlon: sustained inflammatory responses and muscular stress. *European Journal of Applied Physiology*, 104(3), 417-426.
- Nielsen, F. H., y Lukaski, H. C. (2006). Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnesium Research*, 19(3), 180-189.
- Nieman, D. C., Shanely, R. A., Gillitt, N. D., Pappan, K. L., y Lila, M. A. (2013). Serum metabolic signatures induced by a three-day intensified exercise period persist

- after 14 h of recovery in runners. *Journal of Proteome Research*, 12(10), 4577-4584. doi: 10.1021/pr400717j
- Nieman, D. C., y Bishop, N. C. (2006). Nutritional strategies to counter stress to the immune system in athletes, with special reference to football. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 763-772.
- Nikolaidis, M. G., Kerksick, C. M., Lamprecht, M., y McAnulty, S. R. (2012). Does vitamin C and E supplementation impair the favorable adaptations of regular exercise?. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012.
- Nordström, A., Nordström, P., y Ekstrand, J. (2014). Sports-related concussion increases the risk of subsequent injury by about 50% in elite male football players. *British Journal of Sports Medicine*, 48(19), 1447-1450.
- Nyisztor, J., Carías, D., y Velazco, Y. (2014). Consumo de calcio y densidad mineral ósea en hombres jóvenes con diferentes niveles de actividad física. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 12(1), 12-24.
- Oliver, J. M., Joubert, D. P., Martin, S. E., y Crouse, S. F. (2013). Oral creatine supplementation's decrease of blood lactate during exhaustive, incremental cycling. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(3), 252-258.
- Olivos, O. C., Cuevas, M. A., Álvarez, V. V., y Jorquera, A. C. (2012). Nutrición Para el Entrenamiento y la Competición. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 253-261
- Ordóñez Llanos, J., Jorba, O., Castany, I., Roig-Martínez, R., y Serra-Grima, J. R. (1997). Utilidad de la medición de concentración másica de creatina cinasa 2 (CK MB) y de la actividad de los isomorfos de creatina cinasa 3 (ck mm) como marcadores bioquímicos de la lesión muscular. *Apunts Medicina de l' Esport (Castellano)*, 33(127), 5-12.
- Ortenblad, N., Westerblad, H., y Nielsen, J. (2013). Muscle glycogen stores and fatigue. *The Journal of physiology*, 591(18), 4405-4413.
- Padilla, J. R. (2017). *Planificación del Entrenamiento Deportivo: Un enfoque metodológico de la estructura clásica*. FIDIAS G. ARIAS ODÓN.

- Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S., y González-Gross, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 235-242.
- Park, H. J., y Lee, H. S. (2016). The influence of obesity on the effects of spirulina supplementation in the human metabolic response of Korean elderly. *Nutrition Research and Practice*, 10(4), 418-423.
- Pasiakos, S. M., McLellan, T. M., y Lieberman, H. R. (2015). The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Medicine*, 45(1), 111-131.
- Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., y Coombes, J. S. (2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 737-745.
- Pearcey, G. E., Bradbury-Squires, D. J., Kawamoto, J. E., Drinkwater, E. J., Behm, D. G., y Button, D. C. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of Athletic Training*, 50(1), 5-13.
- Peinado, A. B., Rojo-Tirado, M. A., y Benito, P. J. (2013). El azúcar y el ejercicio físico: su importancia en los deportistas. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 48-56.
- Pelly, F. E., O'Connor, H. T., Denyer, G. S., y Caterson, I. D. (2011). Evolution of food provision to athletes at the summer Olympic Games. *Nutrition Reviews*, 69(6), 321-332. doi:10.1111/j.1753-4887.2011.00396.x
- Perea-Martínez, A., López-Navarrete, G. E., Padrón-Martínez, M., Lara-Campos, A. G., Santamaría-Arza, C., Ynga-Durand, M. A., ... y Ballesteros-del Olmo, J. C. (2014). Evaluación, diagnóstico, tratamiento y oportunidades de prevención de la obesidad. *Acta Pediátrica de México*, 35(4), 316-337.
- Perea-Martínez, A., López-Navarrete, G. E., Padrón-Martínez, M., Lara-Campos, A. G., Santamaría-Arza, C., Ynga-Durand, M. A., ... y Ballesteros-del Olmo, J. C. (2014). Evaluación, diagnóstico, tratamiento y oportunidades de prevención de la obesidad. *Acta Pediátrica de México*, 35(4), 316-337.

- Pérez, D., Rangel, B., Hernández, G., Aguirre, H., y Chávez, E. (2014). Control biológico en la fase de competencia y recuperación en un triatleta. Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos, 81.
- Pérez, L. A. (2015). Omega 3 y deporte. *Sociedades Canarias de Pediatría*, 103.
- Pérez-Guisado, J. (2008). Rendimiento deportivo: glucógeno muscular y consumo proteico. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 43(159), 142-152.
- Pérez-Guisado, J., Y Jakeman, P. M. (2010). Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1215-1222.
- Perón, A. P. O. N., Zamprónha, F. W., da Silva, G. L., da Silva, A. W., y Alvarez, J. F. G. (2009). Perfil nutricional de boxeadores olímpicos e avaliação do impacto da intervenção nutricional no ajuste de peso para as categorias de lutas. *Mundo Saúde*, 33, 352-357.
- Pettersson, S., Ekström, M. P., & Berg, C. M. (2013). Practices of weight regulation among elite athletes in combat sports: a matter of mental advantage?. *Journal of Athletic Training*, 48(1), 99-108.
- Phillips, S. M. (2012). Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *British Journal of Nutrition*, 108(S2), S158-S167.
- Phillips, S. M. (2014). A brief review of higher dietary protein diets in weight loss: a focus on athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 149-153
- Phillips, S. M. (2016). The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition y metabolism*, 13(1), 64.
- Pingitore, A., Lima, G. P. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015). Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*, 31(7), 916-922.
- Platonov, V. N. (1995). *El entrenamiento deportivo, teoría y metodología*. Barcelona: Paidotribo.
- Platonov, V. N., y Bulatova, M. (2001). *La preparación física* (Vol. 3). Editorial Paidotribo.

- Plaza, M., Herrero, M., Cifuentes, A., y Ibanez, E. (2009). Innovative natural functional ingredients from microalgae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16), 7159-7170.
- Ponce López, E. (2013). Superalimento para un mundo en crisis: Spirulina a bajo costo. *Idesia (Arica)*, 31(1), 135-139.
- Portillo, J. D., del Barrio, M. T. F., y Salido, F. P. (1997). Aspectos básicos de bioquímica clínica. Ediciones Díaz de Santos.
- Powers, S. K., y Jackson, M. J. (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological Reviews*, 88(4), 1243-1276.
- Pradas de la Fuente, F., González Jurado, J. A., Molina Sotomayor, E., y Castellar Otín, C. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo de jugadores de tenis de mesa de alto nivel. *International Journal of Morphology*, 31(4), 1355-1364, 2013.
- Pramukova, B., Szabadosova, V., y Soltesova, A. (2011). Current knowledge about sports nutrition. *Australasian Medical Journal*, 4(3), 107-110. doi:<http://dx.doi.org/10.4066/AMJ.2011.520>
- Proske, U., y Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, 537(2), 333-345.
- Pyne, D. B., Verhagen, E. A., y Mountjoy, M. (2014). Nutrition, illness, and injury in aquatic sports. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24, 460-9.
- Quiñones Martínez, M. V., Campos Rodríguez, R., y Elena Gil, L. (2016). Uso de la spirulina en gestante con betatalasemia menor heterocigótica. A propósito de un caso. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 15(2), 186-191.
- Ramesh, S., Manivasgam, M., Sethupathy, S., y Shantha, K. (2013). Effect of Spirulina on Anthropometry and Bio-Chemical Parameters in School Children. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 7(5), 11-15.
- Ramírez-Moreno, L., y Olvera-Ramírez, R. (2006). Uso tradicional y actual de Spirulina sp.(Arthrospira sp.). *Interciencia*, 31(9), 657-663.

- Ramos, R. L., Armán, J. A., Galeano, N. A., Hernández, A. M., Gómez, J. G., y Molinero, J. G. (2012). Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. *Radiología*, 54(5), 410-423.
- Rangel, C. B. R., Hernández, C. G., y Rosas, T. A. G. (2009). El ejercicio físico y su relación con el sistema inmune. *Revista de Ciencias del Ejercicio FOD*, 5(2), 37-60.
- Rasmussen, C. (2015). Nutritional Supplements for Endurance Athletes. In *Nutritional Supplements in Sports and Exercise* (pp. 253-272). Springer International Publishing.
- Rathmacher, J. A., Fuller, J. C., Baier, S. M., Abumrad, N. N., Angus, H. F., y Sharp, R. L. (2012). Adenosine-5'-triphosphate (ATP) supplementation improves low peak muscle torque and torque fatigue during repeated high intensity exercise sets. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 48.
- Ravasco, P., Anderson, H., y Mardones, F. (2010). Métodos de valoración del estado nutricional. *Nutrición Hospitalaria*, 25, 57-66.
- Ravi, M., De, S. L., Azharuddin, S., y Paul, S. F. (2010). The beneficial effects of Spirulina focusing on its immunomodulatory and antioxidant properties. *Nutrition and Dietary Supplements*, 2, 73-83.
- Raya-González, J., Piqueras, P. G., y Sánchez-Sánchez, J. (2018). Aplicación de un programa de fuerza con carga excéntrica en la readaptación de una lesión de ligamento lateral interno de la rodilla. Estudio de caso (Effect of an eccentric load resistance training program on the rehabilitation of medial collateral liga. *Retos*, (33), 157-161.
- Ren-Jay, S., Lindley, M. R., y Mickleborough, T. D. (2014). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in the Optimization of Physical Performance. *Military Medicine*, 144-156. doi:10.7205/MILMED-D-14-00160
- Ribeiro, S. R., Tierra-Criollo, C. J., y Martins, R. A. B. L. (2006). Efeitos de diferentes esforços de luta de judô na atividade enzimática, atividade elétrica muscular e parâmetros biomecânicos de atletas de elite. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(1), 27-32.

- Rico, B. C., Monteiro, L. F., Laín, S. A., y García, J. M. G. (2018). Comparación de las variaciones de la composición corporal entre judokas y luchadores hidratados Vs deshidratados (Comparision of changes in body composition between judokas and wrestler hydrated Vs dehydrated). *Retos*, 33(33), 10-13.
- Ripka, W. L., Rotta, C. V., Ulbricht, L., y Neves, E. B. (2016). Composición corporal evaluada por pliegues cutáneos y bioimpedancia en varones militares brasileños/Body composition evaluated by skinfolds and bioimpedance in brazilian men soldiers. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, (54).
- Riss, J., Décordé, K., Sutra, T., Delage, M., Baccou, J. C., Jouy, N., ... y Rouanet, J. M. (2007). Phycobiliprotein C-phycoyanin from *Spirulina platensis* is powerfully responsible for reducing oxidative stress and NADPH oxidase expression induced by an atherogenic diet in hamsters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7962-7967.
- Rivas Borbón, O. M. (2007). La creatinquinasa y urea sérica pre y pos competición, como indicadores del daño muscular y el gasto proteico respectivamente, en un grupo de jugadores de fútbol de la primera división (Doctoral dissertation).
- Rivas, L. G., Mielgo-Ayuso, J., Norte-Navarro, A., Cejuela, R., Cabañas, M. D., y Martínez-San, J. M. (2015). Composición corporal y somatotipo en triatletas universitarios. *Nutricion Hospitalaria*, 32(2), 799-807. doi:10.3305/nh.2015.32.2.9142
- Rivera, A., Acurio, V. Q., y Arias, K. (2017). Prevalencia de anemia ferropénica en deportistas seleccionados del Instituto Peruano del Deporte durante el año 2013: estudio transversal. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(2), 112-120.
- Rodrigues, M. S., Ferreira, L. S., de Carvalho, J. C. M., Lodi, A., Finocchio, E., y Converti, A. (2012). Metal biosorption onto dry biomass of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* and *Chlorella vulgaris*: multi-metal systems. *Journal of Hazardous Materials*, 217, 246-255.
- Rodrigues, V. B., Ravagnani, C. D. F. C., Nabuco, H. C. G., Ravagnani, F. C. D. P., Fernandes, V. L. S., y Espinosa, M. M. (2017). Adequacy of energy and

- macronutrient intake of food supplements for athletes. *Revista de Nutrição*, 30(5), 593-603.).
- Rodríguez, F., Crovetto, M., González, A., Morant, N., y Santibáñez, F. (2011). Consumo de suplementos nutricionales en gimnasios, perfil del consumidor y características de su uso. *Revista Chilena de Nutrición*, 38(2), 157-166.
- Rodríguez, G. A. (2013). Perfil antropométrico de judocas de élite y juveniles en la modalidad de combate. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad y Física y el Deporte*, 2(2):16-27.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., y Langley, S. (2009). Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 709-731.
- Rodríguez, X., Castillo, O., Tejo, J., y Rozowski, J. Somatotipo de los deportistas de alto rendimiento de Santiago, Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(1), 29-39, 2014.
- Roe, G., Till, K., Darrall-Jones, J., Phibbs, P., Weakley, J., Read, D., y Jones, B. (2016). Changes in markers of fatigue following a competitive match in elite academy rugby union players. *South African Journal of Sports Medicine*, 28(1), 1-4.
- Rogalski, B., Dawson, B., Heasman, J., y Gabbett, T. J. (2013). Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 499-503.
- Rogers, M. E., Patterson, J. A., del Pozo-Cruz, B., Travis, R., Rogers, N. L., y Takeshima, N. (2014). Caloric expenditure of elastic resistance training in upper and lower body exercise, 46(5).
- Rojas Valverde, D. F. (2016). Efectos sobre la función neuromuscular de correr un maratón en condiciones de calor y humedad extremos en participantes aficionados abordaje tensiomiografía y cinemático (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Costa Rica) <http://hdl.handle.net/11056/13224>
- Rojas, E., Ávila, M., y Parada, G. (2012). Aplicación de estrategias nutricionales y su efecto en el crecimiento en el cultivo continuo de Spirulina (*Arthrospira platensis*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(SPECISSUE), 763-771.

- Román, P. Á. L., Sánchez, J. Á. H., y Lara, M. J. (2003). *Prescripción del ejercicio físico para la salud en la edad escolar: aspectos metodológicos, preventivos e higiénicos*. Editorial Paidotribo.
- Romay, C. H., Armesto, J., Ramirez, D., Gonzalez, R., Ledon, N., y Garcia, I. (1998). Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. *Inflammation Research*, 47(1), 36-41.
- Romero, L., Guevara, M., Gómez, B., Arredondo-Vega, B., Cortez, R., y Licet, B. (2017). Production of pigments from *Arthrospira maxima* cultivated in photobioreactors. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(1), 108-114.
- Rosell-Ortiz, F., Mellado-Vergel, F. J., Fernández-Valle, P., González-Lobato, I., Martínez-Lara, M., Ruiz-Montero, M. M., ... y del Águila, J. G. (2015). Initial complications and factors related to prehospital mortality in acute myocardial infarction with ST segment elevation. *Emergency Medicine Journal*, 32:559–563. doi:10.1136/emmermed-2014-203780
- Roy, H. J., Lovejoy, J. C., Keenan, M. J., Bray, G. A., Windhauser, M. M., y Wilson, J. K. (1998). Substrate oxidation and energy expenditure in athletes and nonathletes consuming isoenergetic high-and low-fat diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 67(3), 405-411.
- Saengsirisuwan, V., Phadungkij, S., y Pholpramool, C. (1998). Renal and liver functions and muscle injuries during training and after competition in Thai boxers. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 304-308.
- Sahlin, K. (2014). Muscle Energetics During Explosive Activities and Potential Effects of Nutrition and Training. *Sports Medicine*, 44(2), 167-173.
- Salinas-García, M. E., Martínez-Sanz, J. M., Urdampilleta, A., Mielgo-Ayuso, J., Navarro, A. N., y Ortiz-Moncada, R. (2014). Efectos de los aminoácidos ramificados en deportes de larga duración: revisión bibliográfica. *Nutrición Hospitalaria*, 31(n02), 577-589.
- Saltos, L. T. (2014). La preparación física general y su relación con el rendimiento deportivo en la disciplina del fútbol categoría sub 14, sub 16 y sub 18 del Instituto Tecnológico Rumiñahui. Universidad Técnica de Ambato, Tesis de

- maestría. Recuperada en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/7353>
- Sánchez, J. (2009). Efectos del ejercicio físico y una dieta saludable. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 29(1):3-10.
- Sánchez, M., Bernal-Castillo, J., Rozo, C., y Rodríguez, I. (2003). Spirulina (arthrospira): an edible microorganism: a review. *Universitas Scientiarum*, 8(1), 7-24.
- Sánchez-Puccini, M. B., Argothy-Bucheli, R. E., Meneses-Echávez, J. F., López-Albán, C. A., Ramírez-Vélez, R., Sánchez-Puccini, m. b., ... y Ramírez Vélez, R. (2014). Anthropometric and Physical Fitness Characterization of Male Elite Karate Athletes. *International Journal of Morphology*, 32(3), 1026-31.
- Sandhu, J. S., Dheera, B., y Shweta, S. (2010). Efficacy of Spirulina Supplementation on Isometric Strength and Isometric Endurance of Quadriceps in Trained and Untrained Individuals -- a comparative study. *Ibnosina Journal of Medicine & Biomedical Sciences*, 2(2), 79-86.
- Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Allison, D. B., ... y Silva, A. M. (2014). Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PloS one*, 9(5), e97846.
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Magalhães, J. P., Minderico, C. S., Thomas, D. M., y Sardinha, L. B. (2015). Utility of novel body indices in predicting fat mass in elite athletes. *Nutrition*, 31(7), 948-954.
- Sanz, J. M. M., Otegui, A. U., y Ayuso, J. M. (2013). Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. Motricidad: *Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, (30), 37-52.
- Sargent, C., Lastella, M., Halson, S. L., y Roach, G. D. (2014). The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiology International*, 31(10), 1160-1168.
- Saritama, T., y Geoconda, I. (2015). Determinación de transaminas (TGO Y TGP) en los afiliados del Seguro Social Campesino-Dispensario Torata, que acude a la unidad de atención ambulatoria R-9 del cantón Santa Rosa, 2014 (Bachelor's

- thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala.). Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2801>
- Saw, A. E., Main, L. C., y Gatin, P. B. (2015). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2015.
- Schifferli, I., Carrasco, F., y Inostroza, J. (2011). Formulación de una ecuación para predecir la masa grasa corporal a partir de bioimpedanciometría en adultos en un amplio rango de edad e índice de masa corporal. *Revista Médica de Chile*, 139(12), 1534-1543.
- Secretaria de Salud (1984). *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>
- Secretaria de Salud (1993). Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA2-199, *Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos*. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/003ssa23.html>
- Selmi, C., Leung, P. S., Fischer, L., German, B., Yang, C. Y., Kenny, T. P., ... y Gershwin, M. E. (2011). The effects of Spirulina on anemia and immune function in senior citizens. *Cellular & Molecular Immunology*, 8(3), 248-254.
- Serrano, M. M., Beneit, M. S., Santurino, M. M., Armesilla, M. C., de Espinosa, M. G. M., y del Cerro, J. P. (2007). Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 27(1): 11-19.
- Serrano, T. M. A., Martínez, B. O., Fonet, H. E., y Ramírez, E. B. (2015). La gestión innovativa universitaria por proyecto en la restauración neurológica de boxeadores. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 19(2), 330-341.
- Shab-Bidar, S., Neyestani, T. R., y Djazayeri, A. (2015). Vitamin D receptor (BsmI) genotypes influence inflammatory and oxidative stress responses to altered vitamin D intake in subjects with Type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *J Nutr Sci & Diet*, 1(3), 116-26.

- Shei, R. J., Lindley, M. R., y Mickleborough, T. D. (2014). Omega-3 polyunsaturated fatty acids in the optimization of physical performance. *Military Medicine*, 179(suppl_11), 144-156.
- Shephard, R. J. (2007). *La resistencia en el deporte* (Vol. 2). Editorial Paidotribo.
- Shih, C. M., Cheng, S. N., Wong, C. S., Kuo, Y. L., y Chou, T. C. (2009). Antiinflammatory and antihyperalgesic activity of C-phycoerythrin. *Anesthesia & Analgesia*, 108(4), 1303-1310.
- Siewe, J., Rudat, J., Zarghooni, K., Sobottke, R., Eysel, P., Herren, C., ... y Michael, J. (2015). Injuries in competitive boxing. A prospective study. *International Journal of Sports Medicine*, 36(03), 249-253.
- Silver-Thorn, M. B., y Glaister, C. L. (2009). Functional stability of transfemoral amputee gait using the 3R80 and Total Knee 2000 prosthetic knee units. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*, 21(1), 18-31.
- Simental, J. A., Pilar Sanchez-Saavedra, M. D., y Flores-Acevedo, N. (2004). Growth and survival of juvenile red abalone (*Haliotis rufescens*) fed with macroalgae enriched with a benthic diatom film. *Journal of Shellfish Research*, 23(4), 995-1000.
- Simpore, J., Kabore, F., Zongo, F., Dansou, D., Bere, A., Pignatelli, S., ... y Musumeci, S. (2006). Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing Spirulina and Misola. *Nutrition Journal*, 5(1), 3.
- Siva Kiran, R. R., Madhu, G. M., y Satyanarayana, S. V. (2015). Spirulina in combating Protein Energy Malnutrition (PEM) and Protein Energy Wasting (PEW)-A review. *Journal of Nutrition Research*, 3(1), 62-79.
- Smith, M. S. (2006). Physiological profile of senior and junior England international amateur boxers. *Journal of sports science & medicine*, 5(CSSI), 74.
- Smith, M., Dyson, R., Hale, T., Hamilton, M., Kelly, J., y Wellington, P. (2001). The Effects of Restricted Energy and Fluid Intake on Simulated Amateur Boxing Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, 238-247.

- Sotiroudis, T. G., y Sotiroudis, G. T. (2013). Health aspects of Spirulina (Arthrospira) microalga food supplement. *Journal Of The Serbian Chemical Society*, 78(3), 395-405. doi:10.2298/JSC121020152S
- Soto, J. P., Trujillo, J. A., y Niño, E. (2013). Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico de porteros profesionales durante un microciclo de fase competitiva. *MOVU Revista de las Ciencias de la Actividad Física*, 1(1), 02-11.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., y Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87-96.
- Statistics, I. S. (2012). IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. *Chicago: IBM*
- Stephens, T. J., McKenna, M. J., Canny, B. J., Snow, R. J., y McCONNELL, G. K. (2002). Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 614-621.
- Stiegler, P., y Cunliffe, A. (2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Medicine*, 36(3), 239-262.
- Suárez, V. J. C., Muñoz, V., Ramos, D., Valdivielso, F. N., y Ravé, J. M. G. (2010). Destrucción muscular, modificaciones de frecuencia cardiaca, lactato y percepción subjetiva de esfuerzo en una prueba de carrera por relevos de ultra-resistencia de 24 horas. *European Journal of Human Movement*, (24), 29-37.
- Suliburska, J., Szulińska, M., Tinkov, A. A., y Bogdański, P. (2016). Effect of Spirulina maxima Supplementation on Calcium, Magnesium, Iron, and Zinc Status in Obese Patients with Treated Hypertension. *Biological Trace Element Research*, 1-6.
- Sundgot-Borgen, J., Meyer, N. L., Lohman, T. G., Ackland, T. R., Maughan, R. J., Stewart, A. D., y Müller, W. (2013). How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health

- and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *British Journal of Sports Medicine*, 47(16), 1012-1022.
- Takakura, H., Furuichi, Y., Yamada, T., Jue, T., Ojino, M., Hashimoto, T., ... y Masuda, K. (2015). Endurance training facilitates myoglobin desaturation during muscle contraction in rat skeletal muscle. *Scientific Reports*, 5, 9403.
- Tavío, P., y Herrera, R. D. (2014). Necesidades dietético-nutricionales en la práctica profesional del tenis: una revisión. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 34(2), 18-28.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., y Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501-528.
- Thomas, M., Nelson, T. F., Harwood, E., y Neumark-Sztainer, D. (2012). Exploring Parent Perceptions of the Food Environment in Youth Sport. *Journal Of Nutrition Education & Behavior*, 44(4), 365-371. doi:10.1016/j.jneb.2011.11.005
- Tipton, K. D. (2015). Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. *Sports Medicine*, 45(1), 93-104.
- Torres-Durán, P. V., Ferreira-Hermosillo, A., Ramos-Jiménez, A., Hernández-Torres, R. P., y Juárez-Oropeza, M. A. (2012). Effect of Spirulina maxima on postprandial lipemia in young runners: a preliminary report. *Journal of Medicinal Food*, 15(8), 753-757.
- Torres-Durán, P. V., Ferreira-Hermosillo, A., y Juárez-Oropeza, M. A. (2007). Antihyperlipemic and antihypertensive effects of Spirulina maxima in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids in Health and Disease*, 6(1), 33.
- Torres-Luque, G., Hernández-García, R., y Garatachea Vallejo, N. (2011). Variaciones antropométricas a lo largo de un periodo competitivo en judokas de élite. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 7(24).
- Torres-McGehee, T. M., Pritchett, K. L., Zippel, D., Minton, D. M., Cellamare, A., y Sibilía, M. (2012). Sports nutrition knowledge among collegiate athletes,

- coaches, athletic trainers, and strength and conditioning specialists. *Journal of Athletic Training*, 47(2), 205-211.
- Totsuka, M., Nakaji, S., Suzuki, K., Sugawara, K., y Sato, K. (2002). Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1280-1286.
- Trakman, G. L., Forsyth, A., Devlin, B. L., y Belski, R. (2016). A systematic review of athletes' and coaches' nutrition knowledge and reflections on the quality of current nutrition knowledge measures. *Nutrients*, 8(9), 570.
- Tsitsimpikou, C., Kioukia-Fougia, N., Tsarouhas, K., Stamatopoulos, P., Rentoukas, E., Koudounakos, A., y ... Jamurtas, A. (2013). Administration of tomato juice ameliorates lactate dehydrogenase and creatinine kinase responses to anaerobic training. *Food & Chemical Toxicology*, 619-13. doi:10.1016/j.fct.2012.12.023
- Úbeda, N., Palacios Gil-Antuñano, N., Montalvo Zenarruzabeitia, Z., García Juan, B., García, Á., y Iglesias-Gutiérrez, E. (2010). Hábitos alimenticios y composición corporal de deportistas españoles de élite pertenecientes a disciplinas de combate. *Nutrición Hospitalaria*, 25(3), 414-421.
- Upasani, C. D., Khera, A., y Balararnan, R. (2001). Effect of lead with vitamin E, C, or Spirulina on malondialdehyde, conjugated dienes and hydroperoxides in rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39:70–74.
- Urdampilleta, A., Armentia, I., Gómez-Zorita, S., Martínez Sanz, J. M., y Mielgo-Ayuso, J. (2015). La fatiga muscular en los deportistas: métodos físicos, nutricionales y farmacológicos para combatirla. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (165), 36-43.
- Urdampilleta, A., López-Grueso, R., Martínez-Sanz, J. M., y Mielgo-Ayuso, J. (2014). Parámetros bioquímicos básicos, hematológicos y hormonales para el control de la salud y el estado nutricional en los deportistas. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 18(3), 155-171.

- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., y Lopez-Grueso, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(2), 73-83.
- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., y Mielgo-Ayuso, J. (2013). Anemia ferropénica en el deporte e intervenciones dietético-nutricionales preventivas. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(4), 155-164.
- Urdampilleta, A., Vicente-Salar, N., y Sanz, J. M. M. (2012). Necesidades proteicas de los deportistas y pautas dietético-nutricionales para la ganancia de masa muscular. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 16(1), 25-35.
- Urdampilleta, A., y Martínez-Sanz, J. M. (2012). Riesgos médico-nutricionales y planificación dietética en el alpinismo. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 28.
- Ureña, S., Ureña Bonilla, P., y Calleja González, J. (2014). Niveles subjetivos de estrés-recuperación en deportistas Costarricenses de alto rendimiento. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(1), 103-108.
- Urrizaga, M. M. (2016). *Desarrollo de la fuerza en los deportes combate: estudios relacionados en boxeo* (Tesis doctoral, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de la Plata). Recuperado en <http://hdl.handle.net/10915/57331>
- Valdecantos, M. P., Pérez-Matute, P., y Martínez, J. A. (2009). Obesidad y estrés oxidante: papel de la suplementación con antioxidantes de la dieta. *Revista de Investigación Clínica*, 61(2), 127-139.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., y Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135-2142.
- Vasconcelos-Raposo, A. (2005). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Vásquez, G. R. (2014). *Determinación del sistema energético predominante en la práctica del rugby subacuático en los deportistas élite de la liga vallecaucana* (Doctoral dissertation). Recuperado en <http://hdl.handle.net/10893/6754>

- Vasudevan, D. M., y Sreekumari, S. (2012). Texto de Bioquímica para Estudiantes de Medicina. JP Medical Ltd.
- Vaz da Silva, B., Moreira, JB, de Moraes, MG, y Costa, JAV (2016). Microalgas una nueva fuente de BIOACTIVOS en los complementos alimenticios. *Current Opinion in Food Science*.
- Veasey, R. C., Haskell-Ramsay, C. F., Kennedy, D. O., Wishart, K., Maggini, S., Fuchs, C. J., y Stevenson, E. J. (2015). The effects of supplementation with a vitamin and mineral complex with Guaraná prior to fasted exercise on affect, exertion, cognitive performance, and substrate metabolism: a randomized controlled trial. *Nutrients*, 7(8), 6109-6127.
- Vélez, D. C., González, J. C., y Ibáñez, J. C. (2013). El uso del Match Analysis para la mejora del rendimiento físico en los deportes de equipo. *Cultura, Ciencia y Deporte: Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Católica de San Antonio*, (23), 147-154.
- Villatoro-Villar, M., Mendiola-Fernández, R., Alcaráz-Castillo, X., y Mondragón-Ramírez, G. K. (2015). Correlación del índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal en la evaluación del sobrepeso y la obesidad. *Revista de Sanidad Militar*, 69(6), 568-578.
- Vina, J., y Gomez-Cabrera, M. C. (2014). FORUM ISSUE: "Free Radicals and Physical Exercise". *Free Radical Research*, 48(1), 1-2
- Viru, A., & Viru, M. (2003). Análisis y control del rendimiento deportivo (Vol. 24). Editorial Paidotribo. Pp 178-187
- Viveros Valdez, J. E. (2009). *Aislamiento dirigido a la identificación de compuestos antirradicales y/o quimiopreventivos de Hedeoma drummondii y Spirulina máxima* (Doctoral dissertation, UANL).
- Vogel, R. M., Joy, J. M., Falcone, P. H., Mosman, M. M., Kim, M. P., y Moon, J. R. (2015). Safety of a dose-escalated pre-workout supplement in recreationally active females. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 12:12 doi 10.1186/s12970-015-0074-y
- Voinea, A. (2015). Specific injuries in combat sports. *The Bucharest University of Economic Studies. JEL Classification*, 30(40), 190.

- Vorobiev, D. V., Vetrova, E. G., Larina, I. M., Popova, I. A., y Grigoriev, A. I. (1996). Energy substrates, hormone responses and glucocorticoid binding in lymphocytes during intense physical exercise in humans following phosphocreatine administration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74(6), 534-540.
- Wang, Z. M., Pierson Jr, R. N., y Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19-28.
- Wang, Z., Heymsfield, S. B., Chen, Z., Zhu, S., y Pierson, R. N. (2010). Estimation of percentage body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Physics in Medicine & Biology*, 55(9), 2619.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total* (Vol. 24). España: Editorial Paidotribo.
- Wells, G. D., Selvadurai, H., y Tein, I. (2009). Bioenergetic provision of energy for muscular activity. *Paediatric Respiratory Reviews*, 10(3), 83-90.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., ... y Brawley, S. H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29(2), 949-982.
- Wiechmann, G. J., Saygili, E., Zilkens, C., Krauspe, R., y Behringer, M. (2016). Evaluation of muscle damage marker after mixed martial arts matches. *Orthopedic Reviews*, 8(1), 1-4. doi:10.4081/or.2016.6209
- Wiewelhove, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., y Ferrauti, A. (2016). Effect of Repeated Active Recovery During a High-Intensity Interval-Training Shock Microcycle on Markers of Fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1060-1066.
- Wiewelhove, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., y Ferrauti, A. (2015). Markers for Routine Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Team Sport Athletes during High-Intensity Interval Training. *PLoS one*, 10(10), e0139801.
- Williams, C., y Rollo, I. (2015). Carbohydrate Nutrition and Team Sport Performance. *Sports Medicine*, 45(1), 13-22.

- Williams, M. H. (2002). *Nutrición para la salud la condición física y el deporte*. España: Editorial Paidotribo.
- Wilmore, J. H., y Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 5ta Ed. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Wilmore, J., H., y Costill, D., L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (6ta ed.). España: Editorial Paidotribo.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Walters, J. A., Baier, S. M., Fuller, J. C., ... y Duncan, N. M. (2013). β -Hydroxy- β -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *British Journal of Nutrition*, 110(03), 538-544.
- Wixted, A. J., Thiel, D. V., Hahn, A. G., Gore, C. J., Pyne, D. B., y James, D. A. (2007). Measurement of energy expenditure in elite athletes using MEMS-based triaxial accelerometers. *IEEE Sensors Journal*, 7(4), 481-488.
- Woolf, K., y Manore, MM (2006). B-vitaminas y ejercicio: ¿El ejercicio requisitos alter?. *Revista Internacional de Nutrición Deportiva y el Metabolismo Durante el Ejercicio*, 16(5), 453.
- Wu, H. J., Chen, K. T., Shee, B. W., Chang, H. C., Huang, Y. J., y Yang, R. S. (2004). Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. *World journal of Gastroenterology: WJG*, 10(18), 2711.
- Wu, Q., Liu, L., Miron, A., Klímová, B., Wan, D., y Kuča, K. (2016). The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of Spirulina: an overview. *Archives of Toxicology*, 90(8), 1817-1840.
- Wylie, L. J., Mohr, M., Krstrup, P., Jackman, S. R., Ermidis, G., Kelly, J., ... y Jones, A. M. (2013). Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 113, 1673-1684.
- Yañez, F. (2012). Síndrome corazón de atleta: historia, manifestaciones morfológicas e implicancias clínicas. *Revista Chilena de Cardiología*, 31(3), 215-225.
- Zazryn, T., Cameron, P., y McCrory, P. (2006). A prospective cohort study of injury in amateur and professional boxing. *British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 670-674.

- Zhelyazkov, T. (2001). *Bases del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Zorita, S. G., y Otegui, A. U. (2013). Influencia de la dieta y la actividad físico-deportiva sobre el efecto de los fármacos. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (153), 34-42.

Anexos

Anexo A. Comité de bioética

Instituto Tecnológico de Sonora
 5 de Febrero No. 818 sur
 Teléfono (644) 410-09-00 Apdo. 335
 C.P. 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México
 www.itson.mx



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
 Educar para trascender

Mtro. Andres Aquilino Castro Zamora
Profesor Investigador Responsable
Universidad Estatal de Sonora
Campus Navojoa
Presente

Por medio de la presente le comunico que el **Comité Institucional de Bioética** de nuestra Universidad ha revisado el protocolo de investigación (incluyendo la forma de consentimiento) del proyecto **"EFECTO DE *Arthrospira maxima (Spirulina)* SOBRE EL DAÑO MUSCULAR Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN BOXEADORES PROFESIONALES"**. El Comité dictaminó este protocolo de investigación como **APROBADO**, ya que se ha considerado que cumple con los requerimientos metodológicos y éticos.

Se hace también de su conocimiento el compromiso que adquiere con este Comité Institucional de Bioética de mantenerlo informado de manera oportuna en relación al desarrollo del proyecto de investigación.

Reciba nuestro apoyo completo para el desarrollo del mencionado proyecto de investigación, y solo nos queda reiterarle las seguridades de nuestra mayor consideración.

ATENTAMENTE
"Educar para trascender"

Cd. Obregón, Sonora, a 31 de agosto de 2016

Dr. Fernando Lares Villa
Presidente del Comité



Anexo B. Consentimiento informado

Yo _____ he sido invitado (a) a participar en un estudio de investigación titulado “**Efecto de la *Spirulina (Arthrospira) maxima* sobre el daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales**”. He sido informado que se me realizará un historial médico y una prueba de esfuerzo inicial para determinar el estado de salud y consumo máximo de oxígeno, así como evaluaciones sanguíneas por venopunción para evaluar mi respuesta biológica y daño muscular al entrenamiento durante un mesociclo de la preparación física general. También se me hará un monitoreo de mi frecuencia cardiaca diaria a través de un pulsómetro, registros de la ingesta de alimentos (recordatorio de 24 horas) y evaluación de la composición corporal con densitometría ósea (DXA). Informo que se me ha comunicado que al aceptar participar en este proyecto de investigación, los resultados obtenidos serán manejados en forma confidencial y que en ningún momento se violará mi privacidad. Entiendo también que el análisis de mis muestras biológicas durante este estudio no implicará ningún costo extra para mí y que los gastos serán absorbidos por los investigadores.

Entiendo que estoy en mi derecho de solicitar cualquier aclaración o información acerca de este estudio, en cualquier momento del desarrollo del mismo y que estoy en libertad de retirarme de este estudio en el momento que desee.

Atentamente

Nombre:		Firma:
Edad:	Peso corporal:	Estatura corporal:
Núm. de teléfono:	Dirección:	

Testigo 1

Nombre:	Firma:
Dirección:	

Testigo 2

Nombre:	Firma:
Dirección:	

Investigadores:

MMEDAR. Andrés Aquilino Castro Zamora; Universidad Estatal de Sonora, Campus Navojoa. Número de teléfono (643) 4 35 00 28, horario de trabajo Lunes a Viernes de 8:00 am a 3:00 pm.

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero

Facultad de Organización Deportiva, Cd. Universitaria S/N, San Nicolás de los Garza N.L.

Anexo C. Formato para recordatorio de 24 horas**Recordatorio de 24 horas**

Clave _____ Fecha de la entrevista: ____ / ____ / ____ Recordatorio 1 ___ 2 ___ 3 ___
 Día Mes

Nombre del entrevistado: _____ Edad: ____ años
 _____meses Apellido Paterno Apellido Materno Nombre/s

Favor de ingresar la información solicitada de la manera más detallada que le sea posible, especificando hora y lugar de consumo, descripción de cada alimento, porción y gramos consumidos.

Hora aproximada	Descripción del alimento	Lugar de consumo	Porción consumida	Gramos	Código

Anexo E. Ficha de identificación

Proyecto de investigación
Efecto de la Spirulina (*Arthrospira*) *maxima* sobre el daño muscular y la composición corporal en boxeadores profesionales

Sujeto de estudio: _____

Datos personales		
Nombre completo:	Fecha nacimiento:	
Dirección:	Lugar de nacimiento:	
Escolaridad:	Estado civil:	Teléfono:

Datos deportivos		
Experiencia boxeo:	Profesional:	Amateur:
Máximo logro en boxeo:	Profesional:	Amateur:
Próximo compromiso:	Objetivo como atleta:	

Antecedentes de salud/ enfermedad			
Padece alguna enfermedad diagnosticada:	Cuál/es:		
Ha padecido alguna enfermedad importante:	Cuál/es:		
Toma algún medicamento:	Cuál/es:	Dosis:	Desde cuándo:
Toma laxantes:	Diuréticos:	Antiácidos:	Analgésicos: Frecuencia:

EVALUACIÓN INICIAL					
C. informado	DXA	I-PAQ	Sanguínea	R24Hr	VO ₂ máx