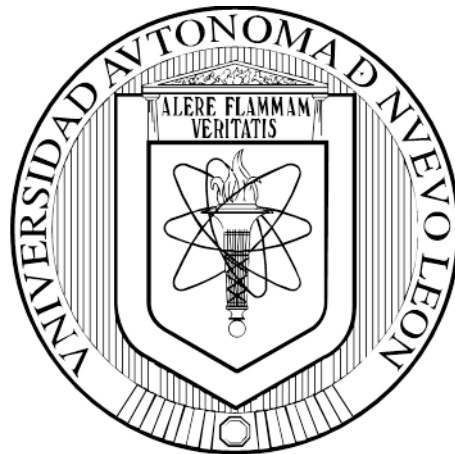


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



TESIS

**ESTRÉS BIOLÓGICO Y PSICOLÓGICO EN DEPORTISTAS
CON INGESTA DE UNA DIETA RICA EN ANTIOXIDANTES**

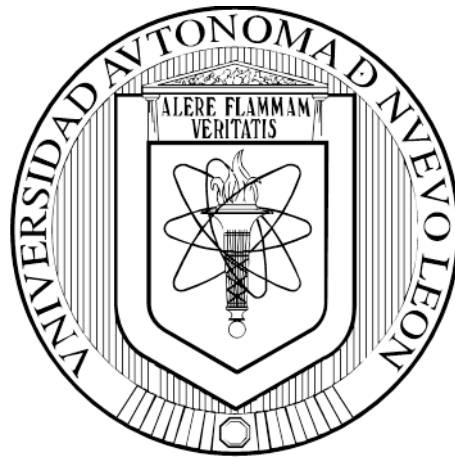
PRESENTA

ENC. SYLVIA ADRIANA ESTRADA DÍAZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

OCTUBRE, 2019

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



TESIS

**ESTRÉS BIOLÓGICO Y PSICOLÓGICO EN DEPORTISTAS
CON INGESTA DE UNA DIETA RICA EN ANTIOXIDANTES**

PRESENTA

ENC. SYLVIA ADRIANA ESTRADA DÍAZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

OCTUBRE, 2019

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero, como Directora de tesis interna de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **ENC. Sylvia Adriana Estrada Díaz**, titulado **“Estrés biológico y psicológico en deportistas con ingesta de una dieta rica en antioxidantes”** 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 **Doctora en Ciencias de la Cultura Física**.



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
DIRECTORA DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

Dr. Germán Hernández Cruz, como Director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **ENC. Sylvia Adriana Estrada Díaz**, titulado **“Estrés biológico y psicológico en deportistas con ingesta de una dieta rica en antioxidantes”** 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 **Doctora en Ciencias de la Cultura Física**.



Dr. Germán Hernández Cruz
CO-DIRECTOR DE TESIS



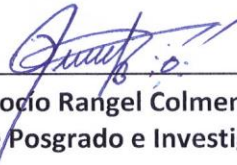
Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

Octubre 2019, San Nicolás de los Garza, N. L.

Dra. Jeanette Magnolia López Walle, como Directora de tesis interna de la Facultad de Organización Deportiva, acredita que el trabajo de tesis doctoral de la **ENC. Sylvia Adriana Estrada Díaz**, titulado “**Estrés biológico y psicológico en deportistas con ingesta de una dieta rica en antioxidantes**” 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 **Doctora en Ciencias de la Cultura Física**.



Dra. Jeanette Magnolia López Walle
CO-DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

“Estrés biológico y psicológico en deportistas con ingesta de una dieta rica en antioxidantes”.

Presentado por:

ENC. Sylvia Adriana Estrada Díaz

El presente trabajo fue realizado en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León y bajo la dirección de la Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero, Dr. Germán Hernández Cruz y Dra. Jeanette Magnolia López Walle, como requisito para optar al grado de Doctora en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



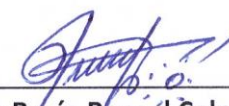
Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
DIRECTORA DE TESIS



Dr. Germán Hernández Cruz
CO-DIRECTOR DE TESIS



Dra. Jeanette Magnolia López Walle
CO-DIRECTOR DE TESIS



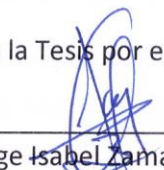
Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

“ESTRÉS BIOLÓGICO Y PSICOLÓGICO EN DEPORTISTAS CON INGESTA DE UNA DIETA RICA EN ANTIOXIDANTES”.

Presentado por:

ENC. Sylvia Adriana Estrada Díaz

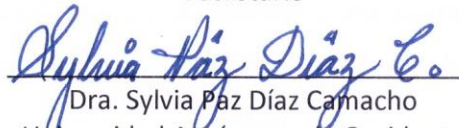
Aprobación de la Tesis por el Jurado de Examen:



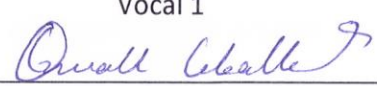
Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera
Universidad Autónoma de Nuevo León
Presidente



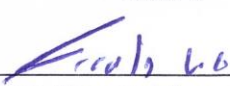
Dra. Laura Mireya Zavala Flores
Centro de Investigación Biomédica del Noreste, IMSS.
Secretario



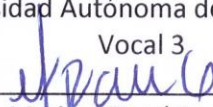
Dra. Sylvia Paz Díaz Camacho
Universidad Autónoma de Occidente
Vocal 1



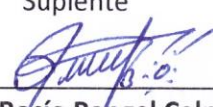
Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola
Universidad Autónoma de Nuevo León
Vocal 2



Dr. Ricardo López García
Universidad Autónoma de Nuevo León
Vocal 3



Dra. Myriam Zarái García Dávila
Universidad Autónoma de Nuevo León
Suplente



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación
Octubre 2019, San Nicolás de los Garza, N. L.

Agradecimientos

Agradezco a la Facultad de Organización Deportiva por ofrecer el programa Doctorado en Ciencias de la Cultura Física, a su Director el Dr. José Leandro Tristán Rodríguez, a la Dra. Jeanette Magnolia López Walle quien fue la primera en recibirme y con inspiración abrimme las puertas a ésta oportunidad de crecimiento académico, profesional y sobretodo personal.

Agradezco todo el apoyo que me ha brindado mi apreciado y ejemplar equipo de investigación del Laboratorio de Rendimiento Humano de la misma dependencia de la Universidad Autónoma de Nuevo León, a cargo de la Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero y del Dr. Germán Hernández Cruz, mis queridos doctores de quienes he aprendido muchas cosas que, aunque no todas están escritas en el documento de tesis, si marcan la diferencia en el marco de referencia de la propia vida. Reconozco y admiro su dedicación, esfuerzo y compromiso. Gracias infinitas por todo. Gracias por su tiempo, por la solidaridad, por su confianza y por compartir conmigo a su familia, sus conocimientos y experiencias y también por todos los retos y todos los logros juntos.

Agradezco a los demás integrantes del equipo de investigación compañeros, amigos y estudiantes de la Licenciatura en Entrenamiento Deportivo, de la Maestría en Actividad Física y Deporte, con un cariño especial muchas gracias a Flor Janet Miranda Mendoza, Liliana Reyes, Felipe Reynoso, José Raúl Hoyos Flores, Bianca Cejas y Zeltzin Alonso.

Agradezco a mis compañeros y amigos del Doctorado, en quien pude recibir de manera continua mucho cariño, apoyo, motivación, inspiración, comprensión y solidaridad, impulsando y compartiendo cada una de las etapas de esta aventura muchas gracias a todos; Nancy, Myriam, Alejandra, Erika, Soledad, José Trinidad, Miguel y José Paz. Muchas gracias también a nuestros excelentes profesores del programa educativo; entre ellos a la Dra. María Rosa Alfonso, a la Dra. Rosa María Castruita, la Dra. Elisabeth Rodríguez Bies, al Dr. Armando Cocca, al Dr. Jorge Zamarripa, al Dr. Roberto Mercado, a la Dra. Lorena González y al Dr. Zapopan

porque nos quedamos con las enseñanzas compartidas y seguro que su legado será de beneficio para muchas personas más.

Agradezco al equipo del Laboratorio de Genética del Centro de Investigación Biomédicas del Noreste, por su gran apoyo en especial y con mucho cariño muchas gracias a la Dra. Laura Mireya Zavala Flores y la Dra. Odila Saucedo Cárdenas, también a profesores y estudiantes del Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina de la UANL. Agradezco al Dr. Erik Ramírez López del Laboratorio de Evaluación de la Composición Corporal de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. También se agradece al equipo representativo y entrenador de balonmano de la UANL por su entusiasta participación.

Además, agradezco el apoyo económico para el desarrollo del proyecto de investigación a PRODEP (PRODEP DSA/103.15/15/6797) y la beca de estudios a CONACYT.

Dedicatoria

Quiero expresar mi gratitud plena a Dios, por darme y permitirme tantas cosas, principalmente por las personas a quienes va dirigida mi dedicatoria y que son el sentido de mi vida y mi motor para mejorar y superarme cada día y así también han sido el faro en el camino del desarrollo de esta tesis doctoral.

A mi abuelita Paz Camacho Sánchez que tanto quiero y es un gran pilar en mi vida, también a mis abuelitos Jesús Ricardo Estrada López[†], Waldina Álvarez Castro[†], Alfredo Díaz Angulo[†] a quienes recuerdo con amor, les agradezco su cariño, ternura y enseñanzas.

A mis padres amados, mi papi Jorge Alberto Estrada Álvarez[†] y a mi mami Sylvia Paz Díaz Camacho, muchas gracias por todo, siempre me han dado todo su amor y apoyo incondicional, que me ha impulsado a ser la persona que soy, los amo y amaré siempre y hasta la eternidad.

A mis queridísimos hermanos Víctor Hugo y Jorge Alfredo a quien les debo su bondad fraterna, apoyo y solidaridad y también les agradezco estar a mi lado, afrontado los retos de la vida y compartiendo grandes momentos de felicidad, amor, unión y fortaleza.

A mi esposo Sixto Alberto Sánchez Gallegos por ser mi compañero y cómplice en perseguir sueños e ilusiones, y a mi pequeña hija Delta Paz quien desde su primer latido ha sido el sol de mi existencia y también testigo y partícipe de éste gran proyecto personal.

ESTRÉS BIOLÓGICO Y PSICOLÓGICO EN DEPORTISTAS CON INGESTA DE UNA DIETA RICA EN ANTIOXIDANTES.

PALABRAS CLAVE: Ejercicio, estrés biológico y psicológico, zarzamora, polifenoles, capacidad total antioxidante.

RESUMEN: Objetivo. Identificar el comportamiento del estrés biológico y psicológico en deportistas con dieta rica en antioxidantes de la zarzamora (*Rubus* sp). **Métodos.** Se evaluaron a 14 atletas de alto rendimiento del equipo de balonmano varonil representativo de la UANL, con experiencia en torneos nacionales e internacionales, quienes realizaban sesiones de entrenamiento de 15 a 18 horas por semana como parte de la preparación para su competencia fundamental. Se recolectaron 56 muestras de sangre, 4 muestras por cada atleta, quienes fueron distribuidos 7 en el grupo experimental y 7 en el grupo control (con y sin ingesta de zarzamora, respectivamente). El consumo de la bebida de zarzamora o placebo para ambos grupos, fue de una dosis diaria durante 15 días (7 días en la etapa de pre competencia, 7 días durante el periodo de competencia y una dosis 24h después de finalizar la competencia). La dosis de zarzamora consistió en 200 mL de jugo fresco, obtenido por extracción mecánica y como placebo se administró agua natural purificada con colorante vegetal rojo. Previamente se valoró el estado de rendimiento de los atletas a través de pruebas de esfuerzo y se llevó a cabo una evaluación dietética. El estrés biológico se evaluó a través de la cuantificación de las condiciones de Estrés Oxidativo (EO) determinando la concentración de hidroperóxidos (*i.e.* prueba d-ROMs, unidades Cornelli), la capacidad total antioxidante (CTA) mediante el método FRAP (*i.e.* prueba PAT, unidades Carratelli), las enzimas antioxidantes (superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa), el cortisol y la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC). Todas las pruebas se determinaron en 4 momentos: (1) reposo (1 semana previa a competencia, antes del suministro de bebida); (2) pre-competencia (una semana antes de la competencia); (3) al final de competencia y (4) a las 24 h después de la competencia. El estrés psicológico se midió a través de la escala Restq-Sport en los mismos tiempos. **Resultados.** El estado de rendimiento de los atletas evaluados se encontraba en la

categoría de bueno según el VO₂max de la prueba de esfuerzo. Con relación a la evaluación dietética, se encontró para los dos grupos una media en la ingesta de energía de 3144kcal, de los cuales en promedio el 49% provenientes de los hidratos de carbono, el 15% de proteínas y el 36% de grasas o lípidos, identificando que la ingesta de hidratos de carbono y de proteínas se encontraba significativamente por debajo del requerimiento y por lo contrario las grasas o lípidos en exceso. En el grupo experimental, el EO disminuyó de manera significativa ($p = .018$) al comparar la toma en reposo con la toma previa a la competencia después de 7 días de la ingesta de la dieta rica en antioxidantes. El grupo control presentó aumentos significativos de la CTA en la toma previa a competencia ($p = .028$) así como al final de la misma ($p = .046$), con respecto a la toma en reposo. El cortisol presentó reducción significativa en el grupo experimental en la toma al final de competencia y a las 24 horas después de la misma, con respecto a la toma en pre-competencia. Se encontraron cambios significativos ($p < .05$) en las respuestas psicológicas de estrés previo y posterior a la competición. **Conclusiones.** En este estudio se evidenció que aunque el rendimiento de los deportistas fue bueno, es necesario equilibrar su dieta favoreciendo el incremento del consumo de hidratos de carbono y proteínas y la disminución de grasas. El EO se incrementó después de la competencia y estimuló la CTA. Asimismo la CTA mostró una elevación correlacionada con la disminución de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. En la evaluación del estrés psicológico en los deportistas, aunque se encontraron percepciones positivas como el éxito, la recuperación social, el bienestar general, autoeficacia, autorregulación, mostró diferencias significativas entre alguno de los tiempos de evaluación en las subescalas de estrés general, fatiga, recuperación física, calidad de sueño, periodos de descanso, fatiga emocional, lesiones, así como en el estrés general antes y después de la competencia. La ingesta de la dieta rica en antioxidantes es favorable en el entrenamiento previo a la competencia ya que promueve la regulación del EO.

BIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL STRESS IN ATHLETES WITH ANTIOXIDANT-RICH DIET OF BLACKBERRY (RUBUS SP.)

KEYWORDS. Exercise, biological and psychological stress, Blackberry, Polyphenols, Total Antioxidant Capacity.

ABSTRACT. Objective. To identify the behavior of biological and psychological stress in athletes with antioxidant-rich diet of blackberry (*Rubus sp.*). **Methods.** Fourteen high-performance athletes from UANL's handball team, with national and international experience and training sessions that range from 15 to 18 hours a week as part of the competition preparation, were evaluate. Fifty-six blood samples were taken in total, 4 for each one of the athletes. The subjects were divide equally in an experimental group and a control group with and without the intake of blackberry respectively. The intake of the blackberry beverage or placebo for both groups was a daily dose for 15 days (7 days on pre-competition stage, 7 days during competition period and a dose 24 hours after the end of the competition). The performance condition of the athletes prior to the intake was evaluate through stress tests and a diet evaluation was performer. Biological stress was evaluated determining the Oxidative Stress (OS) conditions (i.e. d-ROMs test, Cornelli units, U.Cor.) the Total Antioxidant Capacity (TAC) (i.e. PAT test, Carratelli units, U. Carr.), Antioxidant Enzymes levels, Cortisol on plasma, and the Heart Variability Rate (HVR). Psychological stress was evaluate with the Restq-Sport Questionarie. The variables were quantified at 4 moments: (1) resting (1 week before the competition, before the beverage intake); (2) pre-competition (one week before the competition); (3) at the end of the competition; and (4) 24 hours after the competition. **Results.** The performance conditions of the subjects studied fell on the good category according to the VO₂ max test of stress. Regarding the diet evaluation, an average energetic intake of 3144 kcals was determined, from which 49% parted from carbohydrates, 15% of proteins and 36% of fat and lipids concluding that the carbohydrate and protein intake were significantly below energetic requirement and on the contrary, the intake of fat and lipids was excessive. On the experimental group, OS was

significantly reduced ($p=.018$) comparing with the resting to the pre-competition stage after 7 days of the antioxidant-rich diet. The control group had a significant rise on TAC presented in pre-competition stage ($p=.028$) as well as at end of competition ($p=.046$) compared to the resting period. Cortisol reduced significantly on the experimental group at the after-competition stage and 24 hours after such with respect to the stage prior to competition. Significant changes ($p < .05$) were found in the psychological response to stress before and after competing. **Conclusions.** This work showed that, even though athletes' performance was adequate, it is necessary to balance their diet favoring the increment in the intake of carbohydrates and proteins and diminishing fat and lipids. The OS rises after competition and stimulates the TAC. Moreover, the TAC showed an elevation correlated to the decrease of the HVR. On the evaluation of psychological stress positive perceptions, like success, social recovery, overall well-being, self-efficiency and self-regulation were found. Nevertheless, it also showed significant differences between certain evaluation periods on the sub-scales of overall stress, fatigue, physical recovery, quality of life, rest periods, emotional fatigue and injuries as well as the overall stress before and after competition. The intake of an antioxidant-rich diet is helpful on pre-competition training since it promotes the regulation of OS, diminishing its levels.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	- 6 -
Capítulo 1. Fundamentos teóricos	- 16 -
Ejercicio físico y rendimiento deportivo.....	- 16 -
Alimentación para deportistas.....	- 22 -
Características de la práctica deportiva del balonmano.....	- 25 -
Estrés biológico.....	- 28 -
Estrés a nivel celular.....	- 31 -
Balance redox. Sistema de defensa antioxidante.....	- 31 -
-	
<i>Antioxidantes endógenos</i>	- 31 -
<i>Antioxidantes exógenos</i>	- 33 -
Estrés oxidativo.....	- 36 -
<i>Estrés oxidativo y sistema antioxidante en deportistas</i>	- 38 -
Fisioendocrinología del estrés.....	- 41 -
Estrés a nivel endócrino.....	- 41 -
Estrés a nivel fisiológico.....	- 43 -
<i>Variabilidad de la frecuencia cardíaca</i>	- 43 -
Cortisol y deporte.....	- 48 -
Estrés psicológico.....	- 50 -
Estrés psicológico y deporte.....	- 55 -
Modelo ribes.....	- 58 -
Estrés biológico y psicológico en deportistas de alto rendimiento.....	- 59 -
Evaluación dietética y composición corporal en deportistas.....	- 60 -
Capítulo 2. Fundamentos metodológicos	- 64 -
Materiales y métodos.....	- 65 -
Muestra.....	- 66 -
Criterios de inclusión.....	- 67 -
Criterios de exclusión.....	- 67 -
Espacio.....	- 68 -
Procedimientos.....	- 69 -
Historial médico.....	- 69 -
Evaluación del de las variables.....	- 70 -
Prueba de esfuerzo.....	- 70 -
Evaluación de la composición corporal.....	- 70 -
Evaluación dietética.....	- 71 -
Evaluación de estrés biológico.....	- 72 -
<i>Cuantificación del estrés oxidativo y capacidad antioxidante</i>	- 73 -
<i>Medición del estrés oxidativo (prueba droms)</i>	- 73 -
<i>Medición de la capacidad antioxidante (prueba pat)</i>	- 74 -
<i>Cuantificación de enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (sod), catalasa (cat) y glutatión peroxidasa (gpx) por western blot</i>	- 75 -
<i>Extracción de leucocitos</i>	- 75 -
<i>Cuantificación de proteínas</i>	- 76 -
<i>Preparación de gel</i>	- 77 -
<i>Electroforesis</i>	- 78 -
<i>Transferencia</i>	- 78 -
<i>Bloqueo</i>	- 78 -

<i>Anticuerpo primario</i>	-79-
<i>Anticuerpo secundario</i>	-79-
<i>Revelado</i>	-79-
Evaluación del cortisol.....	-80-
Medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	-81-
Evaluación del estrés psicológico.....	-81-
Análisis estadístico.....	-83-
Capítulo 3. Resultados y discusión	- 84
-	
Estado de rendimiento deportivo.....	- 84 -
Evaluación de la composición corporal.....	- 84
-	
Evaluación dietética.....	- 87 -
Estrés biológico.....	- 93 -
Nivel celular. Estrés oxidativo y capacidad total antioxidante.....	- 93
-	
Nivel celular. Enzimas antioxidantes.....	- 98 -
Nivel endócrino. Cortisol en plasma.....	- 100 -
Nivel fisiológico. Variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	- 102
-	
Estrés psicológico. Balance estrés/recuperación.....	- 104 -
Relación entre los diferentes marcadores del estrés: cta y rmysd.....	- 106
-	
Capítulo 4. Conclusiones	- 107 -
Lineas futuras de investigación.....	-108-
Referencias bibliográficas	-109-
Anexos	-145-
Anexo 1. Comité de ética.....	-145-
Anexo 2. Consentimiento informado.....	-146-

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de course navette.....	- 18 -
Figura 2. Movimientos en balonmano.....	- 26 -
Figura 3. Mecanismo de acción antioxidante de la catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa.....	- 33 -
Figura 4. Variación de la frecuencia cardíaca latido a latido.....	- 46 -
Figura 5. Eje hipotalámico-adrenal. Hormonas implicadas en el estrés.....	- 49 -
Figura 6. Modelo psicológico de la biología de ribes.....	- 58 -
Figura 7. Densitometría dual de rayos x (DXA).....	- 64 -
Figura 8. Estrategia experimental.....	- 72 -
Figura 9. Equipo Fras 4 evolvo.....	- 75 -
Figura 10. Extracción de células blancas.....	- 76 -
Figura 11. Cuantificación de proteínas.....	- 77 -
Figura 12. Esquema del procedimiento de la técnica wester blot.....	- 80 -
Figura 13. Vo2max en el ml/kg/min de jugadores de balonmano varonil uanl.....	- 84 -
Figura 14. Comparación de requerimientos e ingesta de macronutrientes en gramos de las medias de los grupos experimental y control.....	- 91 -
Figura 15. Estrés oxidativo según prueba d-roms por toma según el grupo control y el grupo experimental.....	- 94 -
Figura 16. Capacidad total antioxidante de los jugadores del equipo varonil de balonmano.....	- 96 -
Figura 17. Detección de sod grupo experimental.....	- 98 -
Figura 18. Detección de sod grupo control.....	- 98 -
Figura 19. Detección de cat.....	- 99 -
Figura 20. Detección de gpx.....	- 99 -
Figura 21. Western blot para detección de SOD1.....	- 100 -
Figura 22. Cortisol en plasma del grupo control y el experimental.....	- 102 -
Figura 23. Niveles de RMSSD de la VFC en los sujetos de la	

investigación.....	- 102 -
Figura 24. Sub-escalas del cuestionario RestQ-Sport en los sujetos.....	- 105 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables, métodos y materiales o instrumentos.....	- 66 -
Tabla 2. Características generales de 14 jugadores de balonmano.....	- 67 -
Tabla 3. Evaluaciones y espacios destinados para su desarrollo.....	- 68 -
Tabla 4. Evaluación de la composición corporal a través de densitometría de rayos x de doble energía (dxa) en de jugadores de balonmano varonil uanl.....	- 86 -
Tabla 5. Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Energía y macronutrientes de la ingesta de los jugadores de balonmano varonil uanl del grupo control durante el periodo de competición.....	- 87 -
Tabla 6. Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Cuantificación de la ingesta de los micronutrientes (vitaminas y minerales) en los jugadores de balonmano varonil uanl del grupo control durante el periodo de competición.....	- 87 -
Tabla 7. Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Cuantificación de la energía y macronutrientes de la ingesta de los jugadores de balonmano varonil uanl del grupo experimental durante el periodo de competición.....	- 88 -
Tabla 8. Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Cuantificación de la ingesta de los micronutrientes (vitaminas y minerales) en los jugadores de balonmano varonil uanl del grupo experimental durante el periodo de competición.....	- 89 -
Tabla 9. Comparación de recomendaciones de ingesta diaria (rdi) y de las medias de los grupos experimental y control del consumo de vitaminas según el recordatorio de 24 horas. * (p < 0.05) ** (p < 0.01) con respecto a los rdi.....	- 92 -
Tabla 10. Comparación de recomendaciones de ingesta diaria (rdi) y de las medias de los grupos experimental y control del consumo de minerales según el recordatorio de 24 horas. * (p < 0.05) ** (p < 0.01) con respecto a los rdi (vega-pérez et al., 2016).....	- 92 -

Introducción

En México, actualmente se observa un incremento en la importancia cultural y social hacia el deporte y además se han incrementado los recursos humanos multidisciplinares, así como los tecnológicos, científicos y económicos que están involucrados y destinados para mejorar la preparación y el rendimiento de los atletas.

Durante la práctica de un deporte de alto rendimiento, constantemente se lleva al individuo a manejar niveles de exigencias extremas tanto biológicas y físicas como psicológicas (Baker & Horton, 2004). Para conseguir la preparación y el rendimiento óptimo deseado es necesario considerar éstas exigencias y partir del análisis de todas las dimensiones del atleta y desde el funcionamiento biológico, psicológico y social, buscar el alto rendimiento ofreciendo una adecuada intervención y preparación multidisciplinaria (Lorenzo, 2003).

Baker y Horton (2004) clasificaron los factores asociados al rendimiento deportivo en primarios y secundarios; los factores primarios incluyen todos aquellos parámetros con los que el atleta contribuye de manera directa a su propio rendimiento; tales como factores fisiológicos, biológicos, genéticos, el entrenamiento y las condiciones psicológicas. Los factores secundarios tienen influencia secundaria en el rendimiento e incluyen aspectos socioculturales (cultura, recursos disponibles, factores familiares y de entorno contextual).

Dentro de los factores primarios encontramos al estrés, el cual activa un conjunto de reacciones que implican respuestas conductuales y fisiológicas (incluyendo mecanismos celulares y neuroendocrinos) que permiten al organismo responder al estresor de la manera más adaptada posible (Duval, González, & Rabia, 2010).

Otros factores son las características y la calidad de la alimentación, la composición corporal, las condiciones físicas y psicológicas de los atletas que van a marcar la pauta para el desempeño óptimo del entrenamiento, la competición y en el mantenimiento del rendimiento deportivo (Lorenzo, 2003).

El estrés se genera como reacción del organismo a las modificaciones del medio (interior y exterior) principalmente se ha asociado con los siguientes procesos:

1) La reacción de estrés está controlada en sus componentes emocionales, conductuales y fisiológicos por la Hormona Liberadora de Corticotropina (CRH).

2) La reacción del eje hipotálamo-hipofisocorticosuprarrenal (eje HPA o corticotrópico) al estrés está modulado en su intensidad y su duración por la retroalimentación de los glucocorticoides al nivel del hipocampo, siendo las neuronas hipocámpicas muy sensibles al exceso o a la insuficiencia de glucocorticoides, la variación de la eficacia de este sistema de freno debería dar cuenta de las diferencias individuales de reactividad al estrés.

3) La reciprocidad de las interacciones entre el sistema inmunitario y el sistema nervioso central, a través de la combinación de citocinas y glucocorticoides, constituye otro elemento regulador cuyo funcionamiento alterado puede estar en el origen de enfermedades, además de afectar el rendimiento deportivo (Duval et al., 2010).

Por otra parte, se reconoce que el sobreentrenamiento se relaciona con manifestaciones psicológicas desfavorables, así como la afección en diferentes marcadores biológicos asociados al estrés.

Se ha reportado que durante el periodo de competición el atleta percibe mayor carga de exigencias, por lo tanto es una etapa en donde se encuentra vulnerable al estrés, a lesiones, al síndrome de sobreentrenamiento, incluso al burnout deportivo (Cox, 2009).

El presente estudio está centrado en la comprensión del estrés en deportistas durante el periodo de competición, desde una perspectiva integral en donde se busca identificar el comportamiento del estrés a nivel celular, endócrino, fisiológico y psicológico. Así como reconocer el impacto de la ingesta de una dieta rica en antioxidantes sobre el mismo estrés.

Para justificar esta investigación se reconoce que la búsqueda de la excelencia en el deporte ha conducido a la necesidad de estudiar, analizar y comprender los procesos condicionantes del rendimiento deportivo de las diferentes dimensiones del atleta: fisiológicas, psicosociales y biológicas, entre otras (Baker & Horton, 2004).

Uno de los procesos a los que constantemente están sometidos los atletas, en relación con el rendimiento, es el estrés; a nivel celular, endócrino, físico y/o psicológico, el cual se manifiesta en periodos de entrenamiento, de preparación y con mayor frecuencia durante competencia. El estrés por lo general es causado por sobrecarga, exigencias competitivas o de entrenamiento que sobrepasan límites de tolerancia personal y cuando resulta crónico, el resultado es negativo en todas las dimensiones ocasionando una disminución en el rendimiento del atleta de forma considerable (Cox, 2009; Powers, Nelson, & Hudson, 2011).

A nivel celular, el estrés oxidativo se genera por el aumento los agentes oxidantes (radicales libres y especies reactivas de oxígeno) y la incapacidad de su regulación. Cuando se presenta de manera persistente, se asocia a daño celular, específicamente se puede producir daño al ADN, oxidación de lípidos y proteínas, presentando interacciones desfavorables con los diferentes sistemas orgánicos, lo que incrementa el riesgo a presentar enfermedades crónicas no transmisibles, entre ellas la obesidad, enfermedades cardiovasculares, aterogénesis, trastornos neurodegenerativos y cáncer (Alfadda & Sallam, 2012; Dalle-Donne, Rossi, Colombo, Giustarini, & Milzani, 2006; Leopold & Loscalzo, 2009).

Dentro del contexto deportivo, las investigaciones científicas realizadas en atletas de diversas disciplinas han concluido que el estrés oxidativo generado por el ejercicio intenso de entrenamiento, en competición o mantenimiento está relacionado a un elevado consumo de oxígeno durante el ejercicio intenso, así como un aumento de las especies reactivas de oxígeno y de contenidos celulares, además se observa interacciones directas, indirectas y desfavorables con el sistema inmunológico, el sistema nervioso y endócrino, induciendo de ésta manera la disminución del

rendimiento deportivo (Berzosa et al., 2011; Djordjevic et al., 2012; Marin et al., 2011; Tong, Lin, Lippi, Nie, & Tian, 2012).

Investigadores como McAnulty et al. (2004) han estudiado si el rendimiento deportivo es uno más de los beneficios que se consigue con la ingesta de antioxidantes, entre ellos los polifenoles, flavonoides y catecolaminas.

Además, existen dos vías fundamentales para proteger al organismo de los radicales libres; los antioxidantes enzimáticos (endógenos) y no enzimáticos (exógenos) y su interacción puede ser intracelular o extracelular (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015). Los antioxidantes no enzimáticos o exógenos son los que se obtienen de la dieta, entre ellos encontramos a la vitamina C, la vitamina E, polifenoles, entre otras (Salinas, 2007).

Por otra parte, en cuanto al estrés a nivel psicológico investigaciones recientes indican una interacción entre la presencia de estrés psicológico, ansiedad o síndrome de burnout con el aumento de las lesiones en el entrenamiento, así como la disminución en el enfoque y la excelencia deportiva (Clement, Granquist, & Arvinen-Barrow, 2013; De Francisco, Garcés, & Arce, 2014).

Otros autores presentan información científica de la relación del estrés oxidativo con los aspectos y manifestaciones psicológicos del estrés (Bouayed, Rammal, & Soulimani, 2009; Ng, Berk, Dean, & Bush, 2008).

A nivel endócrino el estrés se manifiesta con alteraciones hormonales, como es la elevación considerable del cortisol, el cual es el principal glucocorticoide producido en la corteza suprarrenal; es la hormona catabólica por excelencia, su papel en la respuesta aguda al esfuerzo es crucial, al permitir el mantenimiento de la disponibilidad energética mientras dura el esfuerzo. La hipercortisolemia es frecuente entre deportistas de especialidades está muy relacionada con el volumen de entrenamiento y se ha observado que en ejercicio intenso se presenta una menor respuesta del cortisol (Bresciani et al., 2010).

En la actualidad ha tomado gran importancia el estudio, la comprensión y el análisis de los cambios que surgen después y durante el ejercicio intenso o extenuante en los deportistas mexicanos. Ello con la finalidad de conocer el estado del atleta, así como para cuidar la salud integral de los mismos, previniendo posibles lesiones o afecciones biológicas o psicológicas con la detección oportuna de indicadores biológicos y/o psicológicos (Carranza, Hernández, López, Ochoa, & Rangel, 2015).

Evaluar los aspectos psicológicos del estrés a través de métodos no invasivos, como los que utiliza la psicología, y de igual manera el llevar un control biológico durante los entrenamientos y competencias tiene gran ventaja para cuidar la condición del atleta, así como detectar, monitorear e intervenir de manera oportuna. De ésta manera se contribuye con el rendimiento y con la disminución de los riesgos metabólicos, biológicos y celulares generados por el estrés.

Considerando la falta de información actualizada, sólida y suficiente al respecto, surge el interés de estudiar el comportamiento y las interacciones del estrés biológico y psicológico en deportistas mexicanos con la ingesta de una dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

Por lo anterior se plantea el siguiente problema:

En deportistas mexicanos con y sin la ingesta de una dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición: ¿Cómo se comporta el estrés a nivel celular, endócrino, fisiológico y psicológico y cuál es la relación que existe entre ellos?

Surgiendo las siguientes preguntas científicas de investigación:

- ¿Cuál es el comportamiento de los siguientes parámetros de medición del estrés en deportistas mexicanos con y sin ingesta de una dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición?
 - A nivel celular

- Estrés oxidativo
 - Metabolitos reactivos de oxígeno (d-ROMS)
 - Capacidad total antioxidante (PAT)
- Enzimas antioxidantes
 - Superóxido dismutasa (SOD)
 - Catalasa (Cat)
 - Glutatión peroxidasa (Gpx)
- A nivel endócrino
 - Cortisol
- A nivel fisiológico
 - Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC)
- ¿Cómo se comporta el balance estrés/recuperación psicológicamente en deportistas mexicanos con y sin ingesta de una dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición?
- ¿Cuál es la relación que existe entre los diferentes marcadores del estrés en deportistas mexicanos con y sin ingesta de una dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición?

El presente estudio tiene un diseño experimental y correlacional, con análisis sensorial, debido a que la población del estudio son todos los integrantes del equipo de balonmano varonil de la UANL.

Los deportistas fueron divididos en dos grupos como muestras relacionadas (del mismo tamaño) y elegidos aleatoriamente en forma simple. Se realizó una junta informativa con todo el equipo y el entrenador, en dónde se les propuso participar en el presente estudio de investigación; los deportistas que aceptaron firmaron un

consentimiento informado. Para conocer sus características generales se realizaron evaluaciones que incluían la evaluación médica, una prueba de esfuerzo, evaluación dietética y de la composición corporal.

Posteriormente se inició con el protocolo experimental que constó de 6 evaluaciones tanto de las variables del estrés biológico como del estrés psicológico y a su vez se le administró al grupo experimental una bebida de zarzamora rica en antioxidantes naturales y al grupo control una bebida placebo durante 17 días.

El procesamiento de datos se realizó con análisis estadístico utilizando pruebas no paramétricas, de multivarianza, la prueba de Wilcoxon. Se realizó estadística descriptiva, posteriormente la prueba de normalidad de datos de Kolmogorov-Smirnov, se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar las diferencias entre grupos, después se realizó la prueba de Friedman, seguido de la prueba de Wilcoxon con el paquete estadístico SPSS versión 21.

El documento de la tesis doctoral está integrado en capítulos.

En el primero, se aborda el estado del arte en torno al objeto y al problema de estudio previamente mencionados, la fundamentación teórica en donde se encontrarán antecedentes del estrés biológico; en esta parte se incluye contenido de estrés oxidativo su descripción, considerando las características del estrés a nivel celular, fisiológico y endócrino, así como su fisiología; también en este capítulo se abordan las bases teóricas del estrés psicológico, en éste capítulo también se incluyen los antecedentes teóricos del estrés psicológico, desde la perspectiva de la cultura física, el modelo de ribes, así como estudios de investigación previos en donde se aprecian interacciones entre el estrés psicológico y el estrés biológico en deportistas de alto rendimiento.

El capítulo 2 está formado por los fundamentos metodológicos, incluyendo la definición, la naturaleza, la función así como las implicaciones de cada una de las variables del estudio, además incluye desde los materiales y métodos, como los procedimientos realizados, también el consentimiento informado, la población y la

muestra a estudiar, los instrumentos que serán utilizados así como la explicación de la recolección y el procesamiento de los datos.

En el capítulo 3 se presentan los resultados y discusiones de la investigación, siguiendo el orden según los objetivos; empieza con los resultados del estado de rendimiento deportivo, posteriormente de la evaluación de la composición corporal y la evaluación dietética, seguido de los resultados del Estrés Biológico a nivel celular (Estrés Oxidativo, Capacidad Total Antioxidante, Enzimas antioxidantes), a nivel endócrino (Cortisol en plasma), a nivel fisiológico (Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca). También se presentan los resultados del Estrés Psicológico (Balance estrés/ recuperación) y la Relación entre los diferentes marcadores del estrés (Capacidad Total Antioxidante y la RMSSD).

Y por último el capítulo 4 incluye las conclusiones de la investigación, abordando cada uno de los resultados más relevantes según los objetivos específicos del estudio. Entre ellos los hallazgos en el comportamiento del estrés biológico a través de la evaluación de diferentes marcadores, así como en el estrés psicológico.

El **objetivo general** del estudio fue determinar el comportamiento e identificar la relación entre los parámetros de medición del estrés biológico y psicológico y el balance estrés/recuperación en deportistas mexicanos con y sin ingesta de dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

Los **objetivos específicos** fueron los siguientes:

1. Identificar rendimiento deportivo de deportistas mexicanos de balonmano varonil de la UANL con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición.
2. Identificar la composición corporal de deportistas mexicanos de balonmano varonil de la UANL con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

3. Evaluar la dieta para determinar la ingesta de energía, de macro y micronutrientes de deportistas mexicanos con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

4. Identificar el comportamiento de los siguientes parámetros de medición del estrés en deportistas mexicanos con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

a. A nivel celular

- Estrés oxidativo: Metabolitos Reactivos de Oxígeno
- Capacidad Total Antioxidante
- Enzimas Antioxidantes
 - Superoxido dismutasa (SOD)
 - Catalasa (Cat)
 - Glutación peroxidasa (Gpx)

b. A nivel endócrino

- Cortisol

c. A nivel fisiológico

- Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC)

5. Determinar el comportamiento del balance estrés/recuperación psicológico en deportistas mexicanos con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

6. Determinar si existe relación entre los diferentes parámetros de medición del estrés en deportistas mexicanos con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición.

Las hipótesis del estudio fueron:

Hipótesis 1

- Existe relación entre los diferentes parámetros de medición del estrés.

Hipótesis 2

- Los deportistas con ingesta de la dieta rica en antioxidantes mantendrán una mejor regulación del estrés.

Capítulo 1. Fundamentos Teóricos

Ejercicio Físico y Rendimiento Deportivo

El ejercicio físico se define como la práctica de actividad física, planificada y estructurada, repetida e intencionada para mantener y mejorar la condición física y se requiere voluntad para su práctica (Negueruela, 2014). Además incluye la participación y activación de todos los sistemas y órganos del cuerpo humano, su realización de manera adecuada lleva a tener mejores resultados deportivos (Aguilar, Zuluaga, Patiño, & Caraballo, 2006). Los efectos del ejercicio físico varían dependiendo de la frecuencia, intensidad y duración del ejercicio realizado (Moreno-Eutimio & Acosta-Altamirano, 2014).

La intensidad es el grado de esfuerzo que exige un ejercicio, a mayor esfuerzo mayor es la intensidad del ejercicio. Los principales indicadores de la intensidad y del rendimiento deportivo son la Frecuencia Cardíaca (FC) y el Consumo de Oxígeno (VO^2).

A través de la FC se clasifica en ejercicio de intensidad moderada cuando exigen 55-60% de la FC máxima, de intensidad media cuando se requieren 60-75% de la FC máxima y de intensidad elevada al superar 75-85% de la FC máxima. Es importante que la intensidad del ejercicio físico vaya aumentando de forma gradual, comenzando con intensidades entre los 50-55% de la FC máxima, para ir progresando y de esta manera permitir que el organismo se adapte a la exigencia (Subirats, Subirats, & Soteras, 2012).

El VO^2 de estado estable se refiere al equilibrio entre las necesidades de energía del ejercicio físico y la síntesis aeróbica de ATP. El déficit de oxígeno es la diferencia entre las necesidades de oxígeno del ejercicio y el oxígeno realmente consumido. El Consumo Máximo de Oxígeno ($VO^2_{m\acute{a}x}$) es la capacidad cuantitativamente máxima de síntesis aeróbica de ATP, se refiere la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir,

por unidad de tiempo, es ésta manera se conoce el rendimiento deportivo del atleta (García, Secchi, & Cappa, 2013; Halls, McArdle, Gratton, Hill, & Shaw, 2004).

El concepto de VO₂máx, fue aportado por Hill y colaboradores en 1923 al realizar investigación cardiorrespiratoria, definiéndolo como la tasa más alta a la cual el organismo es capaz de consumir oxígeno durante el ejercicio intenso (García & Secchi, 2014). El VO₂máx puede ser medido y monitoreado tanto en el laboratorio como en campo, utilizando un test de campo predictivo del VO₂max, el cual es de fácil aplicación, de bajo costo y se pueden medir varios sujetos al mismo tiempo (García et al., 2013).

El test de campo predictivo del VO₂max más utilizado mundialmente es el course navette de 20 metros (20m-SRT) también conocido como test de ida y vuelta en 20 m (García & Secchi, 2014). Balke en 1954 fue el primer autor, en realizar ensayos con el objetivo de crear un test predictivo del VO₂max en campo, confeccionó el Test de 15 minutos. El cual se caracteriza por ser un test continuo, constante y máximo hasta la fatiga (García et al., 2013; García & Secchi, 2014).

La prueba Course Navette es un test audible, incremental, sin pausas, máximo hasta la fatiga, de aceleración y desaceleración, consiste en correr el mayor tiempo posible entre 2 líneas separadas por 20m en doble sentido, ida y vuelta. El ritmo de carrera es impuesto por una señal sonora. Las primeras etapas son de velocidad baja y tienen como objetivo familiarizarse con el test y, a su vez, realizar una entrada en calor específica. El sujeto debe pisar detrás de la línea de 20 metros en el momento justo en que se emite la señal sonora. Finaliza cuando el sujeto se detiene por- que alcanzó la fatiga o cuando por 2 veces consecutivas no llega a pisar detrás de la línea a la señal sonora. La velocidad obtenida en la última etapa terminada es considerada como la Velocidad Final Alcanzada (VFA). La velocidad inicial es de 8,5 km h⁻¹ y esta se incrementa 0,5 km h⁻¹ cada minuto (García & Secchi, 2014).

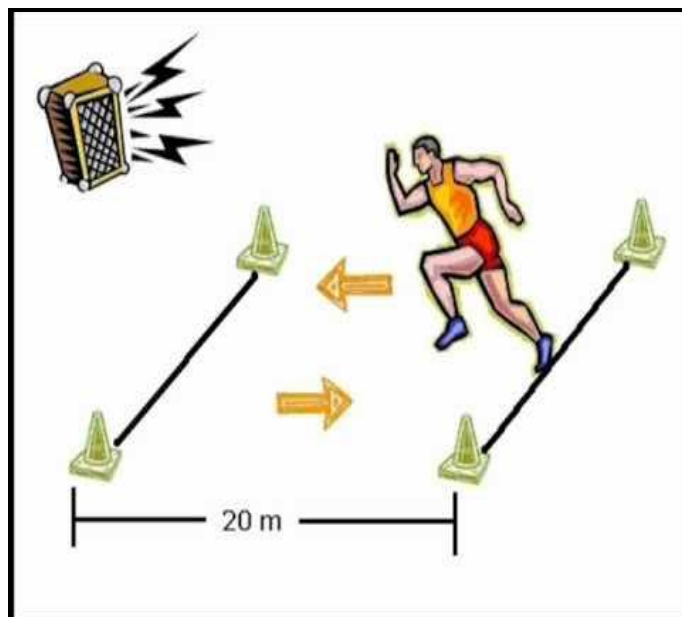


Figura 1. Prueba de Course Navette

Este test comprende un total de 20 etapas, y la cantidad de repeticiones de 20 metros se incrementa en forma análoga a la velocidad. Esto se debe a que, al aumentar la velocidad, los sujetos recorren más rápido los 20m. Por este motivo la primera etapa tiene 7 repeticiones de 20 m y la última etapa tiene 15 repeticiones (García & Secchi, 2013, 2014).

La VFA es utilizada para estimar el $VO_2^{\text{máx}}$. A través de la siguiente fórmula para adultos de 18 o más años propuesta por Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, (1988).

$$VO_2^{\text{máx}} = (6 \times \text{VFA}) - 27.4$$

Por otra parte, como parte fundamental del rendimiento deportivo se encuentra el llevar un entrenamiento adecuado y exige la comprensión del espectro de energía del ejercicio físico, con objeto de mejorar un sistema específico de transferencia energética. Las rutas principales de producción de ATP se diferencian dependiendo de la intensidad y duración del ejercicio. El ejercicio intenso de corta duración (carrera de 100 m lisos, levantamiento de pesas) obtiene la energía principalmente de los fosfágenos intramusculares ATP y CrP (sistema inmediato de energía). El ejercicio intenso de mayor duración (1 a 2 minutos) necesita energía principalmente

de las reacciones anaeróbicas de la glucólisis (sistema de energía a corto plazo). El sistema aeróbico de largo plazo predomina al alargarse el ejercicio más allá de varios minutos de duración (García & Secchi, 2014; Halls et al., 2004).

El glucógeno muscular y la glucemia sanguínea son sustratos de suma importancia en el deporte ya que proporcionan la energía necesaria para la contracción muscular. Los carbohidratos que forman el glucógeno son la fuente de energía rápida para el organismo debido a que su oxidación produce 6,3 moles de ATP por mol de oxígeno frente a los 5,6 moles obtenidos al oxidar las grasas (Calderón, Benito, Meléndez, & González, 2006). La disponibilidad de los carbohidratos, se convierte en un factor limitante del rendimiento en ejercicios submáximos prolongados (>90min) e intermitentes de alta intensidad. Por tanto, la ingestión adecuada de hidratos de carbono alrededor de un 50-65% del total de la energía del día puede retrasar la aparición de fatiga muscular y prolongar el rendimiento deportivo (Rossi et al., 2017).

La práctica de un ejercicio físico regular reduce el riesgo de enfermedades crónicas metabólicas, mejorando la circulación cardiovascular, reduciendo la grasa visceral e induciendo a efectos antiinflamatorios, logrando menor liberación de citocinas proinflamatorias y la inducción de un ambiente antiinflamatorio con cada sesión de ejercicio (Mancilla et al., 2014; Moreno-Eutimio & Acosta-Altamirano, 2014).

La generación de este ambiente antiinflamatorio en la práctica del ejercicio se origina por diversos mecanismos, entre ellos: aumento de la liberación de cortisol y adrenalina por medio de las glándulas suprarrenales, aumento de la producción y liberación de Interleucina-6 (IL-6) por la contracción del músculo esquelético, lo que conduce a la fase antiinflamatoria, reducción de la expresión de los receptores de tipo Toll en monocitos y macrófagos, logrando menor producción de citocinas proinflamatorias; cambio fenotípico de los macrófagos en el tejido adiposo de M1 (proinflamatorios) a M2 (antiinflamatorios), y reducción en los números circulantes de monocitos no clásicos, y aumento en el número de células T reguladoras (Aguilar et al., 2006; Moreno-Eutimio & Acosta-Altamirano, 2014).

Durante el ejercicio físico de tipo de alta intensidad se producen mecanismos que responden a demandas intensas del ejercicio, entre ellas se presenta un marcado aumento de las concentraciones circulantes de la hormona del crecimiento, de prolactina, de proteínas de choque térmico, y otros factores con efectos inmunomoduladores que influyen en el tráfico y la función de las células inmunitarias. (Aguilar et al., 2006; Mancilla et al., 2014; Moreno-Eutimio & Acosta-Altamirano, 2014). Además se ha reportado que hay disminución de la respuesta inmune después del ejercicio prolongado (>1,5hrs) a intensidad de moderada a alta (55 -75 % como VO_2 máx) (Gleeson, 2007).

En éste contexto se considera que el ejercicio podría tener un efecto positivo o uno negativo sobre la inmunidad, el cual depende de la intensidad y duración del ejercicio, así como la aptitud del deportista y la edad (Brolinson & Elliott, 2007; Comassi et al., 2014; Timmons, Tarnopolsky, Snider, & Bar-Or, 2006).

La práctica del deporte de alto rendimiento, es posible que conduzca a situaciones donde la búsqueda del rendimiento óptimo se vuelva de extrema relevancia (Molina, Sandín, & Chorot, 2014), para su realización se requiere de entrenamiento deportivo el cual implica un proceso complejo de actividades, dirigido al desarrollo planificado de ciertos estados de rendimiento deportivo y a su exhibición en situaciones de verificación deportiva, especialmente en la actividad competitiva (Martin, Carl, & Lehnertz, 2007).

En la búsqueda del éxito deportivo, son los atletas de alto rendimiento los más susceptibles a contraer diferentes padecimiento o riesgos a su salud, entre ellos lesiones físicas, afecciones psicológicas, así como alteraciones metabólicas, afectando el sistema inmunológico llevándolos a contraer infecciones de las vías respiratorias, ocasionando un grado de inmunosupresión, también otros factores como el estrés psicológico, ansiedad, trastornos del sueño, y el equilibrio energético negativo, pueden contribuir a la inmunosupresión (Molina et al., 2014; Moreno-Eutimio & Acosta-Altamirano, 2014; Suay, 2003). Además el esfuerzo por conseguir el éxito, implica manejar altos niveles de estrés por ser considerado un fenómeno

sociológico y económico de gran impacto en nuestra sociedad (García, Cancela, Oliveira, & Mariño, 2009).

Gran importancia tiene la planeación adecuada del entrenamiento deportivo, considerando las actividades, los esfuerzos físicos y emocionales de cada atleta con la finalidad de lograr el desarrollo planificado de ciertos estados de rendimiento deportivo, alcanzar la meta durante competencia y cuidar la salud integral del deportista (García et al., 2009; Martin et al., 2007). La administración de cargas y recuperaciones, la condición física y la composición corporal, el estado nutricional, entre otros son factores que afectan el rendimiento deportivo tanto en competencia como en entrenamiento (García et al., 2009; Martin et al., 2007; Ramos-Campo et al., 2014; Rossi et al., 2017).

Sin la planeación de un entrenamiento adecuado el atleta puede presentar el síndrome de sobreentrenamiento, el cual se define como un desequilibrio prolongado entre contextos que favorecen el estrés y contextos que favorecen la recuperación (González-Boto, Salguero, Tuero, Márquez, & Kellmann, 2008), y se encuentra relacionado a causas internas a la práctica deportiva que incluye la dinámica de administración de cargas y recuperaciones (Suay, 2003), también las alteraciones por otras circunstancias de tipo social y estructural del ámbito deportivo que facilitan la aparición e incidencia de factores de estrés (González-Boto, Molinero, & Márquez, 2006).

A través del control biológico y psicológico en entrenamiento y competencia, se pretende prevenir el círculo vicioso y negativo para el deportista que genera el sobreentrenamiento, ya que cuando los recursos de recuperación comienzan a ser inferiores a las demandas generadas por las situaciones de estrés, el equilibrio lógico se rompe, facilitando que el sujeto experimente paulatinamente y de manera cíclica incrementos en sus niveles de estrés sin que sean completamente recuperados, determinado por la capacidad individual para disponer y utilizar los recursos necesarios de recuperación (González-Boto et al., 2008; Reynoso-Sánchez et al., 2016).

Alimentación para Deportistas

Como parte de la preparación integral y adaptación al entrenamiento es necesario considerar la condición física, el estado nutricional y la composición corporal de los atletas que practican el alto rendimiento, ya que ellos sufren constantemente de estrés físico, fisiológico y psicológico (García et al., 2009) y además porque el entrenamiento deportivo que incluye la práctica de ejercicio físico a diferente intensidad y un incremento en la intensidad del ejercicio llevará a un aumento en la demanda de los hidratos de carbono como combustible energético; si la duración del ejercicio continúa, será necesario movilizar las reservas de glucógeno para que de esta manera se mantengan los valores circulantes de glucosa, de tal forma que si éstos no se pueden mantener, la intensidad del ejercicio y el rendimiento se verán reducidos (Pérez-Guisado, 2008).

Existen una variedad de factores en el organismo que influyen en la resistencia a la enfermedad del atleta, entre los cuales podemos encontrar la predisposición genética, tensiones físicas, psicológicas y ambientales. Una nutrición inadecuada, las alteraciones en el horario de sueño normal, así como también el funcionamiento del sistema inmunológico, el cual coordina a varios elementos desde genes, moléculas, células, órganos y tejidos para proteger al individuo contra los agentes patógenos (Jeukendrup & Gleeson, 2010).

La alimentación forma parte importante para mantener en buenas condiciones el sistema inmune durante los períodos de estrés fisiológico. Garantizar la energía adecuada, hidratos de carbono, consumo de grasas, proteínas y evitar las deficiencias de micronutrientes fundamentales para mantener un adecuado estado de salud. En la actualidad algunos suplementos nutricionales con flavonoides se recomiendan para la práctica deportiva (quercetina, antocianinas) con la finalidad que pueden disminuir el efecto negativo sobre la función inmune y reducir las tasas de enfermedad en los atletas con ejercicio extenuante (Maughan, 2014; Walsh et al., 2011).

Las zarzamoras (*Rubus* sp.), son frutas que pueden ser consumidas en fresco como complemento en la dieta alimenticia; presentan un alto contenido de agua (80%) en la que se encuentran disueltas una gran cantidad de sustancias, siendo las principales los azúcares y los ácidos orgánicos. Presentan vitaminas C, A y E; ácidos orgánicos como málico, cítrico, láctico, succínico, oxálico y salicílico; sales de calcio, potasio, hierro, manganeso y fibras. Asimismo, contienen ácido clorogénico, ferúlico, ursólico y málico, antocianinas y carotenoides. Entre los beneficios que se le adjudican al consumo de zarzamora se encuentran: propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y propiedades quimiopreventivas, así como la actividad biológica contra cáncer oral, de esófago y de colon (Bowen-Forbes, Zhang, & Nair, 2010), hasta el mejoramiento de la memoria en adultos mayores (Krikorian et al., 2010).

Por otra parte, las grasas participan en los ejercicios de tipo aeróbico pero no en los anaeróbicos, y éste es el motivo por el cual cuando se aumenta la intensidad del ejercicio, aumente la contribución de los hidratos de carbono y no la de la grasa. De hecho, para una intensidad de ejercicio del 50% del $VO_2^{\text{máx}}$ dos tercios de la energía son consumidos en forma de grasa, y cuando la intensidad pasa del 75% del $VO_2^{\text{máx}}$ los hidratos de carbono pasan a ser la principal fuente de energía. También las proteínas contribuyen como reserva energética tanto en situación de reposo como durante el ejercicio. Sin embargo, en atletas con un estado nutricional adecuado, las proteínas probablemente representan menos del 5% en la contribución energética total aunque ésta demanda puede aumentar hasta un 12-15% cuando el ejercicio realizado es de larga duración (Pérez-Guisado, 2008).

Además, los procesos y las funciones del cuerpo no vuelven de manera inmediata a los niveles de reposo tras terminarse el ejercicio. La diferencia entre la recuperación del ejercicio ligero e intenso depende, en gran medida, de los procesos metabólicos y fisiológicos específicos de cada ejercicio y de la condición física de cada atleta. El tiempo adecuado entre el ejercicio y los intervalos de descanso puede optimizar los programas diseñados para adiestrar un sistema específico de transferencia de energía (McArdle, Katch, & Katch, 2004).

La alimentación correcta para los atletas debe ser completa, es decir debe incluir los grupos de alimentos principales: 1) Frutas y verduras, 2) Cereales y leguminosas y 3) Alimentos de origen animal y lácteos, debe ser adecuada las características fisiológicas funcionales específicas de individuo. También debe ser equilibrada en cantidades y variada por lo tanto utilizar las diferentes opciones dentro de cada grupo de alimentos, debe ser suficiente es decir de acuerdo al gasto energético, tipo de entrenamiento y las necesidades específicas del individuo, tanto de micronutrientes como de macronutrientes evitando excesos o deficiencias y no debe causar ningún daño a la salud (Sánchez, 2009; Norma Oficial Mexicana NOM-037-SSA-2012).

La edad, el género, la condición integral del individuo, el tipo de ejercicio e intensidad del entrenamiento son aspectos que se deben considerar en la alimentación correcta; algunas de las recomendaciones generales, para compensar las calorías gastadas se debe consumir más hidratos de carbono de absorción lenta los cuales se encuentran principalmente de cereales, pastas, frutas y verduras. Es necesario asegurar la ingesta adecuada de la vitamina C y D, también del ácido fólico así como de todas las vitaminas del grupo B que se encuentra en cereales y carne, además se recomienda consumir aceites vegetales, germen de trigo, yema de huevo, legumbres, cacahuates, entre otros por su contenido de vitamina E. Dentro de los minerales los más importantes dentro de la alimentación del deportista son el calcio, el hierro, el selenio y el zinc. Para reponer las pérdidas de líquidos por transpiración, se deben tomar bebidas que contengan sales minerales e hidratos de carbono (Bonfanti, Fernández, Gomez-Delgado, & Pérez-Jiménez, 2014; Sánchez, 2009).

Otra de las recomendaciones para deportistas es que dos horas antes del entrenamiento, se tomen bebidas o alimentos ricos en hidratos de carbono (cereales, pastas, frutas y verduras) y bajos en grasa, evitando los fritos y los alimentos flatulentos (legumbres, coles, etc). En las dos horas posteriores al entrenamiento se tomarán bebidas o alimentos ricos en hidratos de carbono y proteínas (lácteos, frutos

secos, cereales, pastas, frutas y verduras) y se continuará bebiendo líquidos (Mujika & Burke, 2011; Sánchez, 2009).

Por lo contrario, una alimentación deficiente o incorrecta puede ser la causa del fracaso en los deportes por deterioro de la condición fisiológica óptima del atleta, esto ocurre por el riesgo latente a tener carencia de vitaminas o minerales causado por el esfuerzo extenuante en entrenamiento o competencia, así como el riesgo a presentar afecciones en el funcionamiento del sistema inmunitario, además también existe riesgo a intoxicaciones alimentarias, alergias e infecciones del tracto respiratorio superior. Por otra parte como parte de la alimentación es necesario cuidar la hidratación del deportista ya que es fundamental para su rendimiento óptimo, así como para una correcta recuperación, sobre todo en deportes de resistencia (Sánchez, 2009).

Características de la Práctica Deportiva del Balonmano

El balonmano es un deporte socio-motriz de cooperación y oposición, desarrollado en un espacio estandarizado y de utilización común por los participantes, los cuales intervienen simultáneamente sobre el móvil y cuyo objetivo es introducir el balón en la portería contraria, utilizando para ello los medios permitidos en el reglamento (Royo, 2016), es un deporte de equipo de categoría olímpica, con acciones características de carrera, salto, sprint y lanzamientos, clasificado como actividad de Repeat-Sprint-Ability (RSA) definido como la capacidad de repetir sprint de manera intermitente, donde los parámetros antropométricos y los altos niveles de fuerza, potencia y velocidad de lanzamiento son los aspectos de mayor importancia para obtener ventaja para el éxito en jugadores de elite (Calleja, Granados, & Terrados, 2009).



Figura 2. Movimientos en balonmano.

Se caracteriza por rápidos desplazamientos y demandas físicas intensas, durante los 60 minutos del partido, en los cuales el atleta tiene que ser capaz de realizar diferentes movimientos en muy breve espacio de tiempo y con un orden determinado por la situación táctica (Calleja et al., 2009).

Las demandas metabólicas engloban tanto la vía energética aeróbica como anaeróbica, utilizando la energía proveniente del ATP-PC y de la vía anaeróbica para las actividades de alta intensidad; y la vía aeróbica para las de baja intensidad, a modo de recuperación (Calleja et al., 2009).

Los factores que afectan el rendimiento deportivo en el balonmano, por lo general son explorados a través de la correlación o enfoques estadísticos de regresión e incluyen de manera específica la dinámica de la fuerza muscular porque interviene en la velocidad de lanzamiento, la fuerza isocinética o de rotación interna concéntrica y de manera general también afecta el estado nutricional y la composición del jugador (Chaouachi et al., 2009).

Además es importante considerar el sistema de competición que presenta el balonmano ya que con diferentes formatos, en liga regular, durante una temporada, en copas (2-3 días con partidos en días seguidos) ó sistema Play-Off, en juego. Finalizado el mismo, los jugadores internacionales tendrán la posibilidad de asistir a campeonatos internacionales en los que en 21 días se juegan de 6 a 12 partidos. En

consecuencia, el balonmano se clasifica como una actividad donde el origen de la fatiga pudiera ser de carácter neuromuscular periférica (Calleja et al., 2009).

Lo anterior, se relaciona a que en balonmano, deporte colectivo y de contacto, se realizan esfuerzos de máxima intensidad y corta duración, en los que los jugadores tienen que correr, saltar y lanzar el balón con momentos de reposo o baja intensidad. Además, los jugadores realizan acciones contra sus adversarios como bloqueos, golpes, contactos y empujes. Estudios recientes, han demostrado las principales diferencias entre la elite mundial de este deporte con los que compiten en ligas de menor nivel deportivo. Se ha destacado la importancia de la fuerza máxima y potencia de las extremidades superiores e inferiores, concluyendo que uno de los factores básicos determinantes de la velocidad de lanzamiento es la fuerza y potencia muscular tanto de miembro superior como del miembro inferior. De hecho, se ha estudiado que para incrementar la potencia cuando se posee una técnica estable, es necesario poseer altos niveles tanto de fuerza aplicada como de velocidad en la contracción muscular (Vila, Ferragut, Alcaraz, Rodríguez, & Cruz, 2008).

En los deportes de conjunto, como lo es el balonmano también considerados deportes acíclicos o intermitentes, se recorren grandes distancias durante el partido. Por todo esto, el componente cardiorrespiratorio es monitoreado en estos deportes, debido a la alta prestación aeróbica (García & Secchi, 2014).

Además, el factor psicológico es un tópico que ha ido tomando fuerza en la descripción de las facultades que debe tener un deportista de alto rendimiento. Es más, este factor es considerado como mediador entre las capacidades físicas, técnicas y tácticas de los deportistas y su rendimiento real en las competiciones. En cuanto a jugadores de balonmano, se pueden considerar 3 aspectos relevantes: (a) que el perfil psicológico del portero es superior al perfil de todos los demás jugadores (central, lateral, pivote y extremo), y superior, además, en todos los factores del CPRD (Control de Estrés, Influencia de la Evaluación del Rendimiento, Motivación, Habilidad mental y Cohesión de Equipo); (b) que el perfil psicológico del extremo es inferior al perfil de todos los demás jugadores (portero, central, lateral y pivote), e

inferior, además, en todos los factores del CPRD, y (c) que las puntuaciones más bajas en todos los puestos o son las que hacen referencia al factor Motivación (portero, pivote y extremo), o son las que se refieren al factor Cohesión de Equipo (central y lateral) (Olmedilla et al., 2015).

Lo anterior se asocia a que durante el desarrollo del juego, los extremos suelen afrontar situaciones de finalización ejecutando lanzamientos claros ante el portero. Teniendo en cuenta que el objetivo del juego ofensivo es «fabricar» la posición de lanzamiento más favorable para el gol, y que desde esta posición suele haber poco espacio y ángulo de lanzamiento, la presión psicológica a la que se exponen los extremos es muy grande, puesto que deben resolver difíciles y frecuentes duelos con el portero rival y asumir la enorme responsabilidad de finalizar la jugada consiguiendo o no el gol; la mayoría de las veces con una dificultad añadida: mantenerse activo y concentrado en el juego a pesar de que el balón no llegue o llegue con poca fluidez hasta su zona de juego (Olmedilla et al., 2015).

Estrés Biológico

Dentro del apartado de estrés biológico se incluyen las diferentes dimensiones del estrés como las características y manifestaciones del estrés tanto a nivel celular, a nivel endócrino y fisiológico en el cuerpo humano.

El cuerpo humano contiene entre 50 y 100 billones de células, cada una de ellas realizando la función correcta en el lugar y momento adecuado; una de las principales funciones de la célula es la producción de energía en forma de moléculas de ATP, éstas son generadas por las mitocondrias, una célula puede contener miles de mitocondrias y además de producir las moléculas de ATP, las mitocondrias también son importantes en la señalización y comunicación celular coordinando acciones y actividades, éstas señales son esenciales para la vida, fundamento para el desarrollo celular, reparación de tejidos y funciones inmunológicas (Halliwell, 2006; Radak, Zhao, Koltai, Ohno, & Atalay, 2013; Ushio-Fukai, 2009).

Con respecto al nivel celular del estrés, recordemos que el organismo buscando mantener las funciones esenciales en condiciones fisiológicas requiere del equilibrio celular entre las sustancias antioxidantes y pro-oxidantes. Este balance se mantiene por la homeostasis de la reducción/oxidación, llamado REDOX y éste es posible por moléculas de señalización producidas por las mitocondrias (Burgoyne, Mongue-Din, Eaton, & Shah, 2012; Kesarwani, Murali, Al-Khami, & Mehrotra, 2013).

En el balance REDOX, se presenta un intercambio de electrones, entre los agentes oxidantes y los agentes reductores; los agentes oxidantes aceptan electrones y se reducen, y los agentes reductores ceden electrones y se oxidan (Halliwell, 2006; Ushio-Fukai, 2009). De ésta manera el balance REDOX mantenido dentro de la célula permite que ciertas moléculas cumplan funciones vitales, controlando la expresión génica, la diferenciación, proliferación, apoptosis, crecimiento y adhesión celular, interacciones entre proteínas y funciones enzimáticas (Kesarwani et al., 2013; Zalavras et al., 2015).

Las reacciones REDOX son posibles por la propiedad de los átomos para compartir o donar electrones. Basados en esta propiedad se ha denominado como Radicales Libres (RL) a todas aquellas especies capaces de existir que contengan uno o varios pares de electrones libres en el último orbital de su estructura (Azizbeigi, Stannard, Atashak, & Haghighi, 2014).

Los RL son definidos como moléculas con uno o dos electrones desapareados. Un electrón desapareado incrementa la reactividad química de un átomo o molécula y busca complementar su último orbital. Es por ello que los radicales libres tienen una vida media muy corta (millonésimas de segundos) y son altamente reactivos con otras moléculas (Rahal et al., 2014). Los RL tienen electrones capaces de reaccionar con varios sustratos orgánicos, tales como carbohidratos, lípidos, proteínas y ADN (Alfadda & Sallam, 2012; Kesarwani et al., 2013).

Entre los RL se encuentran las Especies Reactivas de Oxígeno (ERO) y de Nitrógeno (ERN). Se producen de manera natural como resultado del metabolismo normal de la célula (Burgoyne et al., 2012; Pandey & Rizvi, 2011).

Tanto las ERO y las ERN son generadas y utilizadas por células como los neutrófilos, monocitos, macrófagos, eosinófilos y fibroblastos para eliminar organismos extraños como bacterias, parásitos y virus (Margonis et al., 2007).

Las ERO incluyen como mediadores del estrés oxidativo, entre otras, al anión superóxido (O_2^-), los radicales hidroxilo ($-OH$) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2); y las ERN incluyen el óxido nítrico (NO^-), dióxido de nitrógeno (NO_2^-) y el peroxinitrito ($OONO^-$), entre otras moléculas (Halliwell, 2006; Sorg, 2004). Son moléculas extremadamente inestables, producidas en la cadena transportadora de electrones dentro de la mitocondria, también por vías que incluyen la explosión oxidativa que tiene lugar durante la fagocitosis y como subproductos de varias enzimas, incluidas las del complejo enzimático NADPH-oxidasa, la Xantina Oxidasa (XO), la Óxido-Nítrico Sintasa (NOS), lipoxigenasa, ciclooxigenasa y hemo-oxigenasa (Alfadda & Sallam, 2012; Pandey & Rizvi, 2011; Sorg, 2004).

En éste contexto la oxidación es un proceso electroquímico por el cual un ion o átomo pierde uno o varios electrones (Alfadda & Sallam, 2012; Kesarwani et al., 2013). Dicho proceso es de gran importancia en organelos como la mitocondria y los peroxisomas, además de moléculas del sistema inmune como los leucocitos es donde se forma la mayoría de los agentes oxidantes. Específicamente, el proceso de fosforilación oxidativa en la mitocondria, la activación de polimorfonucleares por las interleucinas y la formación del peróxido de hidrogeno son los procesos de mayor producción de los compuestos oxidativos (Elejalde, 2001; Shabalina & Nedergaard, 2011).

Estrés a Nivel Celular

Balance REDOX. Sistema de defensa antioxidante.

Existe también un sistema de reparación o prevención de daños causados por la oxidación, basado en un complejo sistema de defensa que contribuyen a controlar y estabilizar el balance redox intra o extracelular, utilizando mecanismos que protegen de los efectos de los RL, tal proceso ha sido nombrado como Sistema Antioxidante, el cual está compuesto por agentes antioxidantes que se definen como aquellas sustancias que, presentes en bajas concentraciones respecto a las de un sustrato oxidable, retardan o inhiben la oxidación (De la Cruz, Pino, Moreno, Cañadas, & Ruiz-Risueño, 2008).

Al interactuar con los RL, el agente antioxidante cede un electrón, se oxida y se transforma en un RL débil no tóxico (De la Cruz et al., 2008).

El sistema antioxidante está compuesto por sustratos endógenos dotados por el propio organismo y sustratos exógenos tomados de la dieta (Pisoschi & Pop, 2015).

Antioxidantes endógenos.

Los primeros, también llamados antioxidantes endógenos están compuestos por enzimas antioxidantes, dentro de ellas encontramos actuando a la superóxido dismutasa (SOD), catalasa (Cat) y glutatión peroxidasa (Gpx) y por antioxidantes no enzimáticos que incluyen la coenzima Q, el ácido úrico, entre otros (Jones & Go, 2010; Pisoschi & Pop, 2015).

La superóxido dismutasa (SOD) cataliza la reacción de dismutación del radical superóxido a peróxido de hidrógeno, el cual puede ser reducido, de nuevo, por la catalasa (Cat) o por la glutatión peroxidasa (Bresciani, da Cruz, & González-Gallego, 2015), además otra función de la superóxido dismutasa consiste en proteger a las desidratasas frente a la inactivación por el radical superóxido. Esta enzima antioxidante junto la glutatión (GHS) son moduladoras en la actividad física,

incrementándose moderadamente en el entrenamiento de resistencia (Silva et al., 2014).

Existen diferentes formas de esta enzima antioxidante, según el grupo prostético ligado a ella. Así, en células eucariotas se han definido las siguientes: la enzima manganeso SOD (Mn-SOD) en la matriz mitocondrial y el citosol; la extracelular SOD (EC-SOD) y cobre/zinc SOD (CuZn- SOD) que se localiza en el citosol (Bresciani et al., 2015; Silva et al., 2013).

La catalasa (Cat) que se ocupa de la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, también es capaz de catalizar reacciones de peroxidación en presencia de peróxido de hidrógeno, actuando sobre algunos alcoholes, aldehídos o ácidos orgánicos como sustratos, protegiendo a las células del peróxido de hidrógeno interno (Benedetti, Catalani, Palma, & Canestrari, 2011; Kesarwani et al., 2013). Es una enzima tetramérica con cuatro subunidades idénticas de 60kDa que contiene un grupo ferriprotoporfirina por subunidad, alcanzando una masa molecular de 240kDa. La catalasa es abundante en células de mamíferos y se localiza principalmente en los peroxisomas, donde destruye el peróxido de hidrógeno generado por las oxidasas localizadas dentro de estos organelos (Benedetti et al., 2011; Djordjevic et al., 2012).

La glutatión peroxidasa (GPx) es una enzima citosólica e intramitocondrial fundamental para catalizar la reducción del peróxido de hidrógeno hasta agua. Además ésta enzima que se localiza en la membrana plasmática es capaz de detoxificar los peróxidos lipídicos hasta alcoholes, por lo que es muy importante para el mantenimiento de la estructura y la función de las membranas biológicas (Barranco-Ruiz, 2012).

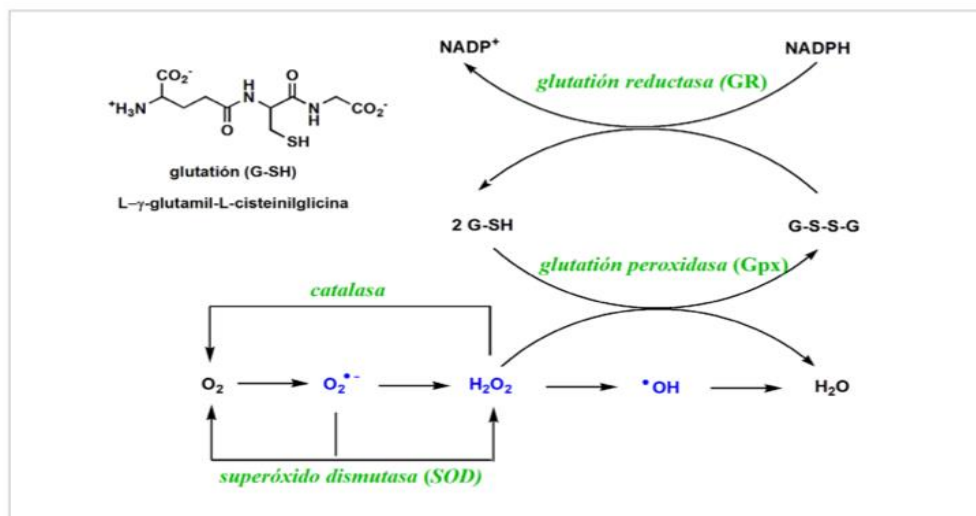


Figura 3. Mecanismo de acción antioxidante de la Cat, SOD y Gpx (Barranco-Ruiz, 2012).

Existen dos tipos de GPx, una independiente de selenio y otra que es selenio dependiente, ambas utilizan como sustrato el glutatión reducido (GSH), el cual actúa como donante de electrones (Halliwell, 2006).

En resumen, la enzima SOD, es responsable de catalizar la dismutación de O₂⁻ a H₂O₂, la Cat, descompone el H₂O₂. La Gpx, se encuentra implicada en la reducción de H₂O₂ a H₂O, o bien de hidroperóxidos orgánicos al correspondiente alcohol y H₂O, otras enzimas que actúan como reductoras o protectoras de la oxidación son la ferritina, transferrina y cupreína, las cuales son proteínas encargadas de transportar metales de transición como Cu y Fe, limitan la posibilidad de formar radical OH por acción de dichos metales (Halliwell, 2006; López & Porcal, 2014).

Antioxidantes exógenos.

Por otra parte, los antioxidantes exógenos o sustratos exógenos como se menciona anteriormente requieren ser ingeridos a través de la dieta.

Se define como dieta, a la ingesta de alimentos y bebidas durante las 24 horas de un día. Una de las herramientas de evaluación de la dieta, utilizado para la cuantificación de energía, macro y micronutrientes ingeridos en la dieta, es el recordatorio de 24 horas, el cual consiste en realizar una entrevista, en donde se

mencionen todos los alimentos y bebidas consumidas durante un día, especificando las cantidades específicas utilizadas para la elaboración de las preparaciones de los platillos y bebidas, con la finalidad de poder cuantificar los gramos de hidratos de carbono, proteínas y grasas contenido en los alimentos y bebidas ingeridas, para obtener la energía total consumida además es posible cuantificar la cantidad de micronutrientes incluyendo algunos de los antioxidantes exógenos (Casanueva, Arroyo, Kaufer-Horwitz, & Pérez-Lizaur, 2001). Éste método ha sido utilizado en proyectos de investigación para estimar la ingesta de diversas poblaciones, incluso el Instituto de Salud Pública y Nutrición presenta un manual para proyectos de investigación en nutrición, buscando homogenizar la técnica y la herramienta (Shamah-Levy, Villapando, & Rivera, 2006). También el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá describe ésta herramienta (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP], 2006).

Entre los antioxidantes exógenos están la vitamina A, C, E, carotenoides, los polifenoles, flavonoides, licopeno por mencionar algunos de los más importantes (De la Cruz et al., 2008; Nieman et al., 2013).

Algunos estudios reportan que la administración oral de antioxidantes exógenos en dosis controladas inhiben el daño oxidativo celular del daño muscular generado por el ejercicio (Aoi et al., 2004).

La vitamina C o ácido ascórbico es una vitamina hidrosoluble y se encuentra en concentraciones elevadas en muchos tejidos y en plasma, es uno de los antioxidantes más potentes en fase acuosa, que actúa a nivel extracelular y citosólico La vitamina E, es el antioxidante liposoluble mayoritario, su principal efecto es reciclar especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno en los lípidos (Coronado et al., 2015; López & Porcal, 2014).

Los polifenoles, son potentes antioxidantes presentes en verduras y frutas, en esta familia se encuentran los flavonoides y derivados, cumarinas y ácidos fenólicos entre otros. Entre las fuentes de polifenoles podemos citar como ejemplos las

legumbres verdes, el ajo, el té verde, el aceite, las uvas y los frutos cítricos. (Coronado et al., 2015).

Los flavonoides son los más abundantes, y presentan estructuras muy polimerizadas. Entre los flavonoides existen seis grupos de pigmentos: los flavonoles, cuya biosíntesis es estimulada por la luz y se encuentran en alimentos como la cebolla y el brócoli; los flavones que se encuentran en la piel de los cítricos y son menos comunes; los flavonones, como la narigenina, que se encuentran en las uvas, los tomates y la menta; los flavanoles existen en monómeros y se denominan catequinas, están presentes en el té verde y el chocolate, y son estables al calor (Lozada & García, 2009).

En general, se reconoce que las frutas y verduras son la principal fuente de antioxidantes. Una de las frutas mexicanas con altas concentraciones de antioxidantes es la zarzamora, debido a sus compuestos fenólicos especialmente ácidos benzoicos y cinámicos, antocianos, flavonoles, catequinas y taninos, con capacidad de neutralizar los RL y ERO, éstos compuestos benéficos para la salud, permanecen presentes en los productos elaborados a partir de los frutos dando un valor potencial para el desarrollo de nutraceuticos (García, Periago, Vidal, & Cantos, 2002; Martínez-Cruz et al., 2011; Skrovankova, Sumczynski, Mlcek, Jurikova, & Sochor, 2015). La importancia de las propiedades antioxidantes de las frutas en el mantenimiento de la salud y en la protección frente a situaciones de riesgo ha despertado el interés de los científicos.

Grupos de investigación han enfocado sus estudios en el uso de antioxidantes exógenos como ayuda para la regulación del estrés oxidativo, para reducir el daño muscular, la disfunción inmunológica y la fatiga que afectan directamente el rendimiento deportivo, ya que en algunos estudios se han encontrado beneficios para la salud (Braakhuis & Hopkins, 2015; Jówko, Długołęcka, Makaruk, & Cieśliński, 2015).

Otros autores identifican que los frutos rojos como los arándanos, la cereza entre otros, han demostrado beneficios potenciales en la regulación del Estrés

Oxidativo (EO) y en la inflamación celular inducido por ejercicio (McAnulty et al., 2004; Nieman et al., 2013).

Estrés oxidativo.

El EO se presenta cuando hay un desequilibrio entre la producción de, los RL, ERO, ERN y los mecanismos del sistema antioxidante. Es decir, cuando se rompe el equilibrio por una producción elevada de pro-oxidantes o por una disminución de las defensas antioxidantes, se desencadena el EO el cual al presentarse con una persistencia crónica podría conllevar a disfunción y muerte celular, afectando órganos y sistemas (Alfadda & Sallam, 2012; Kouretas, Tsatsakis, Domingo, & Hayes, 2013).

Su impacto y afección en el organismo depende del tipo de oxidante, del sitio y de la intensidad de su producción y de cómo afecte sobre la composición y las actividades de varios antioxidantes, y de la capacidad de los sistemas antioxidante y su trabajo de reparación (Rawdin et al., 2013).

Las defensas antioxidantes celulares se ven sobrepasadas por la generación tanto de ERO como de ERN cuando se está frente a una situación de estrés oxidativo, la cual es capaz de provocar lesiones celulares que pueden ser de carácter reversible o irreversible (Rahal et al., 2014; Rawdin et al., 2013; Sorg, 2004).

Esta desregulación en el estado redox de la célula, es una de las principales causas en las modificaciones del estado de oxidación / reducción en macromoléculas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, las cuales pueden ser causas de variaciones irreversibles en la estructura y funciones de éstas (Fernández-Sánchez et al., 2011; Pisoschi & Pop, 2015).

La persistencia crónica de EO, está relacionado con cambios en fenotipos fisiológicos y patológicos (Hughes et al., 2012; Pisoschi & Pop, 2015). En relación, existen estudios en dónde reportan una elevación de los productos oxidantes en el músculo de personas con diabetes tipo 2 (Henriksen, 2006). Así como se encuentra asociado con diversas patologías, entre ellas la obesidad, el síndrome metabólico,

enfermedades cardiovasculares, entre otras (Aslan, Horoz, Sabuncu, Celik, & Selek, 2011; Hughes et al., 2012; Savini, Catani, Evangelista, Gasperi, & Avigliano, 2013).

En otras palabras cuando se presenta EO, desequilibrio por la elevada producción de RL y ERO, y una defensa antioxidante inadecuada, éste puede conducir a daño celular, y está involucrado en diferentes estados fisiopatológicos, incluyendo el envejecimiento, enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, neurodegenerativas, cáncer y ejercicio (Pingitore et al., 2015).

Para cuantificar el EO, es posible medir la capacidad antioxidante correlacionando componentes individuales con propiedades oxidativas o en su defecto, medir la capacidad total antioxidante. También es posible medir los valores arrojados de las moléculas implicadas en la oxidación de lípidos (Bloomer & Goldfarb, 2004).

Uno de los métodos más utilizados es a través de una técnica que determina la concentración en sangre de Metabolitos Reactivos de Oxígeno (ROM), particularmente de peróxido de hidrógeno que es un marcador y amplificador de los RL inducidos por daño oxidativo (Cornelli, Belcaro, & Finco, 2011), éste es un precursor del radical hidroxilo, la cual es una molécula altamente reactiva que ataca constantemente al organismo mediante reacciones bioquímicas de óxido-reducción, que ocurren como parte normal del metabolismo celular o por factores patológicos (Escorza, Angélica, Salinas y Víctor, 2009). En ésta técnica la concentración de ROM es proporcional a la intensidad de la coloración roja evaluada por espectrofotometría, desarrollado en un sistema tampón con pH ácido, después de la adición de la muestra de plasma y de una solución que contiene una alquilamina aromática o cromógeno (Cornelli et al., 2011; Cornelli, Terranova, Luca, Cornelli, & Alberti, 2001).

Basados en la literatura científica con respecto a este método, Cornelli et al. (2001) en la empresa internacional H & D y Diacron desarrollaron un equipo de panel completo el cual es capaz de evaluar de manera global, es decir cuantificando ROM y también la eficacia de defensas antioxidantes, el cual se llama FRAS 4 evolve.

Sin embargo no hay métodos únicos y estandarizados para medir el estatus de estrés oxidativo en humanos, es decir ninguno de los llamados biomarcadores del estrés oxidativo consiguen de forma aislada una valoración precisa y definitiva del estrés oxidativo que pueda ser directamente aplicado a la clínica humana, se menciona en la literatura que es preferible de ser posible considerar diferentes parámetros que tengan actividad en el estrés oxidativo y que permita identificar el estado antioxidante (Dalle-Donne et al., 2006; Pandey & Rizvi, 2011; Ramos, Martins, Viana-Gomes, Casimiro-Lopes, & Salerno, 2013).

Los métodos que se utilizan para medir la capacidad antioxidante, incluyen las concentraciones plasmáticas individuales principalmente de ácido ascórbico, ácido úrico, vitamina E, selenio o bien se puede medir la actividad de las enzimas responsables de barrido de RL, entre las cuales se encuentran la superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa (Braakhuis, Hopkins, & Lowe, 2013).

Además uno de los más prácticos y utilizados es el FRAP (Poder Antioxidante de la Reducción Férrica) método espectrofotométrico que consiste en medir en una muestra de plasma el poder de una sustancia antioxidante para reducir el Fe^{+3} a Fe^{+2} con una onda de absorbancia a 593nm, se utiliza el complejo TPTZ (férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina) incoloro, el cual es reducido al complejo ferroso coloreado (Benzie & Strain, 1996; Edeas, 2011; Herrlinger, Chirouzes, & Ceddia, 2015; Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos, & Hawkin, 2006).

Estrés oxidativo y sistema antioxidante en deportistas.

El ejercicio aumenta el flujo sanguíneo alterando el balance redox, en los deportistas se presentan cambios adaptativos del entrenamiento los cuales implican la regulación de las enzimas antioxidantes y de reparación, la biogénesis mitocondrial y la regulación redox de diferentes vías de señalización (Radak et al., 2016; Venditti, Gomez-Cabrera, Zhang, & Radak, 2015).

La degradación de las proteínas dañadas por EO, es importante en la prevención de una acumulación significativa de estas proteínas "chatarra", que perjudican la función celular (Radak et al., 2016). Otro de los cambios en la adaptación del entrenamiento es la biogénesis mitocondrial que provoca la activación del Coactivador 1 alfa del receptor activado por Proliferador Gamma Coactivador 1- α (PGC-1 α), que también está involucrado en la activación de la Superóxido Dismutasa dependiente de Manganeso (SOD2) (de Teresa, Guisado, García, Ochoa, & Ocaña, 2008; Urbina-Bonilla, 2008). Existen estudios científicos que concluyen que ejercicio regular resulta en un aumento de la actividad de las enzimas antioxidantes en diferentes órganos, incluyendo el cerebro (Benavides, Cabrera, Ahumada, & Robles, 2010).

Los deportistas en el entrenamiento practican ejercicios de diferentes intensidades, incrementando la generación de RL como resultado del aumento en el volumen máximo de oxígeno (VO_2) mitocondrial y el mayor flujo de electrones en la cadena de transporte, además por una mayor producción de ácido láctico, por la redistribución del flujo sanguíneo que se produce en este tipo de esfuerzos (Berzosa et al., 2011; Deaton & Marlin, 2003).

El nivel de entrenamiento y la edad de los deportistas es determinante en la producción de ERO y adaptación de los sistemas antioxidantes (Azizbeigi et al., 2014; Concepcion-Huertas et al., 2013). Ya que éstas tienen funciones específicas y son necesarias para la transición, adaptación y mejoramiento del metabolismo muscular (Aoi, Naito, & Yoshikawa, 2013).

Existen un gran número de estudios que evidencian que los RL juegan un papel importante como mediadores del daño muscular e inflamaciones producidas como consecuencia del ejercicio extenuante (Finaud, Lac, & Filaire, 2006; Powers & Jackson, 2008).

Como se ha mencionado un desequilibrio en el balance redox, causado por la elevación de los RL específicamente de las ERO puede producir EO. El EO que se genera por ejercicios extenuantes puede desencadenar daño muscular, ya que el

ejercicio intenso y prolongado incrementa el consumo de oxígeno y aumenta la producción de ERO por la cadena de transporte de electrones de la mitocondria en las células musculares (Bejma & Ji, 1999; Knez, Jenkins, & Coombes, 2014).

Entre los estudios de investigación, se ha observado que esfuerzos físicos agudos en donde se llega hasta la extenuación en sujetos sedentarios, se presentan descensos en los niveles de GSH e incrementos en GSSG, recuperando valores normales a los 60 minutos de acabado el esfuerzo (Nebbioso, Federici, Rusciano, Evangelista, & Pescosolido, 2012; Noce et al., 2008).

Por otra parte un grupo de investigadores de la universidad de Sarajevo en Bosnia-Herzegovina evaluaron a competidores profesionales de diferentes disciplinas deportivas entre ellas el fútbol, el baloncesto y el boxeo profesional en donde no se reportó ningún impacto en los niveles de los marcadores de EO. Sin embargo recomiendan el monitoreo del estado de EO seguido del uso apropiado de antioxidantes como parte del régimen de entrenamiento ya que el compromiso deportivo de élite es un potente estímulo del EO que conduce a un gran reclutamiento de enzimas antioxidantes (Hadžović-Džuvo et al., 2014).

Con respecto a la respuesta antioxidante, hay reportes en donde esfuerzos de 30 segundos provocan respuesta enzimática en eritrocitos, cambios en los niveles plasmáticos de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos (Muñoz et al., 2010).

En otra investigación, se evaluaron marcadores biológicos del estado antioxidante, incluyendo el ácido ascórbico, SOD, Cat, Gpx y la Capacidad total antioxidante (CTA), en 62 remadores profesionales de Nueva Zelanda, antes y después de 30 min de ejercicio. Como resultado, con excepción de la Gpx, todos tuvieron un pequeño incremento, además se identificó que los años de entrenamiento presentó correlación inversa con la CTA (Braakhuis et al., 2013).

En entrenamiento de resistencia, un estudio de 30 voluntarios a quienes se les asignó uno de los tres grupos: 1) ejercicios de intensidad moderada, 2) ejercicios de alta intensidad y 3) control, se evaluaron antes y después del entrenamiento, el cual

tuvo una duración de 8 semanas y se encontraron aumentos significativos en SOD y en Gpx en los tres grupos (Azizbeigi, Azarbayjani, Atashak, & Stannard, 2015).

Martinović y colaboradores, monitorearon marcadores de estrés oxidativo en 16 jugadoras de voleibol durante 6 semanas de entrenamiento, se evaluaron SOD, CTA, dROMs, como resultados, en todos los parámetros se observaron aumentos significativos después del entrenamiento (Martinović et al., 2011).

Por otra parte, los investigadores del tema enfocan sus esfuerzos en estudiar si a través de intervenciones nutricionales adecuadas y oportunas se logra contribuir en la regulación del estrés a nivel celular, es el caso de Nieman y colaboradores quienes han reportado que la ingesta de frutos rojos genera beneficios saludables, protectores y reparadores principalmente por su contenido en polifenoles (Nieman et al., 2013).

Se ha identificado que la ingesta de polifenoles específicos en dosis precisas y adecuadas, contribuye en el rendimiento deportivo, alguno de los polifenoles que generan beneficios durante la práctica de ejercicios, tanto para mantener la fuerza muscular adecuada, así como para conseguir una adecuada recuperación física, son principalmente derivados de frutas entre ellas, cerezas, zarzamoras, uvas, litchi, alcachofa presentados en jugos concentrados o extractos (Myburgh, 2014).

Fisioendocrinología del Estrés

Estrés a nivel endócrino.

En atletas, la búsqueda de la excelencia deportiva los conduce a manejar altos niveles de exigencias físicas, biológicas y psicológicas, la respuesta adaptativa depende de los componentes de la carga. Si las cargas de exigencia sobrepasan ciertos límites de tolerancia, puede detonar el estrés el cual es considerado como factor de riesgo para la salud física y mental, interviene en la adaptación biológica y en la vulnerabilidad a sufrir lesiones (Olmedilla, Andreu, Ortín, & Blas, 2009), su persistencia puede afectar el rendimiento deportivo (Olmedilla, Blas, Abenza, & Laguna, 2010).

En este contexto, el estrés agudo se produce cuando el atleta interpreta una situación como estresante y el estrés crónico cuando una situación interpretada como estresante se prolonga en el tiempo (Moliner, Salguero, & Márquez, 2012).

La relación entre el individuo y su entorno evaluado por el propio sujeto como amenazante o desbordante de sus recursos y que pone en peligro su bienestar, define al estrés. La evaluación y el afrontamiento, intervienen con la frecuencia, intensidad, duración y tipo de las respuestas fisiológicas y psicológicas ante los procesos de estrés (González & Landero, 2007).

Dentro de las neurociencias, se dice que los componentes fisiológicos, emocionales y conductuales del estrés están controlados por la hormona liberadora de corticotropina (CRH), asumiendo un papel importante el eje hipotalámico-hipofisocorticosuprarrenal (eje HPA o corticotrópico) e interactuando con los glucocorticoides al nivel de hipocampo. Además se presenta interacciones entre el sistema inmunitario y el sistema nervioso central, a través de la combinación citoquina-glucocorticoides (Duval et al., 2010).

En situaciones de estrés, la producción hipotalámica de la Hormona Liberadora de Corticotropina (CRF) sube, lo que estimula la liberación de la Hormona Pituitaria Adrenocorticotropina (ACTH) y, en consecuencia, el cortisol es secretado en el torrente sanguíneo por la corteza suprarrenal (Aguilar, Sánchez, Mur, Perona, & Hermoso, 2013).

El cortisol es una hormona del sistema hipofisocorticosuprarrenal, secretada por las células del área fasciculada de la corteza suprarrenal que produce los glucocorticoides. En una cantidad menor los glucocorticoides son producidos también por el área reticulada, la capa más profunda de células corticosuprarrenales. Los glucocorticoides elevan la concentración de glucosa en sangre y aceleran el catabolismo proteico (Córdoba & Álvarez, 2001; Duval et al., 2010).

Además el cortisol, considerado como el corticoesteroide primario activo, provoca tanto la migración desde la médula ósea a la circulación como su extravasación desde ésta hacia los órganos linfoides y tejidos inflamados. La

secreción de cortisol provocada por el estrés físico tiene efectos sobre la expresión de moléculas de adhesión en leucocitos y endotelio, por lo que alteran los procesos de infiltración leucocitaria. El ejercicio físico intenso o extenuante aumenta las concentraciones de cortisol, induciendo un flujo de neutrófilos procedentes de la médula ósea y la extravasación de poblaciones linfocitarias y monocitarias (Córdoba & Álvarez, 2001).

Los índices fisiológicos de estrés son más difíciles de evaluar que los de carácter psicológico. El estrés percibido a menudo es la medida inicial de la valoración de los estados de estrés, la medición de la actividad del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA), que mide el estrés, se puede realizar de forma no invasiva a través de la recolección de cortisol salival o en plasma (Aguilar et al., 2013; Berger, Heinrichs, von Dawans, Way, & Chen, 2016).

Estrés a nivel fisiológico.

Variabilidad de la frecuencia cardiaca.

A nivel fisiológico, el estrés que también se define como la percepción de una dificultad o la incapacidad para dominar ciertas demandas que conlleva a una activación fisiológica y conductual característica, la cual incluye síntomas divergentes como el incremento de la frecuencia cardiaca, mareos, dolores, nerviosismo, agitación, irritabilidad, preocupación, problemas de concentración y mal humor (Aguilar et al., 2014).

La Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC), surge a través del estudio de la frecuencia cardiaca (FC) como una de las formas de control fisiológico más utilizadas para la evaluación de la intensidad de esfuerzo a la que el organismo está siendo expuesto, en el entrenamiento proporciona información para la planeación del ejercicio, y así poder evitar el estado de sobreentrenamiento (Bouzas, Ottoline, & Delgado, 2010).

La FC o pulso se obtiene contando el número de veces que late el corazón en un minuto, el pulso puede tomarse manualmente en la muñeca o utilizando un

pulsómetro, si bien el primer método se considera práctico y barato, el uso de un pulsómetro proporciona la FC de manera inmediata y precisa antes, durante o después del ejercicio sin necesidad de detenerse durante la actividad; pulsómetro indica constantemente la FC realizando una lectura cada pocos segundos (Brooks, 2007).

La FC está asociada con el sistema nervioso autónomo (SNA) incluyendo el sistema nervioso simpático y parasimpático, cuando se activa el sistema simpático es como una respuesta al “estrés” y al ejercicio manifestando un incremento en los latidos por minuto, es decir elevando la FC (Rajendra, Paul, Kannathal, Min, & Suri, 2006). De esta manera se utiliza para determinar las cargas de entrenamiento, a partir de las observaciones realizadas durante el adiestramiento militar en donde se presentaron variaciones de la FC durante el estado de reposo y durante el ejercicio.

Algunos autores apoyan que aquellos cambios en la FC que se presentan durante el ejercicio y la recuperación esta mediada por el equilibrio de la actividad simpática y vagal (Papazian et al., 2010). Los valores de la FC en reposo oscilan entre 60 a 80 latidos por minuto (lpm), sin embargo en aquellos sujetos sedentarios de mediana edad pueden presentar valores que superen los 100 lpm a diferencia de aquellos sujetos que siguen un entrenamiento de resistencia donde los valores se encuentran entre 28 y 40 lpm. Durante el ejercicio físico el sujeto puede llegar al agotamiento, presentando respuestas particulares en cuanto a las valoraciones de su FC (Wilmore & Costill, 2007).

En la actualidad la FC se utiliza para predecir la potencia aeróbica máxima con un aumento lineal conforme a la intensidad de entrenamiento (Mora, 2009). Además se utiliza para identificar un proceso llamado respuesta anticipatoria que consiste en el aumento de la FC justo antes de iniciar el ejercicio teniendo como rango 170 lpm aumentando de manera moderada hasta llegar a la Frecuencia Cardíaca Máxima (FC max) (López & López, 2008; Wilmore & Costill, 2007).

La FC max es fiable ya que no cambia constantemente si no ligeramente año en año (Wilmore & Costill, 2007). Proporciona información para la planeación del

entrenamiento, para prevenir un estado de sobreentrenamiento y también para el cálculo del gasto energético diario (Bouzas et al., 2010).

Para determinar la frecuencia cardíaca máxima se pueden utilizar un gran número de ecuaciones disponibles donde el factor más importante para determinarla es la edad, también dentro de algunas ecuaciones se puede considerar el sexo, condición de salud e incluso valores antropométricos (Bouzas et al., 2010). Mora (2009), basado en estudios de Karvonen et.al (1957) propone una de las ecuaciones más utilizadas por programas de ejercicios para estimar la FC: $(220 - \text{edad})$, mientras que Ozemek, Whaley, Finch y Kaminsky (2017), consideran en su estimación factores como edad, frecuencia cardíaca en reposo, peso corporal y tabaquismo para finalmente obtener dos variables:

$$\text{FC Max hombres} = 203,9 - [0,812 * \text{edad}] + [0,276 * (\text{FCd reposo})] - [0,084 * (\text{peso corporal})] - [4,5 * (\text{Código Fumador})]$$

$$\text{FC Max mujeres} = 204,8 - [0,718 * \text{edad}] + [0,162 * (\text{FCd reposo})] - [0,105 * (\text{peso corporal})] - [6,2 * (\text{código de fumar})]$$

Los latidos se van produciendo con una FC variable una persona sana, en reposo, ya que el tiempo (en milisegundos) entre dos latidos va variando latido a latido y este aspecto representa el concepto de VFC definiéndolo como la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad (nunca superior a 24 horas) en un análisis de períodos circadianos consecutivos (Rodas, Pedret, Ramos, & Capdevila, 2008).

Por otra parte, el análisis de la VFC también conocida como “variabilidad del período cardíaco” o “tacograma de los intervalos RR”, estudia las variaciones en el intervalo de tiempo entre los latidos cardíacos (Sotelo & Gómez, 2002). Es un método no invasivo, reproducible que permite realizar una evaluación cuantitativa de la acción sinérgica entre dos ramas del SNA, las cuales actúan en forma balanceada mediante mecanismos neurales, humorales y fisiológicos, con el fin de mantener las funciones cardiovasculares en forma óptima (Ziegler, Buchholz, Sohr, Nourooz-Zadeh, & Roden, 2009).

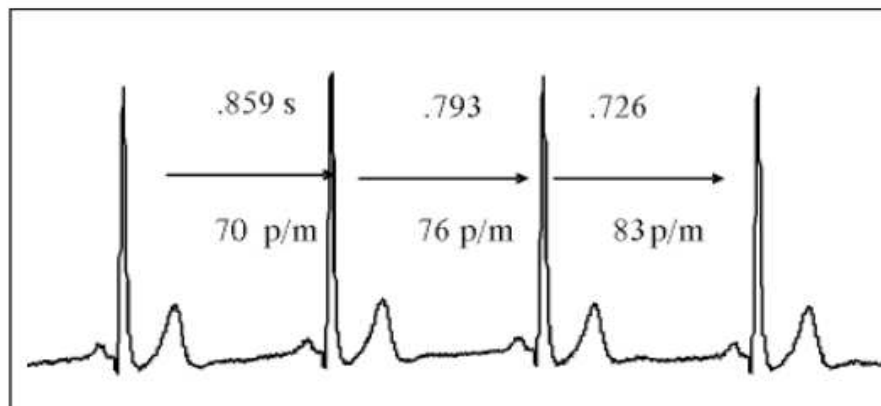


Figura 4. Variación de la FC a partir del ECG. (Rodas et al., 2008).

La VFC se puede medir a partir del electrocardiograma (ECG), donde se detecta cada una de las ondas R y se calcula el tiempo entre las diferentes ondas R consecutivas o intervalo RR. Este intervalo RR mide el período cardíaco y la función inversa mide la FC. La serie de intervalos RR es lo que llamamos VFC (Moreno, Parrado, & Capdevila, 2013; Rodas et al., 2008).

Es utilizada como un indicador de rendimiento deportivo y recuperación de acuerdo a la modulación simpática y parasimpática del SNA (Teisala et al., 2014). También se ha descrito que la disminución de la misma es un fuerte predictor de aumento cardíaco y/o mortalidad arrítmica, en la insuficiencia cardíaca y se ha relacionado con depresión de la función ventricular (Sztajzel, 2004).

Está mediada principalmente por la actividad vagal y a las oscilaciones de la FC a Frecuencias Altas (FA) las cuales son equivalentes con la arritmia sinusal-respiratoria y se consideran un marcador de la actividad parasimpática; mientras que las oscilaciones de la FC en Frecuencias Bajas (FB) son marcadores de la actividad tanto parasimpática como simpática. La relación FB/FA indica un balance simpático-vagal (Pal et al., 2012; Roncancio, 2010). Las regiones de FA se encuentran en el espectro de poder entre 0,15 a 0,40 Hz y reflejan la modulación vagal, en tanto que el poder en FB se encuentra entre 0,04 a 0,15 Hz, y el de muy baja frecuencia menor a 0,04 Hz (Roncancio, 2010).

Estudios entre la VFC y el deporte enfocados en analizar la respuesta del SNA especialmente en disciplinas deportivas de resistencia y momentos diferentes a lo largo de una temporada o competición, han indicado una relación entre el ejercicio físico y el incremento de la VFC, sugiriendo un impacto positivo sobre la actividad cardíaca (Moreno et al., 2013). Además muestran diferentes perfiles de VFC en función de su nivel de rendimiento, del nivel de la carga deportiva en entrenamientos y competiciones o de la edad (Moreno et al., 2013; Roncancio, 2010).

La VFC está compuesta por diferentes variables y es analizada en los dominios de frecuencia y tiempo; en los dominios de tiempo se consideran métodos que utilizan técnicas matemáticas para medir la cantidad de la variabilidad en un electrocardiograma continuo en un período de tiempo especificado. Uno de los índices del dominio de tiempo más utilizados es la Raíz cuadrada de la media de la diferencia al cuadrado entre latidos sucesivos (RMSSD), también incluyen a la desviación estándar de los intervalos entre pulsaciones normales (SDNN), la desviación estándar de la media de la duración de los intervalos R-R en ciclos de cinco minutos (SDANN), así como el porcentaje de intervalos que difieren por más de 50 milisegundos del intervalo precedente (pNN50) (Roncancio, 2010; Tsuji et al., 1994).

En cuanto a métodos de dominios de frecuencia, se consideran el análisis espectral de poder de la VFC, que puede separar de manera parcial los efectos parasimpáticos de los simpáticos, además se utiliza la transformación de Fourier que es el modelo matemático para obtener los índices de la VFC en dominios de frecuencia (Roncancio, 2010).

Algunos autores han confirmado que la VFC disminuye de manera progresiva a medida que avanza la competencia reduciendo los parámetros relacionados con el sistema parasimpático los cuales indican buena adaptabilidad psicofisiológica a las cargas de trabajo, uno de los parámetros relacionados con la actividad del sistema parasimpático es el RMSSD, que es indicativo de buena adaptabilidad psíquico-físico a las cargas de trabajo (Rodas, Yanguas, Pedret, Ramos y Capdevila, 2011).

Por lo tanto, una disminución de la RMSSD de la VFC se ha considerado como marcador de cansancio, de fatiga, de mala adaptación cardiovascular al esfuerzo y de sobreentrenamiento; también se ha correlacionado con bajos rendimientos deportivos, con cambios psicoemocionales como la ansiedad y la dificultad para afrontar una competencia (Rodas et al., 2011).

Cortisol y Deporte

El cortisol es la sustancia hormonal utilizada para el seguimiento de la respuesta aguda al estrés durante la práctica deportiva (Córdoba & Álvarez, 2001). Posee un amplio espectro de efectos metabólicos e influye en el control de varias vías metabólicas. Como el nivel de cortisol en sangre aumenta en diversas situaciones de estrés (influencias del entorno, tensión emocional, ejercicio, traumatismos, infecciones, intoxicaciones, casi todas las enfermedades) y contribuye en los ajustes metabólicos adaptativos, se le ha llamado hormona de la adaptación o del estrés (Virus & Virus, 2003).

El eje hipotalámico-pituitario-adrenal (Eje HPA) es un conjunto complejo de influencias directas e interacciones retroalimentadas entre el hipotálamo, la glándula pituitaria y la glándula adrenal o suprarrenal. Las interacciones homeostáticas finas entre estos tres órganos constituyen el eje HPA, una parte esencial del sistema neuroendocrino que controla las reacciones al estrés (Aguilar et al., 2014).

La respuesta fisiológica al estrés libera glucocorticoides en el torrente sanguíneo a través del eje HPA, especialmente cortisol, el glucocorticoide más activo (Aguilar et al., 2013).

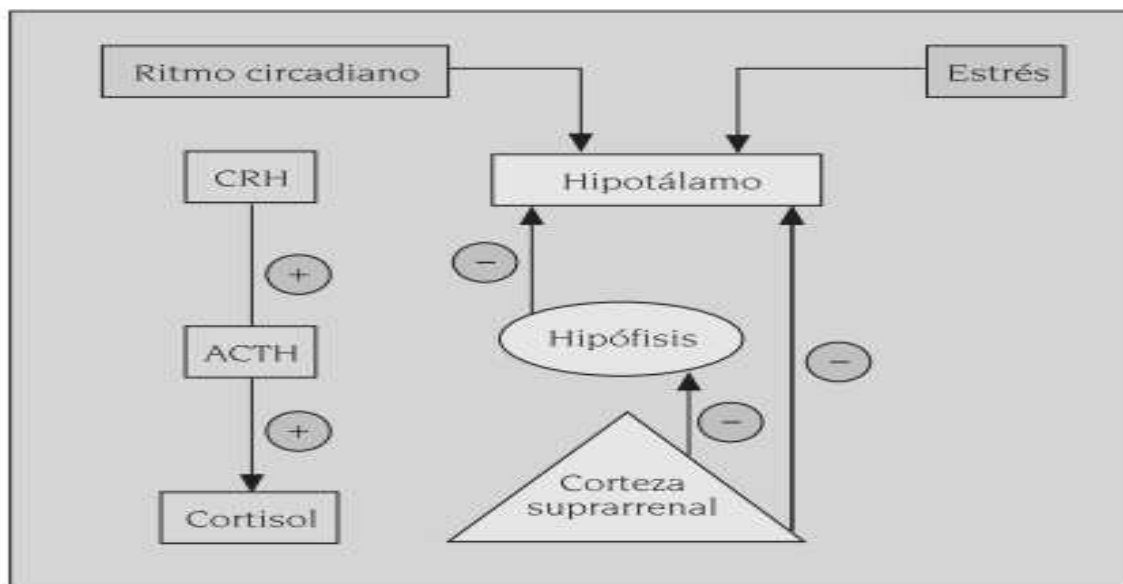


Figura 5. Eje hipotalámico-adrenal. Hormonas implicadas en la respuesta al estrés. (Córdova Martínez, Drobnic Martínez, González de Suso y Álvarez de Mon, 2002) .

La liberación de cortisol es pulsátil, su regulación es genética y ambiental, e influyen en ella el ciclo sueño vigilia y la percepción del propio estrés. La hormona cortisol, en condiciones normales, muestra un marcado ritmo circadiano, con un incremento que oscila entre el 50 y el 75% durante los 30 minutos siguientes al despertar, seguido de un descenso abrupto inmediato, que se hace luego gradual a lo largo del resto del día, hasta alcanzar un mínimo por la noche (Aguilar et al., 2014).

El estrés psicosocial puede afectar a una variedad de funciones inmunes, a través de procesos neuroendocrinos, tales como la activación del eje HPA o el sistema adrenérgico. Funciones inmunitarias reguladas por el sistema neuroendocrino también incluyen procesos inmunes pertinentes, tales como la secreción de anticuerpos, función de las células T cooperadoras, o reactividad de los macrófagos o eosinófilos.

La hipersecreción de cortisol ha sido observada como una vía fisiológica relacionada con los efectos del estrés crónico, es decir, con resultados nocivos para la salud por la reducción de la eficacia inmunológica. Con el tiempo, la hipersecreción

de cortisol puede dar lugar a que, en función de la sensibilidad a la retroalimentación, la salida HPA rebote a niveles inferiores a los normales (Aguilar et al., 2014).

El estrés en general se comprende no solamente las cargas excesivas sino también las insuficientes pueden producir estrés. El estrés en forma de tensión temporal es necesario, pero cuando se produce una sobrecarga y una tensión constante pueden aparecer trastornos en el organismo (Weineck, 2000).

Se reconoce que sobre todo el periodo de competición se caracteriza por llevar al máximo las capacidades biológicas, fisiológicas y psicológicas del atleta, exponiendo sus sistemas orgánicos a lesiones o fallas por exigencias elevadas y extremas. Cuando éstas exigencias se presentan de manera crónica sin una adecuada recuperación desencadena en el síndrome de sobre-entrenamiento (González-Boto et al., 2006).

En la actualidad, se busca de contribuir a cuidar y mantener la salud de los deportistas mexicanos, además de buscar su excelencia deportiva, una de las formas de intervenir es llevando un control biológico de los atletas durante el entrenamiento y el periodo de competición (Carranza et al., 2015).

Sin embargo existe poca evidencia científica útil para la comprensión de estado de estrés y sobrecarga que experimentan los deportistas en todas sus dimensiones para relajar intervenciones exitosas.

Estrés Psicológico.

El estrés no es un fenómeno nuevo, desde el siglo XVII se le consideraba como una carga sobre una estructura la cual implica una fuerza interna de resistencia que podía acarrear una distorsión. Posteriormente se utilizó el término estrés para referirse a la homeostasis o la capacidad de todo el organismo para mantener un equilibrio interno, y también para referirse a reacciones de “lucha-huida”, respuestas automáticas que emiten los organismos en defensa de estímulos amenazantes (Llaneza, 2007).

Las primeras definiciones se refieren al estrés como una respuesta inespecífica del organismo a la enfermedad, a partir de la observación de sujetos que padecían diferentes enfermedades infecciosas, pero con una sintomatología común sin signos específicos, este proceso fue llamado como el mecanismo del Síndrome General de la Adaptación (SAG) al estrés, analizando diferentes estresores; entre ellos, traumatismos, quemaduras, rayos X, frío (Myers, 2005; Stora, 2000).

Desde la perspectiva de la psicología, el estrés es fundamentalmente definido como una respuesta a la acción de un agente que puedes ser fisiológico o psicológico llamado “estresor”, cuyos efectos sobre el individuo están diferenciados en “eustrés” (buenos) y “distrés” (malos). Es decir se trata de consecuencias biológicas, mentales y psíquicas sobre la salud de las personas (Stora, 2000).

A partir de este concepto surgen investigaciones de modelo multilineal del estrés que engloban todas las dimensiones en diferentes poblaciones. Se identifica que al estar expuesto a un estresor biológico, físico o emocional, el SAG tiene tres fases:

En la fase 1, se experimenta una reacción de alarma a causa de la activación repentina de su sistema nervioso simpático. La frecuencia cardiaca se acelera, la sangre se desvía hacia los músculos esqueléticos, emocionalmente siente que desfallece a causa del agresor.

La fase 2, es de resistencia, la temperatura, la presión arterial y la respiración siguen elevadas y se produce una explosión de hormonas.

La fase 3, es el agotamiento, en donde el estrés si es persistente puede agotar las reservas corporales. Se eleva la vulnerabilidad a enfermedades, en casos extremos a sufrir un colapso y morir (Myers, 2005).

Las consecuencias del estrés son diversas, numerosas e imprecisas. Se pueden agrupar por los efectos que genera, en estrés cognitivo, psicológico, fisiológico, entre otros.

Entre los efectos biológicos y fisiológicos encontramos: Aumento de estrés oxidativo, catecolaminas y corticoides en la sangre y orina, elevación de los niveles sanguíneos de glucosa, incremento del ritmo cardiaco y de la presión sanguínea, sequedad de boca, reducción de la salivación, hiperventilación, dificultad para respirar, aumento del colesterol y triglicéridos, disminuye la acción de la insulina y testosterona (Llaneza, 2007; Pérez-Pàmies, 1998).

Los corticoesteroides preparan al individuo para un estado de emergencia; disminuyen la síntesis de proteínas y aceleran su degradación, a largo plazo se produce debilitación muscular y la supresión de la respuesta inmunitaria (Pérez-Pàmies, 1998).

Entre los efectos psicológicos encontramos: Ansiedad, agresión, apatía, aburrimiento, depresión, fatiga, frustración, culpabilidad, vergüenza, irritabilidad y mal humor, melancolía, poca estima, amenaza y tensión, nerviosismo, soledad (Sarason & Serason, 2006).

Otra definición del estrés la encontramos como el conjunto de experiencias negativas con cambios conductuales, emocionales, bioquímicos y psicológicos que están relacionados con retos agudos que sobrepasan la capacidad de respuesta del sujeto, o demandas elevadas que exigen una respuesta constante del individuo, generando con ello un estrés crónico percibidos (Sarason & Serason, 2006).

Un elemento común entre las situaciones estresantes es la incertidumbre. Se comprende que los estresores tengan efectos diferentes según las personas, lo que acontece es apreciado de manera diferente por unos y por otros y estará en función de la personalidad, autoconfianza y recursos de afrontamiento con los que cada uno cuenta (Llaneza, 2007; Myers, 2005). Las demandas provocadas por un estresor pueden construir situaciones estresantes, no únicamente en cuanto a la realidad objetiva, sino también como realidad percibida por las características de la persona (Llaneza, 2007).

Operacionalmente el estrés psicológico se define como la interacción entre un individuo y su ambiente, no pueden producirse sentimientos estresantes en ausencia

de esta percepción o detección (Márquez, 2006). Las personas difieren no sólo en los sucesos de la vida que experimentan, sino también en la vulnerabilidad que tienen ante éstos (Sarason & Serason, 2006). La vulnerabilidad al estrés de una persona está condicionada por su temperamento, resiliencia, habilidades para el afrontamiento y el apoyo social con el que cuenta (Llaneza, 2007; Myers, 2005).

La carga de trabajo física y mental, así como los factores interpersonales, de personalidad, de vulnerabilidad, así como los diversos acontecimientos estresantes percibidos, son factores psicosociales susceptibles al desarrollo del estrés (Llaneza, 2007).

El estrés psicológico se presenta cuando el sujeto aprecia que las exigencias que tiene que vencer, exigen o exceden la expresión de todos sus recursos y habilidades, de manera que la valoración objetiva de la situación y la autovaloración de las posibilidades propias desempeñan un papel importante en la aparición de este estado (González-Carballido, 2001).

La búsqueda del éxito y la victoria en cualquier disciplina conducen a los deportistas a implicarse en cargas de entrenamiento cada vez mayores, poniendo en riesgo su integridad y elevando la posibilidad de sobrepasar sus propios límites, generando un resultado negativo, pudiendo incluso acumular una fatiga que con el tiempo, le haga disminuir su rendimiento de forma considerable (Molinero et al., 2012; Urhausen & Kindermann, 2002).

El síndrome de sobre entrenamiento se define como un desequilibrio prolongado por la exposición a contextos que favorecen el estrés y una capacidad de recuperación y afrontamiento limitada, generando adaptaciones negativas tanto a nivel fisiológico como psicológico (González-Boto et al., 2008; Kellmann, 2010).

Los síntomas y signos del síndrome de sobre entrenamiento se pueden dividir en 3 tipos: 1) los relacionados con el rendimiento deportivo que incluyen descenso del rendimiento, fatiga persistente, necesidad de una recuperación excesiva tras las competiciones y rendimiento inconsistente, 2) los fisiológicos que abarcan desde cefaleas o dolores de estómago frecuentes, insomnio, estreñimiento, amenorrea,

frecuencia cardiaca elevada en reposo, descenso de la capacidad máxima de trabajo, pérdida inexplicable de apetito y de masa muscular, rigidez persistente y dolores musculares, articulares y diarreas frecuentes, y 3) los síntomas psicológicos como la depresión, apatía general, disminución de autoestima, cambios del comportamiento, dificultad para concentrarse y la pérdida del impulso competitivo (McArdle et al., 2004).

El estado de estrés-recuperación del atleta es el indicador que nos permite el conocer, no solo el nivel de estrés físico y mental del individuo, sino también si éste es capaz de utilizar estrategias para su recuperación y cuáles está empleando (González-Carballido, 2001; Molinero et al., 2012; Reynoso-Sánchez et al., 2016).

La literatura refiere que cuando los recursos de recuperación comienzan a ser inferiores a las demandas generadas por las situaciones de estrés, se inicia un círculo vicioso y negativo para el deportista, provocando que el equilibrio lógico se rompa, facilitando que el sujeto experimente de manera paulatinamente incrementos en sus niveles de estrés sin que sean completamente recuperados, determinado por la capacidad individual para disponer y utilizar los recursos necesarios de recuperación (Molinero et al., 2012; Reynoso-Sánchez et al., 2016).

A nivel psicológico el nivel de estrés-recuperación es el indicador o marcador psicológico que más se han utilizado para estudiar el estrés la sobrecarga o el sobreentrenamiento (González-Boto et al., 2006). Existen diferentes maneras de evaluarlo, entre los cuestionarios más utilizados encontramos las siguientes:

La Escala de Estrés Percibido, el cual consta de ítems de utilidad para identificar el nivel de estrés percibido, existe una adaptación al contexto mexicano. También se encuentra el Cuestionario de afrontamiento del estrés, con sus 7 dimensiones apoya en la evaluación de los estilos de afrontamiento de manera independiente (González & Landero, 2007).

Para deportistas encontramos el Cuestionario de Recuperación-Estrés conocido como RESTQ-Sport para Atletas, desarrollado bajo consideraciones teóricas se asienta en la hipótesis de que el nivel de sobre entrenamiento es el

resultado de la acumulación de estrés en diferentes áreas de la vida del deportista, junto con limitadas posibilidades de recuperación (González-Boto et al., 2008). La versión española de este instrumento ha demostrado ser válida y fiable en sus 19 factores (Molinero et al., 2012).

Además, la aplicación e interpretación del cuestionario RESTQ-Sport revela el nivel actual de estrés-recuperación del atleta y ofrece una idea aproximada del agente/es estresor/es que influyen sobre el sujeto, ya que contempla variables que hacen referencia a fuentes estresoras y regenerativas intrínsecas y extrínsecas a la práctica deportiva (González-Boto, Salguero, Tuero, & Márquez, 2009).

Estrés psicológico y deporte.

En un estudio reciente se evaluaron 148 jugadores de tenis de mesa utilizando el RESTQ-Sport, encontraron correlación entre el estrés, el agotamiento y la motivación (Martinent, Decret, Isoard-Gauthier, Filaire, & Ferrand, 2014).

En otra investigación se evaluó el estrés de 70 atletas quienes contestaron el cuestionario RESTQ-Sport y los resultados mostraron que hubo correlaciones significativas entre las habilidades psicológicas y estados de recuperación de estrés (Kuan & Kueh, 2015).

El estudio de Sánchez, Ureña y Calleja (2014) consistió en determinar los niveles estrés- recuperación en deportistas costarricenses de alto rendimiento y participaron un total de 239 sujetos, con una media de edad de $25,4 \pm 4,8$ años y con un promedio de $6,4 \pm 4,6$ años de entrenamiento en la primera división de su disciplina deportiva. Se utilizó la versión española del RESTQ-Sport, y se encontró que los valores promedio para las variables relacionadas a la recuperación fueron más altos que los promedios para las variables de estrés. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), al analizar el efecto de la edad, los años de entrenamiento en la primera división y el puesto en el caso particular de

los futbolistas. Los agentes estresores que más afectaron a la población estudiada fueron conflictos/presión y forma física/lesiones.

Otro estudio en el que participaron 141 practicantes de diversas modalidades deportivas a nivel competitivo de ambos sexos, con un rango de edades de 18 a 24 años (media: 20.8 ± 2.4 años), se les aplicó el cuestionario RESTQ-Sport para evaluar el estrés y la recuperación y el Perfil de los Estados de Ánimo (POMS) para evaluar el estado de ánimo, confirmó el hecho de que pueda existir algún tipo de relación teórica y conceptual entre las emociones, los estados de ánimo y el nivel de recuperación-estrés. Los resultados obtenidos muestran la existencia de estados agudos de estrés en los deportistas, que han sido afrontados de forma satisfactoria, posiblemente debido a la recuperación experimentada y a las bajas cargas de entrenamiento, correspondientes al comienzo de la pre-temporada. Se detectaron unos patrones de correlación entre las puntuaciones en las diversas escalas del RESTQ-Sport y del POMS que reproducen los obtenidos en otros estudios, y corroboran la posible existencia de algún tipo de relación teórica y conceptual entre las emociones, los estados de ánimo y el nivel de recuperación-estrés (Molinero, Salguero & Márquez, 2011).

Por otra parte, Nicolas, Banizette y Millet, (2011) desarrollaron un estudio, con el objetivo de investigar la percepción que tiene del estrés y de la recuperación en 14 corredores antes y días después (1, 3, 6, 9, 12, 15, 21 y 30) de una carrera de 24 horas en una competencia de ultra-maratón, a quienes se les aplicó el cuestionario RESTQ-Sport; los resultados sugieren que una carrera de ultra-resistencia induce el estrés percibido y conduce a alteraciones posteriores en la recuperación percibida, además los niveles de estrés y recuperación mostraron que se requiere un periodo de 2 semanas para volver a los niveles basales.

En una investigación realizada con la finalidad de encontrar indicadores tempranos del síndrome de sobre entrenamiento, en un grupo de 94 jugadores de fútbol de élite de 15 a 18 años de edad antes y después del ejercicio de intensidad máxima en intervalos programados, durante dos temporadas competitivas, utilizó el cuestionario RESTQ-Sport para medir el estrés y la recuperación, encontrando que

no hubo modificaciones significativas (Brink, Visscher, Schmikli, Nederhof, & Lemmink, 2012).

También hay estudios recientes en jugadores de rugby profesional, como es el de Nel (2012) en donde se llevó a cabo un monitoreo de los cambios en el estrés y la recuperación durante un año de entrenamiento, aplicando el cuestionario RESTQ-Sport una vez al mes a 55 jugadores entre 18 y 20 años de edad. Concluyeron que los jugadores en la posición de línea defensiva presentaron mejor recuperación y en menor tiempo que los delanteros, sin embargo en los delanteros se observaron mejores métodos de afrontamiento psicológico.

En México, hasta la fecha, se han realizado al menos tres estudios que han utilizado el RESTQ-Sport para dar seguimiento del balance de estrés-recuperación en deportistas universitarios. En el estudio de Reynoso-Sánchez et al. (2016), observaron el impacto de una temporada competitiva sobre el balance de estrés-recuperación en voleibolistas encontrando cambios ($p < 0.05$) en el balance de estrés-recuperación tras el avance de la temporada. Posteriormente, Reynoso-Sánchez et al. (2017), analizaron la relación entre las escalas del cuestionario y los niveles de cortisol en sangre de jugadores de balonmano durante una competición, señalando la relación ($p < 0.05$) entre los niveles de cortisol de forma positiva con las escalas de estrés y negativa con las de recuperación, asociando el comportamiento con la respuesta anticipatoria del cuerpo al estresor ante una situación demandante como lo es la competición. El tercer estudio es la investigación realizada por Hernández-Cruz et al. (2017), quienes evaluaron el impacto de las cargas del entrenamiento y su relación con los cambios en las escalas y factores que evalúa el RESTQ-Sport en corredores de resistencia, encontrando una disminución ($p < 0.05$) en el balance de estrés-recuperación cuando la carga de entrenamiento fue mayor.

Es importante no olvidar y considerar que los deportistas son seres humanos y por eso es indispensable verlos, evaluarlos y planear estrategias de entrenamiento y rendimiento deportivo considerando todas sus dimensiones, el nivel biológico, celular, fisiológico, psicológico, con la finalidad de cuidar y mantener la salud y prevenir la enfermedad.

Modelo Ribes

Cabe mencionar el modelo Ribes, el cual se trata de un modelo de campo y multifactorial que hace énfasis en la interacción de un conjunto de variables psicológicas de tipo histórico y situacional, para la práctica de los comportamientos instrumentales de prevención o de riesgo. Modelos teóricos como éste han aportado conceptos con los que han intentado comprender la relación entre lo psicológico y los fenómenos de salud y enfermedad (Piña, 2008).

En la actualidad además de buscar la excelencia deportiva de los atletas, es importante cuidar y mantener su salud integral, la cual va relacionada directamente con su propio rendimiento. Desde la perspectiva psicológica, hablar de salud y enfermedad implica hablar del estado resultante que es consecuencia de la manera en que el individuo se ajusta o no a los cambios en su ambiente, dicho ajuste se presenta en un momento de interacción continua entre la respuesta biológica y entre la funcionalidad psicológica buscando mantener un estado óptimo o de equilibrio (Piña, 2008). Se considera que gran importancia comprender el modelo psicológico de la salud biológica de Ribes en los deportistas mexicanos tanto en el periodo de entrenamiento como en el periodo de competición, con la finalidad de contribuir en el cuidado y mantenimiento de su salud así como en su rendimiento deportivo.

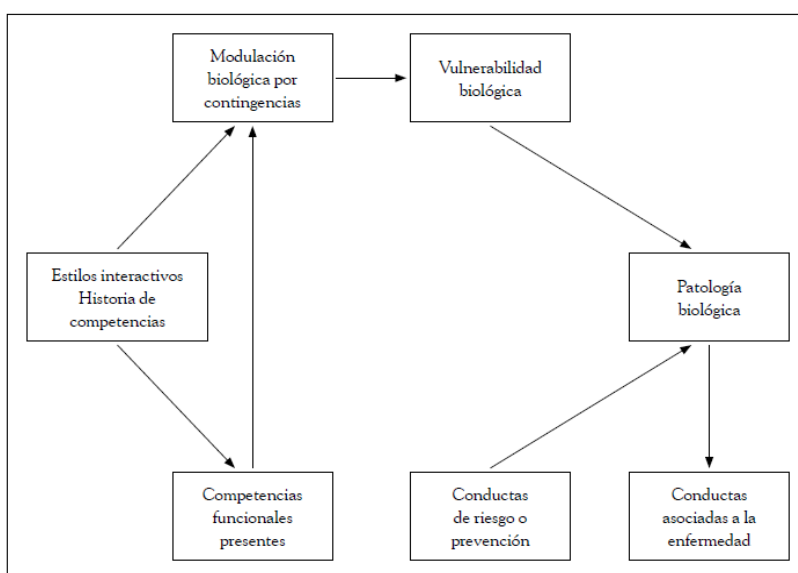


Figura 6. Modelo psicológico de la biología de Ribes.

Estrés Biológico y Psicológico en Deportistas de Alto Rendimiento

El estrés se distingue como una respuesta psicoorgánica global de un individuo ante un estímulo externo o interno, biológico, químico, físico o psicológico real o imaginario que supera por intensidad y /o duración la capacidad personal y actual de adaptación al mismo, dando resultado un proceso patogénico (Riquelme-Véjar, & Oksenberg-Schorr, 2003).

En la actualidad existe la necesidad de estudiar el comportamiento y las interacciones del estrés en diversas dimensiones, aunque desde 1991 identificaron que los niveles de adrenalina y noradrenalina se incrementan luego de retos mentales y/o situaciones de estrés asociados a mejores ejecuciones en el deporte y a la estabilidad emocional (González-Carballido, 2001).

La importancia de estudiar el estrés biológico y psicológico en deportistas de alto rendimiento, que permita el análisis integral de la información relativa al atleta en lo individual y a las distintas situaciones deportivas, tiene la finalidad de lograr intervenir de manera oportuna con las variables que determinen los estados de estrés en el atleta con valor pronóstico y de desarrollo (Reynoso-Sánchez et al., 2017).

El estrés que se produce por un entrenamiento excesivo o mal dirigido se expresa en esas evaluaciones, a veces antes de que se constaten afectaciones de rendimiento o alteraciones bioquímicas (González-Carballido, 2001).

Se realizó un estudio en el equipo de balonmano en donde se fueron incrementando progresivamente las cargas de entrenamiento, se encontraron elevaciones en las concentraciones de glutatión oxidado (GSSG), proteína C reactiva durante periodo de alta intensidad del entrenamiento, mientras que la relación glutatión reducido/oxidado (GSH/GSSG) disminuyó, además se encontró correlación positiva entre los valores de la proteína C reactiva, el GSSG, la relación GSH/ GSSG y la carga de entrenamiento, además todos los atletas contestaron el cuestionario

RESTQ-Sport, y se encontraron relación entre el estrés en recuperación, las lesiones y la carga de entrenamiento (Bresciani et al., 2010).

Por otra parte, Auersperger et al. (2014), realizaron un monitoreo de los parámetros bioquímicos, hormonales y psicológicos para la detección de un síndrome de sobre entrenamiento durante 8 semanas de entrenamiento en corredoras de alto rendimiento, sin encontrar correlaciones significativas.

En otra investigación que se realizó en 8 atletas de kayak de sprint jóvenes con experiencia competitiva internacional, quienes fueron evaluados por tres ocasiones durante 42 semanas, la primera evaluación fue en la segunda semana del periodo de formación general, la segunda evaluación al comienzo del período de formación específica y la tercer evaluación en el comienzo del periodo de entrenamiento competitivo. En cada evaluación se les aplicó el cuestionario RESTQ-Sport, el cuestionario POMS del estado de ánimo, la escala de borg de esfuerzo percibido y se tomó muestra en sangre para identificar concentraciones de creatina quinasa (CK), proteína C reactiva, proteína mieloperoxidasa y la relación GHS/GSSH, como resultados no se apreciaron diferencias a lo largo de la temporada en el estrés percibido y recuperación, de las pruebas hematológicas y bioquímicas solo se observaron cambios significativos en el incremento de los leucocitos en la tercer evaluación en comparación con la primera (Garatachea et al., 2011).

Evaluación Dietética y Composición Corporal en Deportistas

Uno de los factores que determinan el rendimiento deportivo es la alimentación (Miranda-Mendoza, Estrada-Díaz, López-Walle, & Hernández-Cruz, 2015; Mujika & Burke, 2011; Olivos, Cuevas, Álvarez, & Jerquera, 2012), la cual debe responder a los requerimientos energéticos de los atletas propias de su edad, sexo, condiciones de salud y físico-deportivas para poder preservar la salud y desarrollar de manera óptima la actividad deportiva, y también es un componente esencial en todas las etapas que el deporte implica, incluyendo la competición, la recuperación y el descanso (Vega-Pérez, Ruíz-Hurtado, Macías-González, García-Peña, & Torres-Bugarín, 2016).

Por las demandas fisiológicas propias de la práctica deportiva, es importante una distribución de energía adecuada, se debe aportar entre un 55 y 65% de hidratos de carbono ya que son el principal combustible para la musculatura en ejercicios de mediana y alta intensidad. De lípidos se recomienda consumir solo entre un 20 y 30%, de éstos son los ácidos grasos monoinsaturados los ideales para deportistas por su rápido aporte de energía, son cardiosaludables y presentan menos susceptibilidad a la peroxidación. El aporte de proteínas aconsejable es entre 10 y 20% (Martínez-Sanz, Urdampilleta, & Mielgo-Ayuso, 2013; Mujika, & Burke, 2011; Vega-Pérez et al., 2016).

Los hidratos de carbono son el principal combustible para nuestra musculatura en ejercicios de mediana y alta intensidad y son estos quienes nos proporcionan la energía necesaria para mantener una adecuada contracción muscular durante el ejercicio. La contribución de los hidratos de carbono al gasto energético depende de varios factores como son: tipo, frecuencia, duración e intensidad del ejercicio, nivel de entrenamiento y alimentación previa (Olivos et al., 2012).

Los lípidos son un componente necesario de la dieta, que proporciona energía y elementos esenciales, como las vitaminas A, D, K y E (Martínez-Sanz et al., 2013).

En deportes de larga duración, cuando los depósitos de glucógeno se vacían y la grasa corporal no es totalmente biodisponible (solamente lo es la que se almacenan a nivel intramuscular) se produce proteólisis para la obtención de energía, bien por vía directa a nivel intramuscular (aminoácidos ramificados) o indirectamente formando glucógeno a través de aminoácidos glucogénicos (ciclo glucosa-alanina) (Martínez-Sanz et al., 2013). La cantidad adecuada de proteínas y aminoácidos esenciales en la dieta en diferentes estados fisiológicos es de gran importancia para el colectivo deportivo, ya que un déficit proteico produce una disminución de la capacidad de generar la máxima potencia muscular (Moore et al., 2009). Las necesidades mínimas recomendadas de proteínas para los deportistas varían según el carácter del esfuerzo (Martínez-Sanz et al., 2013).

Para la evaluación dietética se utiliza herramientas tales como la frecuencia alimentaria, para identificar los alimentos que consume y con qué frecuencia lo hacen, también el recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos incluyendo un día del fin de semana y dos días entre semana (domingo, lunes y martes). A través de ésta evaluación se obtiene el total de energía en calorías consumida así como la cantidad total de los macronutrientes incluyendo hidratos de carbono, grasas y proteínas (INCAP, 2006; Shamah-Levy et al., 2006).

Además, como se menciona, la dieta en el deportista afecta su salud, peso, disponibilidad de sustratos, tiempo de recuperación post-esfuerzo, su rendimiento y su composición corporal (Vega-Pérez et al., 2016).

Por lo anterior es importante conocer la composición corporal de los jugadores de balonmano, estudios realizados desde los Juegos Olímpicos de 1928 han mostrado la correlación entre la modalidad deportiva que práctica el individuo y el papel de la constitución física como factor más de aptitud deportiva, existiendo en algunas modalidades un claro prototipo físico exigido para alcanzar en un futuro a medio y largo plazo un óptimo rendimiento en el alto nivel deportivo (Vila et al., 2008).

Vila y colaboradores, valoraron a 45 jugadores de balonmano masculino de la Región de Murcia, correspondiente a la categoría juvenil, con edades comprendidas entre los 16 y 18 años. Los resultados presentan diferencias significativas en las diferentes variables cineantropométricas estudiadas; principalmente entre los puestos específicos del extremo con el pivote y con el portero, para las variables de peso, Índice de masa corporal (IMC) y endomorfia. También se han encontrado diferencias significativas entre el puesto de portero con el de lateral, central y extremo para el sumatorio de seis pliegues. En ninguna variable se han encontrado diferencias entre jugadores de la primera línea ofensiva (laterales y centrales). El somatotipo ha sido, endo-mesomórfico para los laterales, centrales y porteros; mesofórfico-endomórfico para los pivotes y mesomórfico equilibrado para los extremos. La mesomorfia ha sido la característica predominante en todos los puestos. En la valoración de las capacidades físicas no se han encontrado

diferencias estadísticas en ninguna de las variables estudiadas, pero los mejores resultados han sido para los laterales, pivotes y porteros. Las características antropométricas son más importantes que las características condicionales para la elección del puesto específico de un jugador (Vila et al., 2008).

En la actualidad el método más confiable y completo para la evaluación de la composición corporal es utilizando la DXA (Absorciometría Dual de Rayos X), el cual permite realizar una estimación sencilla y rápida de la composición corporal arrojando los siguientes parámetros: estatura, peso, porcentaje de grasa, de agua y de masa muscular (Infante et al., 2013; Ramos et al., 2014).

En los deportistas presentar alteraciones en el estado nutricional y en particular en la composición corporal está relacionado con la adaptación a diferentes tipos de entrenamientos. En cuanto a la composición corporal una alta proporción de masa grasa se relaciona con un aumento en el gasto energético, mientras que su disminución reduce el rendimiento (Infante et al., 2013).

La DXA determina la composición corporal considerando 3 componentes: el tejido magro, la grasa y el hueso. Los valores obtenidos permiten calcular los índices de masa grasa (IMG) y magra (IMM) como indicadores del estado nutricional, ya que éste equipo presenta un mayor flujo fotónico con respecto a los densitómetros basados en fuentes de radioisótopos, permitiendo una disminución en el tiempo de adquisición y una mejora en resolución y precisión. La exposición a la radiación es muy baja, lo que supone un riesgo insignificante. La posibilidad que tiene la exploración para determinar la masa grasa, magra y el tejido muscular en brazos y piernas, donde existe poco tejido adiposo, permite el cálculo de los IMG, IMM e IMMA, este último de importancia para valorar la estimulación muscular durante el entrenamiento (Infante et al., 2013).

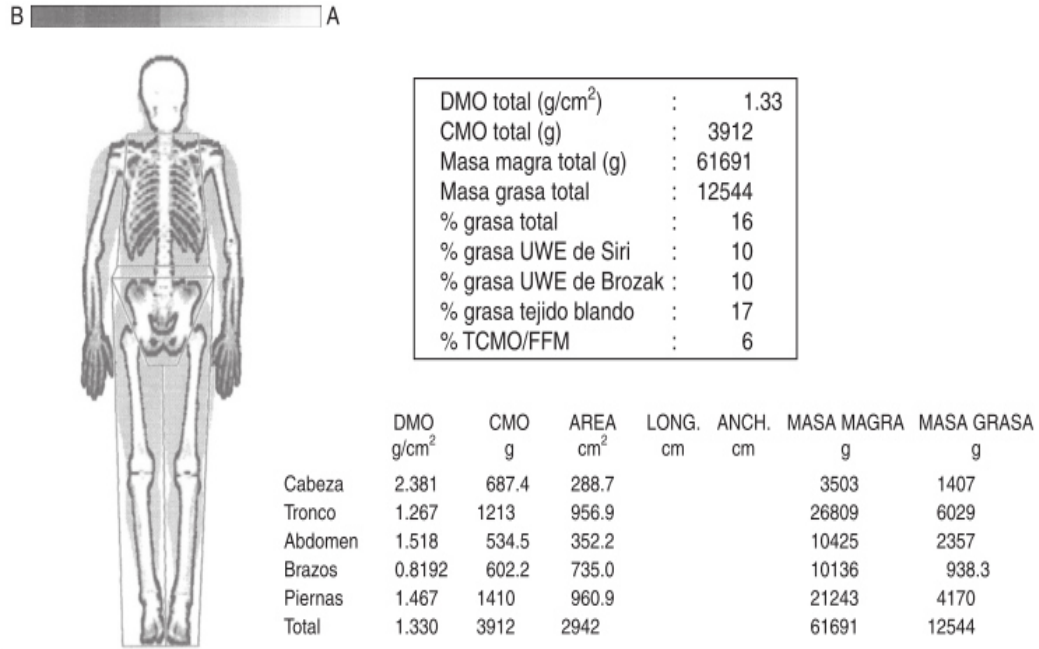


Figura 7. Densitometría Dual de Rayos X (DXA) (Infante et al., 2013).

Capítulo 2. Fundamentos Metodológicos

Materiales y Métodos

El diseño del estudio es de tipo experimental y correlacional. De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la declaración de Helsinki (7^a enmienda, 2013) y los lineamientos propios para investigaciones biomédicas (Hall, 2014). Se obtuvo la aprobación por el Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud (COBICIS) del Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud (CIDICS) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (COBICIS-801/2015/124-01HCG), y se contó con el consentimiento informado por escrito de los atletas ([Anexo 1](#)) que cumplieron con los criterios de inclusión y aceptaron participar después de informarles de manera clara, en lenguaje llano aspectos tales como confidencialidad, privacidad, uso de las muestras y prevención de posibles contingencias o hallazgos incidentales. Los atletas voluntarios fueron divididos de manera aleatoria, en un grupo control y un grupo experimental; los últimos estuvieron recibiendo durante tres semanas una bebida rica en antioxidantes y el grupo control una bebida placebo. Se evaluó el estrés biológico y el estrés psicológico en 6 tomas o momentos del periodo de competición a través de diferentes marcadores (Tabla 1). Previamente a los participantes se les realizó el historial médico, una prueba de esfuerzo, una evaluación dietética y de la composición corporal.

Tabla 1.
VARIABLES, MÉTODOS Y MATERIALES O INSTRUMENTOS

Variable	Medición	Método
<i>Estrés biológico</i>	Cuantificación del Estrés Oxidativo y Capacidad Total Antioxidante	FRAS 4 Evolveo
	Cuantificación de las enzimas antioxidantes	
	-Superóxido dismutasa (SOD)	Western blot
	-Catalasa (CAT)	
	-Glutathion Peroxidasa (GPX)	
<i>Estrés psicológico</i>	Cortisol en plasma	ELISA
	Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)	Polar team 2
	Evaluación del estrés psicológico	Cuestionario RESTQ-Sport

Muestra

Se evaluaron a 14 atletas sanos del equipo de balonmano varonil representativo de la UANL, con experiencia en torneos nacionales e internacionales, quienes realizaban sesiones de entrenamiento de 15 a 18 horas por semana como parte de la preparación para su competencia fundamental. La edad de los atletas variaba entre los 20 y los 24 años de edad, todos estudiantes de licenciatura o maestría en diferentes facultades de la UANL, entre ellas la Facultad de Organización Deportiva, la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, la Facultad de Ciencias Biológicas, algunos de ellos originarios y residentes de Monterrey, otros foráneos.

Los deportistas presentaron diferentes características identificando de manera general que la media de la estatura fue de 1.8 ± 0.06 mts, el peso corporal de 84 ± 14 kg, la masa magra 64.5 ± 7.8 kg y la masa grasa fue de 15.4 ± 9 kg (Tabla 2).

Tabla 2.
Características generales de 14 jugadores de balonmano.

Característica	Grupo experimental (<i>n</i> = 7)	Grupo control (<i>n</i> = 7)
	<i>M ± SD</i>	<i>M ± SD</i>
Edad (años)	22±2.1	22±1.5
Peso (kg)	84±10	85±19
Estatura (m)	1.79±0.07	1.8±0.05
Masa magra (kg)	62.5±5.7	66.2±9.7
Masa grasa (kg)	15.5±8.2	15.4±10.5

El tamaño de la muestra fue por conveniencia, no probabilística. La población se conformó de 14 atletas del equipo varonil de balonmano representativo de la UANL bajo los siguientes criterios.

Criterios de inclusión.

- ✓ Deportistas mexicanos del equipo representativo de la UANL
- ✓ Que de manera voluntaria aceptaran participar
- ✓ Que cumplieran con el 90% de asistencia a entrenamiento y competencias consideradas

Criterios de exclusión.

- × Que presentaran una lesión o situación incapacitante durante el estudio.
- × Que consumieran algún medicamento o suplemento que afecte los resultados del estudio.
- × Que desertaran en alguna etapa de la investigación.

Espacio.

El estudio de investigación se llevó a cabo en el periodo de competencia del equipo varonil de balonmano representativo UANL en la Universiada Nacional 2015 en Monterrey, Nuevo León, México.

La recolección de los datos se realizó en diferentes espacios como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.
Evaluaciones y espacios destinados para su desarrollo.

Evaluación	Método	Espacio
Historia Médica	Exploración física y evaluación médica por un Médico del deporte	Laboratorio de rendimiento humano, FOD, UANL.
Prueba de esfuerzo	Aplicación de la prueba Course Navette	Gimnasio Cayetano, FOD, UANL.
Composición corporal	Evaluación con Densitometría de Rayos X de Doble energía (DXA).	Laboratorio de evaluación de la composición corporal, de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, UANL.
Evaluación dietética	Aplicación de las siguientes herramientas: -Frecuencia alimentaria -Recordatorio de 24 horas	Laboratorio de rendimiento humano, FOD, UANL
	Cuantificación de estrés oxidativo	Laboratorio de rendimiento humano, FOD, UANL.
Estrés biológico	Cuantificación de enzimas antioxidantes	Laboratorio de genética de Centro de Investigación Biomédica del Noreste, IMSS.
	Variabilidad de la frecuencia cardiaca y cortisol	Laboratorio de rendimiento humano, FOD, UANL
Estrés psicológico	Cuestionario RESTQ-Sport	Laboratorio de rendimiento humano, FOD, UANL

Procedimientos

En una reunión informativa, se presentó a los atletas y entrenadores del equipo representativo de la UANL varonil de balonmano, el proyecto de investigación con la información de manera clara, en lenguaje llano incluyendo aspectos tales como el seguimiento de los protocolos de seguridad, confidencialidad, privacidad, el uso de las muestras y prevención de posibles contingencias o hallazgos incidentales. Posteriormente se les invitó a participar en el estudio y los que aceptaron firmaron la carta de consentimiento informado y se les pidió apegarse a las recomendaciones y sugerencias para el desarrollo del proyecto.

Una vez aceptando se les citó para realizar las primeras evaluaciones las cuales comprendían: el historial médico, una prueba de esfuerzo en campo, determinación de la composición corporal, valoración de la frecuencia cardiaca (VFC), examen psicológico y obtención de muestras sanguíneas basales.

El protocolo experimental consistió de seis etapas de evaluación, en cada una se determinaron los marcadores biológicos del estrés, así como los componentes psicológicos del estrés. Posteriormente después de la primera toma de muestra sanguínea, se inició con la ingesta de la bebida rica en antioxidante en el grupo experimental (Figura 9).

Se siguieron las recomendaciones metodológicas de Olmedilla et al. (2010), que sugieren evaluar a deportistas del mismo nivel competitivo, de la misma disciplina, del mismo género (Olmedilla et al., 2010).

Historial médico.

Para conocer el estado de salud del atleta, el historial médico se realizó por un médico del deporte, a través de una exploración física y una encuesta relacionada con los antecedentes personales no patológicos y patológicos.

Evaluación de las variables.

Prueba de esfuerzo.

La prueba de esfuerzo estuvo a cargo de especialistas en deporte de alto rendimiento, utilizando la prueba de Course Navette, la cual mide la capacidad aeróbica máxima de los atletas, mediante una prueba de campo indirecto e incremental descrito por Leger et al. (1988), la cual consiste en ir y volver a velocidad progresiva sobre un recorrido lineal de 20 metros. La velocidad se impone a través de un medio auditivo. La prueba se inicia a 8 km/h durante un minuto, posteriormente aumenta a 9 km/h durante el siguiente minuto, continuando con incremento de la velocidad a razón de 0.5 km/h cada minuto. Se anota el número de la última carga en el que el sujeto consigue llegar al final de los 20mts antes de la señal acústica. Ésta prueba sigue siendo muy utilizada en la investigación en el ámbito deportivo con la intención de identificar el rendimiento deportivo a través del Consumo Máximo de Oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$). La valoración del $VO_{2m\acute{a}x}$ se calcula a través de la fórmula: $VO_{2m\acute{a}x} = (31.025) + (3.238 * X) - (3.248 * A) + (0.1536 * A * X)$ en donde X = velocidad a la que se paró el sujeto. A= edad. Para sujetos mayores de 18 años siempre se aplica el valor 18 (Molina-López et al., 2013a; Terreros, Navas, Carraniñana, & Aragonés, 2004).

Evaluación de la composición corporal.

La evaluación de la composición corporal se realizó por nutriólogas en el Laboratorio de Composición Corporal del Centro de Investigación de Nutrición y Salud Pública, la evaluación se realizó utilizando la DXA (Absorciometría Dual de Rayos X), el cual permite realizar una estimación sencilla y rápida de la composición corporal arrojando los siguientes parámetros: estatura, peso, porcentaje de grasa, de agua y de masa muscular (Infante et al., 2013; Ramos et al., 2014).

Evaluación dietética.

Se realizó una evaluación dietética, utilizando la frecuencia alimentaria, para identificar los alimentos que se consumen y con qué frecuencia lo hacen; también se utilizó el recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos incluyendo un día del fin de semana y dos días entre semana (domingo, lunes y martes). A través de ésta evaluación se obtiene el total de energía en calorías consumida así como la cantidad total de los macronutrientes incluyendo hidratos de carbono, grasas y proteínas (INCAP, 2006; Shamah-Levy et al., 2006). Además se estimó el gasto energético por la ecuación de Harris y Benedict (1919), considerando un 40% (por ejercicios intensos) del factor actividad física, con la siguiente distribución de macronutrientes 58% hidratos de carbono, 20% proteínas y 22% lípidos (Desbrow et al., 2014; INCAP, 2006; Mujika & Burke, 2011; Olivos et al., 2012; Vega-Pérez et al., 2016). Se analizaron los datos en el programa Nutrimind (Arzola-Paniagua, García-Salgado, Calvo-Vargas, & Guevara-Cruz, 2016; Domínguez-Reyes et al., 2015; Suharoschi et al., 2011).

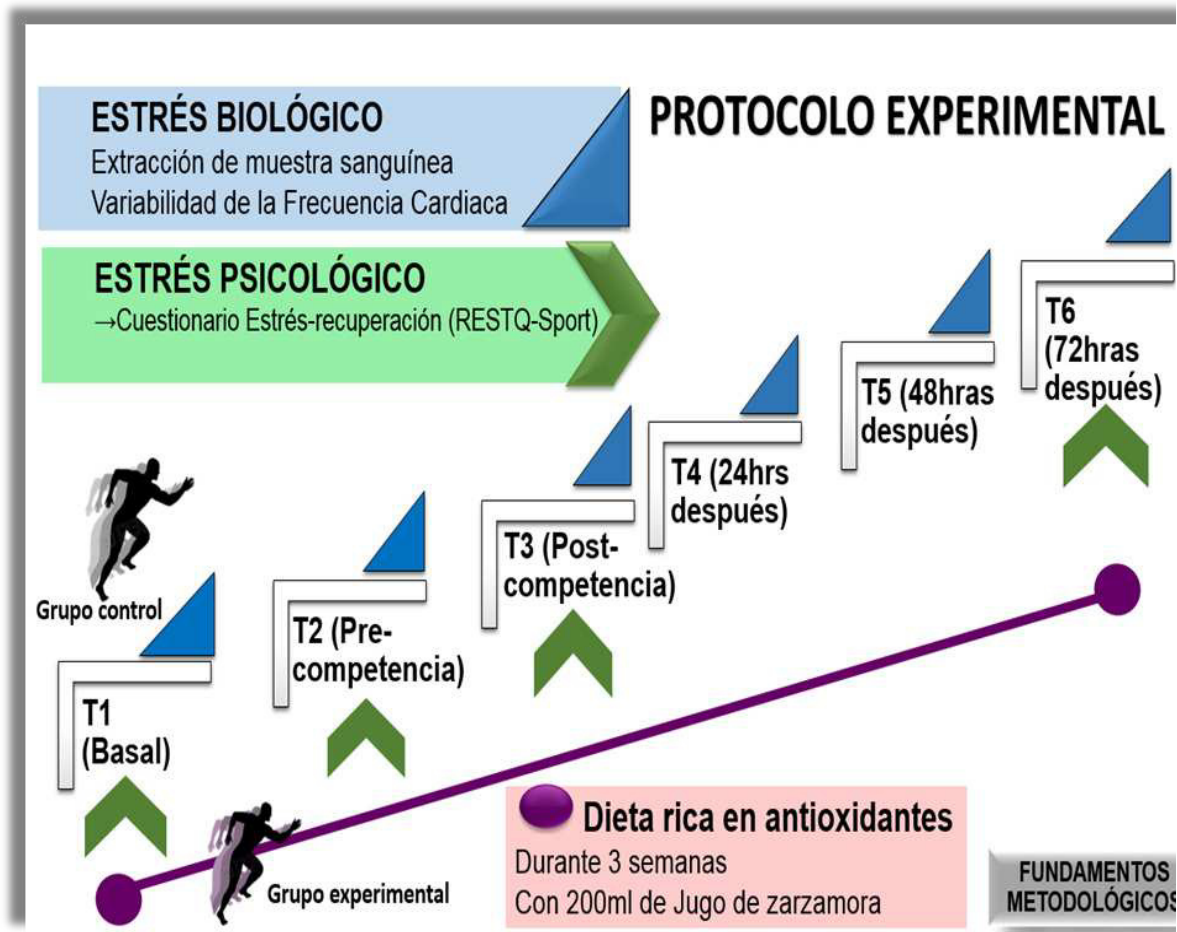


Figura 8. Estrategia Experimental

Evaluaciones de estrés biológico.

Apegados a los protocolos de seguridad para el trabajo con material biológico de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-087-ECOL-SSA1-2002 en nivel 1; NOM-017-STPS-2008), se recolectaron 56 muestras de sangre venosa periférica usando tubos heparinizados en 4 momentos: Reposo (1 semana previa a la competencia, antes del suministro de la bebida); Pre-competencia (inmediatamente antes de la competencia); al final de competencia; y 24 horas después de la competencia.

Cuantificación del estrés oxidativo y capacidad antioxidante.

La medición del estrés oxidativo y la capacidad total antioxidante, se realizaron por métodos espectrofotométricos utilizando (REDOX O.B. KIT), cuantificando los metabolitos reactivos de oxígeno, determinando la concentración de hidroperóxidos (*i.e.* prueba d-ROMs, unidades Cornelli) y la capacidad total antioxidante en plasma por el método FRAP (*i.e.* prueba PAT, unidades Carratelli) con el equipo FRAS4 Evolve (H&D, Parma, Italy), en el Laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva, siguiendo el siguiente procedimiento:

Medición del estrés oxidativo (prueba dROMS).

Para la prueba dROMS se utilizó una técnica que determina la concentración de metabolitos reactivos de oxígeno, particularmente de hidroperóxidos que son marcadores y amplificadores de los RL (Cornelli et al., 2011; Cornelli et al., 2001). Siguiendo el siguiente procedimiento se extrajeron 10 μ L de plasma de un tubo colector con heparina y se depositaron dentro de la microcubeta la cual contiene el preparado de buffer de reactivo R2 (buffer pH 4.8) y se mezcló por inversión; posteriormente, se abrió una cubeta nueva que contenía el cromógeno condensado y se adicionó el plasma mezclado con el R2. Después de cerrar la cubeta para mezclar nuevamente por inversión, se colocó dentro del fotómetro y se obtuvo el resultado en Unidades Caretelli (U.Carr.). Considerando que 1 U.Carr es equivalente a 0.08mg peróxido de hidrógeno/dL. Los valores de referencia para la interpretación del resultados son los siguientes: se considerarán valores normales de 250 a 300 U.Carr, en el límite es de 300 a 320 U.Carr., bajo nivel estrés de oxidativo de 321 a 340 U.Carr., medio nivel de estrés oxidativo 341 a 400 U.Carr., alto nivel de estrés oxidativo de 401 a 500 U.Carr., y como muy alto nivel de estrés oxidativo >500 U.Carr.

Medición de la capacidad antioxidante (prueba PAT).

Para la prueba PAT, se utilizó el método FRAP (Poder Antioxidante de la Reducción Férrica) método espectrofotométrico que consiste en medir en una muestra de plasma el poder de una sustancia antioxidante para reducir el Fe^{+3} a Fe^{+2} con una onda de absorbancia a 593 nm; se utiliza el complejo TPTZ (férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina) incoloro, el cual es reducido al complejo ferroso coloreado (Benzie & Strain, 1996; Edeas, 2011; Herrlinger et al., 2015; Thaipong et al., 2006). Apegados al siguiente protocolo, se tomó la cubeta que contiene el reactivo R1 (solución de cromógeno) y se agregaron 40 μL del reactivo R2 (Solución nitrato férrico) y se cerró la cubeta mezclando por inversión durante 10 segundos. Una vez mezcladas, se insertó la cubeta en la celda de lectura. Posteriormente se retiró la cubeta de la celda y se le agregaron 10 μL de plasma mezclando por inversión durante 10 segundos; nuevamente se colocó en la celda de lectura para obtener los resultados, los cuales se presentan en Unidades Cornelli (U. Cor) cada U. Cor. Equivale a 1.4micromol/L de ácido ascórbico. Considerando que valores de >2800 U. Cor., capacidad antioxidante muy alta, de 2800 a 2200 U. Cor. Capacidad antioxidante normal, de 2200 a 2000 U. Cor. capacidad antioxidante en el límite, de 2000 a 1800 U. Cor. Capacidad antioxidante levemente deficiente y <1800 U. Cor. Capacidad antioxidante deficiente.

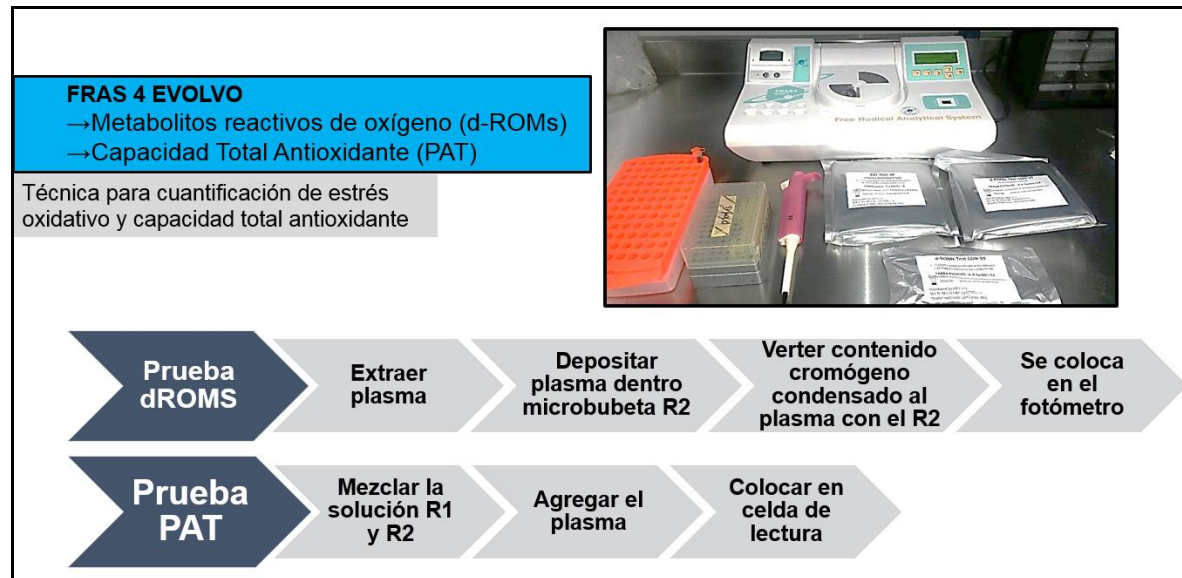


Figura 9. Equipo FRAS 4 EVOLVO

Cuantificación de enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), Catalasa (Cat) y Glutación Peroxidasa (Gpx) por Western blot.

La evaluación de las enzimas antioxidantes, SOD, CAT y GPX se realizó en los leucocitos de los deportista, a través del método de Western blot el cual es un método inmunológico para la detección y cuantificación de proteínas específicas (Balfoussia et al., 2014; Hansen, Zhang, & Jones, 2006; Jones & Go, 2010), El western blot consiste en someter a los extractos de proteína a una electroforesis, seguida de la transferencia de las proteínas a una membrana de PVDF, la incubación con anticuerpos primarios y secundarios y el revelado de membrana para evidenciar los resultados; ésta técnica se realizó en el Laboratorio de Genética Molecular del Centro de Investigación Biomédico del Noreste del IMSS siguiendo el procedimiento que se desarrolla a continuación:

Extracción de leucocitos.

Se extrajeron 3 mL de sangre venosa en tubo con anticoagulante EDTA y se centrifugaron a 3000 rpm por 15 minutos para separar el plasma; después con una pipeta Pasteur se transfirió cuidadosamente la capa de leucocitos a un tubo Eppendorf de 1.5 mL. Para lisar los eritrocitos contenidos en esta muestra, se añadió la solución lisis I (5mM Cloruro de Magnesio), hasta llenar el tubo, y se agitó

suavemente; después se centrifugó a 3000 rpm por 10 min desechando el sobrenadante. Se repitió este último paso de 2-4 veces y se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos hasta que obtener sólo las células libres de eritrocitos. Estas muestras se congelaron a -80°C hasta su uso.

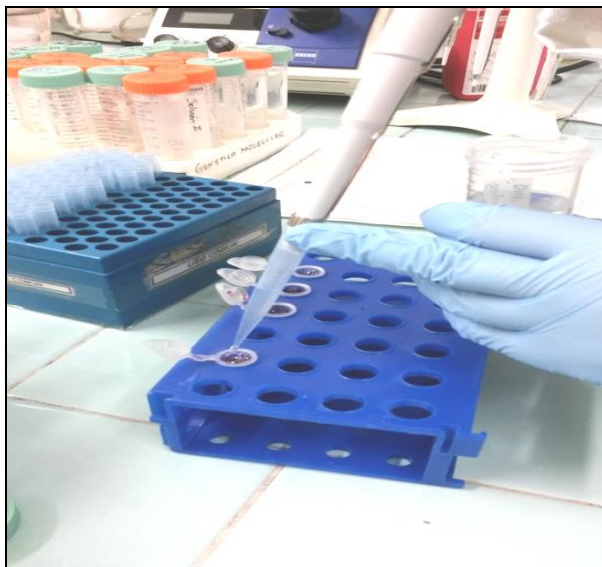


Figura 10. Extracción de células blancas

Cuantificación de proteínas.

Se colocaron las 54 muestras de plasma en hielo. Se le agrega el inhibidor de proteasas (1 microlitro por cada 100 microlitros de muestra), se mezcla en un vortex (Doigger Genie) a cada muestra y se colocan 4 minutos en hielo. Esto se repite dos veces dando un total de 12-15 minutos después se centrifuga por 10 minutos a 14000 rpm y se retira el sobrenadante colocándolo en un nuevo tubo de 1.5ml. Para la cuantificación de proteínas, se utilizó el kit para cuantificación de proteínas por el método de BCA (Pierce), siguiendo las instrucciones de la casa comercial. Brevemente, se utilizó BSA como proteína estándar a concentraciones de 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.125 miligramos por mililitro para obtener una curva de estandarización. En una placa de 96 pozos, se colocaron 200 microlitros más 2 microlitros de cada estándar y muestra problema. Se incubaron las muestras a 37°C por 30 minutos. Una vez que el tiempo se cumplió, se midió la absorbancia de las muestras en un

lector de ELISA a 570 nm y se realizaron los cálculos para obtener la concentración de proteína total presente en la muestra.

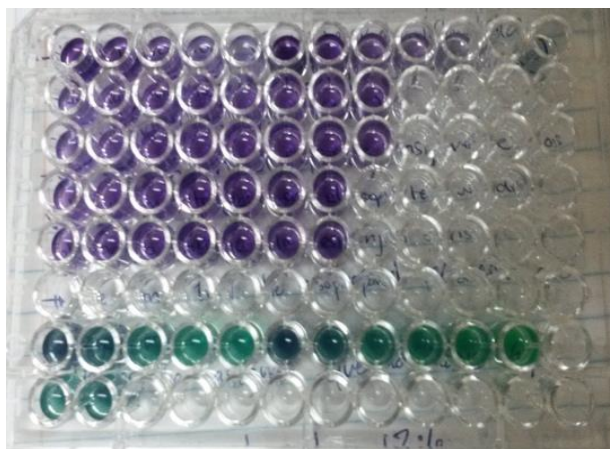


Figura 11. Cuantificación de proteínas

Preparación de gel.

Las proteínas se sometieron a electroforesis en geles de poliacrilamida. Se preparó la mezcla del gel de resolución al 12% (5 mL) para cada gel. Se mezclaron los siguientes reactivos: Acrilamida al 40% (1.5 mL), Tris pH 8.8 (1.25 mL), Agua MiliQ (2.18 mL), SDS 10% (50 μ L), PSA 10% (25 μ L), el TEMED al final (8 μ L). Se agregó la mezcla del gel dentro de los moldes, dejando vacío un espacio en la parte superior que se necesita para el gel concentrador, inmediatamente después de verter la mezcla se agregó metanol para asegurar que no queden burbujas y se dejó polimerizando. Posteriormente se retiró todo el metanol y se preparó la mezcla del gel concentrador al 5% (5 mL). Para la preparación del gel concentrador se mezclaron los siguientes reactivos: Acrilamida al 40% (0.5 mL), Tris pH 6.8 (1.26 mL), Agua MiliQ (3.18 mL), SDS 10% (50 μ L), PSA 10% (25 μ L), el TEMED al final (8 μ L). Se agregó encima del gel polimerizado, la solución del gel concentrador y rápidamente se colocó el peine (1mm) para los pocillos y se dejó polimerizando. Una vez solidificado el gel concentrador, se retiró el peine y se colocó el gel en el soporte interior de la cubeta de electroforesis.

Electroforesis.

Para la electroforesis se utilizó el buffer de corrida (25 mM Tris, 192 mM Glicina y 0.1% SDS, pH 8.3). Se cargó el gel con las muestras según el orden deseado, sin olvidar el marcador de peso molecular. En caso de haber carriles vacíos se cargaron con jugo azul. Una vez cargadas las muestras en el gel, se colocó la tapa de la cubeta haciendo coincidir el polo positivo y el negativo como corresponda. Se conectó a la fuente de poder y se puso el voltaje adecuado al gel (80-100apm) y se dejó corriendo durante 2-3 horas. Una vez corrido el gel, se detuvo la fuente de poder y se desconectó la tapa de la cubeta para sacar con cuidado el soporte interior y desanclar el gel. Con la espátula, se separaron los dos cristales y se descartó el gel concentrador y se hizo una pequeña marca para saber la orientación del gel.

Transferencia.

Se prepararon dos almohadillas de papel filtro y se cortó un cuadro de membrana de PVDF lo más ajustado posible al tamaño del gel. Posteriormente se activó la membrana de PVDF con metanol durante 1 minuto. En un recipiente se sumergieron en solución de transferencia, las almohadillas de papel filtro. Luego se montó en el equipo de transferencia, en el siguiente orden: una almohadilla de papel filtro, membrana de PVDF (marcando el lado de transferencia, en la esquina superior izquierda), el gel polimerizado y cargado previamente y al final otra almohadilla de papel filtro. Para evitar las burbujas, se pasó el rodillo. Se cerró el equipo de transferencia haciendo coincidir el polo positivo y el negativo como corresponda. Después se conectó la fuente de poder a 120vma y se dejó transferir durante 20-40 min.

Bloqueo.

Una vez transferida la membrana, se colocó en una cubeta de tamaño justo a la medida y se cubrió por completo con la solución de bloqueo (2g de leche descremada en polvo + 20ml de TBS-Tween 20 1x (TBST)) y se dejó en agitación a temperatura ambiente durante 1 hora o a 4°C toda la noche.

Anticuerpo primario.

Se preparó el anticuerpo primario en los últimos 10 minutos antes de terminar del bloqueo, según indicaciones del proveedor y de acuerdo a cada determinación (anti-superoxido dismutasa, anti-catalasa y anti-gutlatión peroxidasa). El anticuerpo se diluyó en solución TBS- tween; una vez bloqueada la membrana, se retiró la solución de bloqueo por decantación y se añadió la dilución del anticuerpo primario. Se dejó toda la noche incubando a 4°C en agitación. Posteriormente la membrana se lavó con TBS- tween por 10 minutos, repitiendo la operación dos veces más.

Anticuerpo secundario.

Se preparó el anticuerpo secundario (anti-IgG humana acoplada a peroxidasa) en los últimos 5 minutos del último lavado con TBS-tween. Se decantó el TBS-tween y se agregó la dilución del anticuerpo secundario, después se dejó incubando en agitación por 2 horas a temperatura ambiente. Se realizaron tres lavados de 10 minutos cada uno, con TBST.

Revelado.

En los últimos 5 minutos del último lavado del anticuerpo secundario, se preparó la solución de revelado; 1 mL de ECL (Pierce, Catalogo 32209). Posteriormente se decantó el TBS- tween y se agregó la mezcla de revelado y se dejó actuar durante 1 minuto. Después se colocó la membrana en el filme de revelado y se llevó al lector de membranas de Western blot, luego se preparó el lector abriendo el programa correspondiente y activando el lector de membrana. Se dejó en la lectura durante 12 minutos para obtener el resultado.

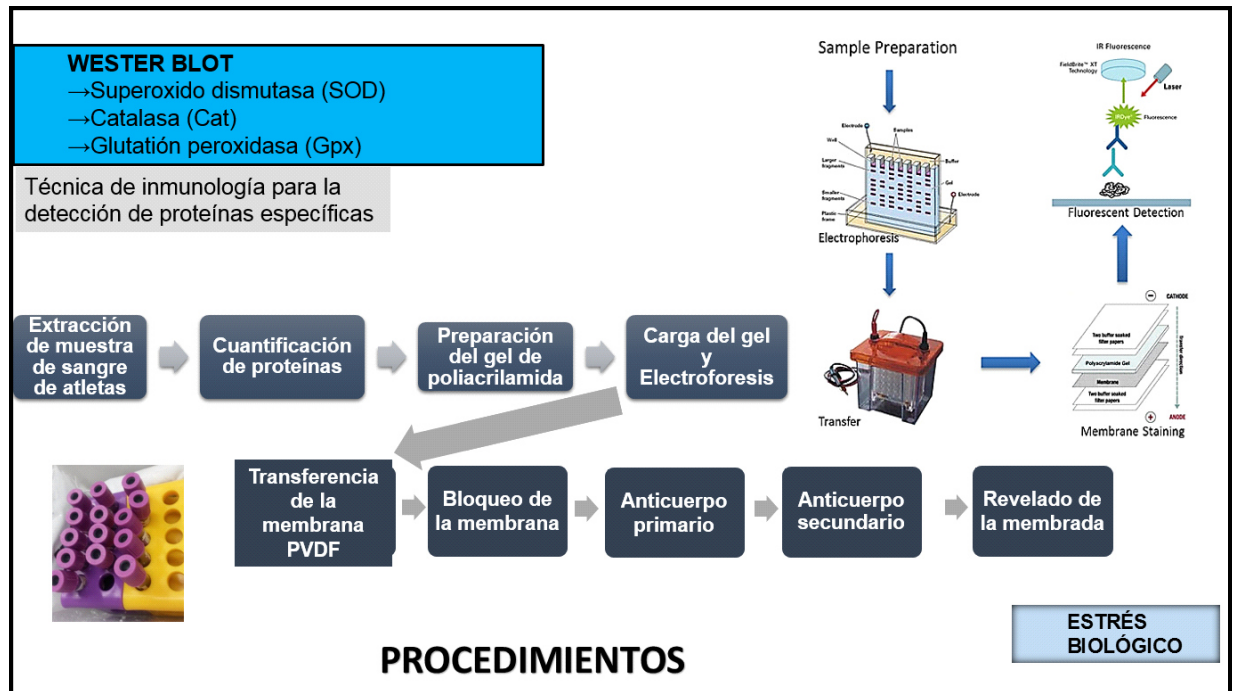


Figura 12. Esquema del procedimiento de la técnica de Wester blot.

Evaluación de cortisol.

Para cuantificar el cortisol se utilizó la técnica ELISA (Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas) donde el antígeno inmovilizado se detecta mediante un anticuerpo enlazado a una enzima capaz de generar un producto detectable (Mendham, Duffield, Marino, & Coutts, 2014; Yamauchi & Kadowaki, 2008). Para realizarla se sigue el siguiente procedimiento: antes de iniciar es importante tener todos los materiales, reactivos, las muestras, la proteína estándar y la carga control, posteriormente se carga en los pocillos de la placa 20 μ L de la proteína estándar y el control, luego se agregan 20 μ L de plasma de cada una de las muestras sanguíneas de los atletas en el orden correspondiente, luego se añaden 200 μ L de anticuerpo para cortisol (HRP conjugado) a cada uno de los pocillos, excepto al control, luego se debe cubrir la placa de ELISA con papel aluminio o lámina suministrada en el kit (ab108665 – Cortisol ELISA Kit) y se deja incubando a 37°C durante 1 hora, posteriormente se retira el papel aluminio de la placa y se realiza un aspirado de los

pocillos y se realizan lavados (3-5 veces por 5 segundos) con 300 μ L con el reactivo de lavado, después se añaden 100 μ L de la solución de sustrato TMB en todos los pocillos incubando a temperatura ambiente en la oscuridad durante 15 minutos, posteriormente se agita suavemente e inmediatamente se realiza la lectura en el lector de placas de ELISA con una absorbancia de 450nm y se obtiene el resultado.

Medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

La medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se realizó en el Laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva Utilizando el equipo Polar Team 2. La VFC tiene como propósito realizar mediciones objetivas del esfuerzo de los participantes, utilizando el equipo polar team 2 en la opción RR (latido a latido) con 10 bandas (wearlink wind polar) las cuales se colocarán en el tórax de cada atleta (Moreno et al., 2013) . El procesamiento de las señales de la VFC se realizarán mediante el programa kubios HRV analysis software versión 2, para realizar el análisis de los parámetros de dominio y frecuencia. Se calculan los datos de la rMSSD por su relación con el sistema nervioso parasimpático.

Evaluación del estrés psicológico.

Para evaluar el estrés psicológico se realizó la medición del estado estrés-recuperación, que permite evaluar el nivel de estrés físico y mental del atleta así como si éste es capaz de utilizar estrategias para su recuperación y cuáles está empleando. Como instrumento se utilizó el cuestionario RESTQ-Sport (Kellmann y Kallus, 2001; 2016) en su versión adaptada al contexto mexicano (Reynoso-Sánchez 2018), el cual consta de 76 ítems (28 específicos y 48 no específicos a la actividad deportiva) que se distribuyen en 19 escalas más un ítem introductorio no incluido en los análisis. Las escalas que se utilizan, se agrupan de la siguiente forma: (1)

Escalas de Estrés General, que incluye 7 escalas de Estrés No Específico al Deporte (ENED): entre ellas se encuentran las siguientes subescalas: estrés general, estrés emocional, estrés social, conflictos/presión, fatiga, falta de energía y alteraciones físicas; (2) Escalas de Recuperación que se forma de 5 escalas de Recuperación No Específica al Deporte (RNED): que incluye las siguientes subescalas: éxito, recuperación social, recuperación física, bienestar general, calidad del sueño; (3) Escalas de Recuperación Específica al Deporte formada por 3 escalas de Estrés Específico al Deporte (EED): que abarca las siguientes subescalas: periodos de descanso alterados, burnout/fatiga emocional y forma física/lesiones; y (4) Escalas de Recuperación Específicas al Deporte que consta de 4 escalas de Recuperación específica al deporte (RED): constituido por las siguientes subescalas: bienestar/estar en forma, burnout/realización personal, autoeficacia y autorregulación. A partir de las dimensiones de segundo orden se pueden obtener las dimensiones totales de estrés (ET) y de recuperación (RT). Los deportistas indican de forma retrospectiva en una escala Likert graduada de 0 (nunca) a 6 (siempre) puntos la frecuencia con que han participado en diferentes actividades durante los últimos 3 días/noches (Kellmann & Kallus, 2016).

Análisis estadístico.

Se utilizó el programa SPSS, y se realizaron pruebas no paramétricas, con análisis multivariado, utilizando el análisis de clóster, la prueba de Wilcoxon, y correlación de Pearson.

Las pruebas no paramétricas nos permiten trabajar con muestras pequeñas de datos categóricos u ordinales, independientemente de la distribución de las muestras que se desea contrastar (Gómez-Gómez, Danglot-Banck, & Vega-Franco, 2003).

Con las pruebas estadísticas de correlación se buscaron asociaciones entre las variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales

primero se midieron cada una de éstas, y después se cuantificaron, analizaron y establecieron las vinculaciones. La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Es decir, intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o casos en una variable, a partir del valor que poseen en las variables relacionadas. La correlación puede ser positiva o negativa (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014).

Se utilizaron pruebas no paramétricas, se realizó estadística descriptiva, posteriormente la prueba de normalidad de datos de Kolmogorov-Smirnov, se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar las diferencias entre grupos, después se realizó la prueba de Friedman, seguido de la prueba de Wilcoxon con el paquete estadístico SPSS versión 21.

Capítulo 3. Resultados y Discusión

Estado de Rendimiento Deportivo

A continuación se presenta el estado de rendimiento de deportistas mexicanos de balonmano varonil de la UANL con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición a través del consumo máximo de oxígeno.

El estado de rendimiento fue evaluado antes de la competencia con la prueba de esfuerzo de course navette a través de la medición del VO₂max (Volumen Máximo de Oxígeno), en la cual se observó que todos los atletas se encuentran por encima de 40ml/kg/min (media de 54 ± 6.8 ml/kg/min), ubicándose en la categoría muy buena (figura 13). También se identificó una mínima de 41.5 ml/kg/min y la máxima de 62.6 ml/kg/min.

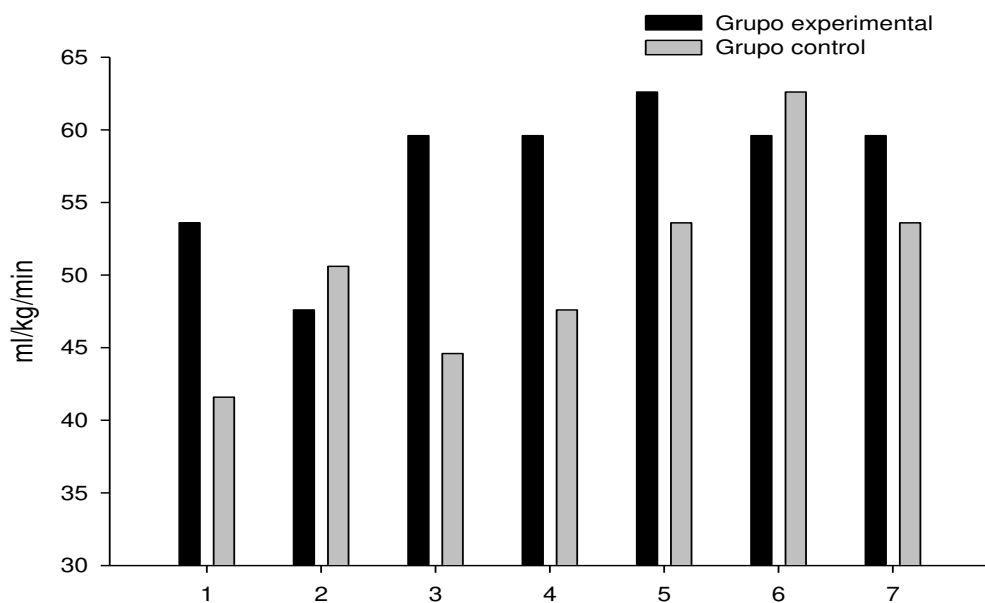


Figura 13. VO₂max en ml/kg/min de jugadores de balonmano varonil UANL.

En la prueba de esfuerzo, además del VO₂max, en los parámetro se mide la frecuencia cardiaca máxima, así como la frecuencia cardiaca en reposo es decir 5 minutos después de la prueba; en los jugadores de balonmano antes de su competencia se encontró una media de 193 ± 7.6 lpm de frecuencia cardiaca

máxima. En cuando a la frecuencia cardiaca en reposo se presentó una media de 133 ± 27 .

Autores como Molina-López, et al. (2013a), realizaron la prueba de esfuerzo en el equipo de balonmano y obtuvieron resultados que coinciden con los resultados del presente estudio. Resultados similares también se encontraron en jugadores de baloncesto (Vaquera et al., 2003). Por el contrario en jugadores de futbol de sala se han reportado valores cercanos a los 100 ml/kg/min (Álvarez et al., 2001). Otro estudio reportó una media de 56.6 ± 4.9 en la VO₂max en varones de un centro deportivo con ejercicios de moderada a alta intensidad al menos 3 veces a la semana durante al menos los últimos 2 años (Cerdeira-Kohler, 2014).

Evaluación de la Composición Corporal

Para identificar la composición corporal de los atletas se utilizó la evaluación por absorciometría con rayos X de doble energía (DXA), encontrando los siguientes resultados.

El sexo, la edad, el peso y la estatura (Tabla 4) son las mediciones básicas que representan las características generales de la muestra, sin embargo para la evaluación del estado nutricional de los jugadores, se requiere considerar parámetros que arrojen información con respecto a la composición corporal de los mismos, entre éstos parámetros se incluyeron el porcentaje de grasa, la masa grasa, la masa magra o muscular, así como la Composición Mineral Óseo (CMO).

Tabla 4.

Evaluación de la composición corporal a través de Densitometría de Rayos X de Doble energía (DXA) en de jugadores de balonmano varonil UANL

Característica	Grupo experimental (n = 7)	Grupo control (n = 7)
	M ± SD	M ± SD
Edad (años)	22±2.1	22±1.5
Peso (kg)	84±10	85±19
Estatura (m)	1.79±0.07	1.8±0.05
Grasa (%)	19.1±8.7	17.9±8.2
Tejido (kg)	78.3±9.6	78.3±9.6
Masa magra (kg)	62.5±5.7	66.2±9.7
Masa grasa (kg)	15.5±8.2	15.4±10.5
CMO (kg)	3.6±0.2	4.0±0.6

Los jugadores de balonmano mexicanos evaluados estaban entre los 20 y 23 años de edad, con una estatura media de 180±6cm, presentaron un peso de 84±14kg, en cuanto al porcentaje de grasa se encontró la media 18±8%, que corresponde a 15±9kg de masa grasa, por otra parte 64±7kg de masa magra, presentando poca diferencia entre cada uno de los grupos.

En cuanto a la CMO, se encontró una media de 3.6 ±0.2kg en el grupo experimental y 4 ± 0.6kg en el grupo control.

En cuanto al peso, los valores coinciden con los de la evaluación a jugadores de balonmano que hicieron Souglis, Bogdanis, Giannopoulou, Papadopoulos y Apostolidis, (2015), quienes encontraron una media de 85 ± 5kg de peso y en cuanto a la estatura ellos encontraron una media de 187±4cm por arriba de la registrada en nuestro estudio.

La media del porcentaje de grasa de los deportistas estudiados fue de 18±8%, mientras que Protzner et al. (2015) evaluaron la composición corporal a deportistas de diversas disciplinas, incluyendo soccer y balonmano, encontrando que la media del porcentaje de grasa en los jugadores de balonmano fue de 14±3%, con una diferencia significativa ($p = 0.012$) en las medias de los jugadores de soccer 9±1%.

Evaluación Dietética

Evaluar la ingesta de energía, macro y micronutrientes a través del recordatorio de 24 horas de deportistas mexicanos con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición fue otro de nuestros objetivos de investigación. A continuación se presentan las medias de los resultados de la ingesta alimentaria del grupo control:

Tabla 5.

Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Energía y macronutrientes de la ingesta de los jugadores de balonmano varonil UANL del grupo control durante el periodo de competición

Macronutriente		Media	DS
Energía	Calorías	3078.85	580.52
	Gramos	357.57	48.52
Hidratos de carbono	Calorías	1429.42	48.52
	%	47.90	3.16
	Gramos	113.95	20.11
Proteínas	Calorías	455.80	80.47
	%	14.80	1.16
	Gramos	132	35.73
Grasas	Calorías	1188	321.61
	%	37.28	4.03

Tabla 6.

Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Cuantificación de la ingesta de los micronutrientes (vitaminas y minerales) en los jugadores de balonmano varonil UANL del grupo control durante el periodo de competición

Micronutriente	Media	DS
Vit a (ui)	3334.24	1622.58
Vit b1 (mg)	13.86	20.59
Vit b2 (mg)	23.05	28.22
Vit b3 (mg)	1051.90	2109.88
Vit b5 (mg)	2.86	1.07
Vit b6 (mg)	1.67	0.38
Vit b9 (mcg)	231.05	72.81
Vit b12 (mcg)	3.43	1.78
Vit c (mcg)	1164.10	2777.67
Vit d (ui)	49.24	49.88
Vit e (mg)	5.86	3.81
Vit k (mcg)	75.10	63.73
Calcio (mg)	1310.57	347.14

Fosforo (mg)	1287.57	382.32
Hierro (mg)	22.38	4.77
Magnesio (mg)	315.81	71.94
Potasio (mg)	2631.24	658.08
Selenio (mg)	101.05	23.77
Sodio (mg)	3453.67	929.29
Zinc (mg)	15.95	8.43

A continuación se presentan las medias de los resultados de la ingesta alimentaria del grupo experimental:

Tabla 7.

Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Cuantificación de la energía y macronutrientes de la ingesta de los jugadores de balonmano varonil UANL del grupo experimental durante el periodo de competición.

Variable		Media	DS
Energía	Calorías	3208.90	438.55
	Gramos	399.76	48.66
Hidratos de carbono	Calorías	1599.04	194.67
	%	49.80	3.65
Proteínas	Gramos	122.28	18.55
	Calorías	489.14	74.23
Grasas	%	15.42	1.16
	Gramos	124.52	25.51
Grasas	Calorías	1120.71	229.64
	%	34.90	4.04

Tabla 8.

Recordatorio de 24 horas de 3 días consecutivos. Cuantificación de la ingesta de los micronutrientes (vitaminas y minerales) en los jugadores de balonmano varonil UANL del grupo experimental durante el periodo de competición

Micronutriente	Media	DS
Vit a (ui)	6045.00	3317.98
Vit b1 (mg)	39.86	29.71
Vit b2 (mg)	113.62	108.90
Vit b3 (mg)	1265.10	1525.39
Vit b5 (mg)	3.00	0.38
Vit b6 (mg)	2.57	1.08
Vit b9 (mcg)	345.05	195.50
Vit b12 (mcg)	5.90	2.80
Vit c (mcg)	5847.86	10849.89
Vit d (ui)	44.57	22.86
Vit e (mg)	7.67	3.96
Vit k (mcg)	67.00	17.17
Calcio (mg)	1351.81	531.24
Fosforo (mg)	1716.38	287.74
Hierro (mg)	26.81	7.27
Magnesio (mg)	399.62	95.74
Potasio (mg)	2953.52	779.22
Selenio (mg)	95.00	20.55
Sodio (mg)	3134.19	1398.00
Zinc (mg)	19.33	6.81

Se analizaron los resultados de la ingesta dietética de cada uno de los grupos, encontrando que el grupo control consumía en promedio 3079 ± 581 calorías diarias, de las cuales el $15 \pm 1\%$ fueron de proteínas, el $48 \pm 3\%$ de hidratos de carbono y el $37 \pm 4\%$ de grasas mientras que el grupo experimental consumía 3209 ± 438 calorías al día, obteniendo el $15 \pm 1\%$ de las proteínas, el $50 \pm 4\%$ de los hidratos de carbono y el $35 \pm 4\%$ de las grasas. No se presentó diferencia significativa entre los grupos.

La ingesta de energía, hidratos de carbono y grasas fue similar a los reportados por Molina-López et al. (2013a) quienes evaluaron a un equipo de balonmano de división B de la liga profesional de Granada, España.

La ingesta alimentaria de los atletas es uno de los factores que determinan el rendimiento deportivo (Miranda-Mendoza et al., 2015; Mujika & Burke, 2011; Olivos et al., 2012), la cual debe responder a los requerimientos energéticos propias de su edad, sexo, condiciones de salud y físico-deportivas para poder preservar la salud y desarrollar de manera óptima la actividad deportiva (Vega-Pérez et al., 2016).

Por las demandas fisiológicas de la práctica deportiva, es importante una distribución de energía adecuada, se debe aportar entre un 55% y 65% de hidratos de carbono ya que son el principal combustible para la musculatura en ejercicios de mediana y alta intensidad; de lípidos se recomienda consumir solo entre un 20% y 30%, de éstos son los ácidos grasos monoinsaturados los ideales para deportistas por su rápido aporte de energía, son cardiosaludables y presentan menos susceptibilidad a la peroxidación, y el aporte de proteínas aconsejable es entre 10% y 20% (Martínez-Sanz et al., 2013; Mujika & Burke, 2011; Vega-Pérez et al., 2016).

Considerando lo anterior, en los jugadores de balonmano de nuestro estudio, las medias de los requerimientos energéticos y de macronutrientes, fueron los siguientes: 2854 ± 324 kcal, 428 ± 47 g (58%) de hidratos de carbono, 147 ± 16 g (22%) de proteínas y 72 ± 7 g (22%) de lípidos (Desbrow et al., 2014; INCAP, 2006; Mujika & Burke, 2011; Olivos et al., 2012; Vega-Pérez et al., 2016).

Con base a los requerimientos energéticos y de macronutrientes, así como a la ingesta alimentaria, se observó que en los dos grupos de atletas, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas en la energía, se identificó que la ingesta de hidratos de carbono está por debajo del requerimiento ($p < 0.05$), también la ingesta de proteínas está por debajo de lo requerido presentando una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$), sin embargo la ingesta de los lípidos presentan un exceso altamente significativo ($p < 0.01$) según los porcentajes de adecuación.

Por otra parte, los micronutrientes son de vital importancia en la producción de energía, la síntesis de hemoglobina, el mantenimiento de la salud ósea, la función inmune adecuada, también contribuyen en la síntesis y reparación del tejido

muscular durante la recuperación del ejercicio (Rodríguez, DiMarco, & Langley, 2009).

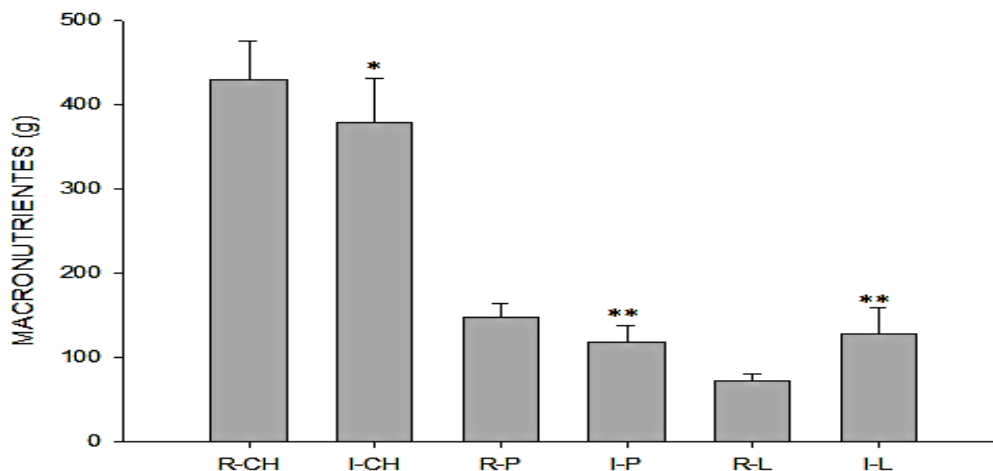


Figura 14. Comparación de Requerimientos e Ingesta de macronutrientes en gramos (g) de las medias de los grupos experimental y control. * ($p < 0.05$) Ingesta de Hidratos de carbono (I-CH). ** ($p < 0.01$) Ingesta de proteínas (I-P) e Ingesta de Lípidos (I-L) con respecto a los Requerimientos (R).

Las vitaminas y minerales con mayor demanda en deportistas son el calcio, la vitamina D, las vitaminas del complejo B, hierro, zinc, magnesio, así como algunos antioxidantes como las vitaminas C, E, betacaroteno y selenio que brindan protección contra el daño oxidativo (Mujika & Burke, 2011; Rodríguez et al., 2009). Estos micronutrientes se han asociado con la disfunción inmune y una toma inadecuada de hierro, zinc, y vitaminas A, D, E, B6 y B12 es particularmente importante en el mantenimiento de la función inmune (Gleeson, 2013).

Tabla 9.

*Comparación de Recomendaciones de ingesta diaria (RDI) y de las medias de los grupos experimental y control del consumo de vitaminas según el recordatorio de 24 horas. * ($p < 0.05$) ** ($p < 0.01$) con respecto a los RDI*

Vitaminas	Ingesta (mg/día)	RDI (mg/día)
B1 Tiamina	26.9**	1.2
B2 Riboflavina	68.3**	1.3
B3 Niacina	1159*	16
B6 Piridoxina	2.1*	1.3
B9 Ácido fólico	0.3*	0.4
B12 Cobalamina	0.0047*	0.0024
A Retinol	1.4*	0.9
C Ácido ascórbico	4**	90
D Calciferol	0.014*	0.005
E Tocoferol	6**	15

La ingesta de micronutrientes en los 14 jugadores de balonmano, evaluada en nuestro estudio, demostró aumento significativo ($p < 0.01$) en la tiamina, la riboflavina, la vitamina C y la E, también ($p < 0.05$) en la niacina, piridoxina, cobalamina, vitamina A y D, es decir éstas fueron consumidas en cantidades mayores a las que se recomiendan diariamente (Tabla 9).

Tabla 10.

Comparación de Recomendaciones de ingesta diaria (RDI) y de las medias de los grupos experimental y control del consumo de minerales según el recordatorio de 24 horas.

Minerales	Ingesta (mg/día)	RDI (mg/día)
Calcio	1331.2	1000
Fósforo	1502	1200
Hierro	24.6	15
Magnesio	357.7	400
Potasio	2792.4	3500
Selenio	98	0.07
Sodio	3293.9	1.5
Zinc	17.6	11

Nota: * ($p < 0.05$) ** ($p < 0.01$) con respecto a los RDI (Vega-Pérez et al., 2016).

En la ingesta de minerales se observó que el fósforo, el potasio, el hierro y el selenio estaban por arriba ($p < 0.01$) de las que se recomiendan y de la misma manera el zinc y el calcio ($p < 0.05$) (Tabla 10).

Molina y colaboradores al evaluar también jugadores de balonmano, presentaron resultados similares en las vitaminas incluyendo la tiamina, la piridoxina, la riboflavina y la niacina. En cuanto a los minerales, al igual que en nuestro estudio ellos encontraron que el calcio y el fosforo eran consumidos en cantidades mayores a las recomendadas (Molina-López et al., 2013b).

Las vitaminas A, D y el magnesio los cuales en nuestros estudio se encontraron por arriba de las recomendaciones de ingesta diaria, coinciden con un estudio de Nieman y colaboradores quienes evaluaron a ciclistas e identificaron que estos micronutrientes presentaban la misma tendencia (Nieman et al., 2014).

Estrés Biológico

Nivel celular. Estrés oxidativo y capacidad total antioxidante.

Para identificar el comportamiento del estrés biológico en jugadores de balonmano con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición se utilizaron diferentes marcadores; entre ellos el Estrés Oxidativo (EO) y la Capacidad Total Antioxidantes (CTA).

Al analizar las muestras sanguíneas del grupo control y experimental durante una competencia nacional en 4 momentos; en reposo (1 semana previa a competencia), previo a competencia (antes de iniciar competencia), después de competencia (después de la última competencia) y a las 24 horas de haber finalizado la competencia, se encontró lo siguiente:

En cuanto a los resultados de la prueba d-ROMS (Metabolitos Reactivos de Oxígeno) de estrés oxidativo (Figura 15) analizando las medias del grupo experimental, los niveles más altos se observaron en la toma en reposo (327 ± 47 U.

Carr.) y los niveles más bajos se presentaron después de una semana del suministro de la dieta rica en antioxidantes en la toma previa a la competencia éstos niveles disminuyeron a (274 ± 41 U. Carr.) con una diferencia significativa ($p < 0.05$).

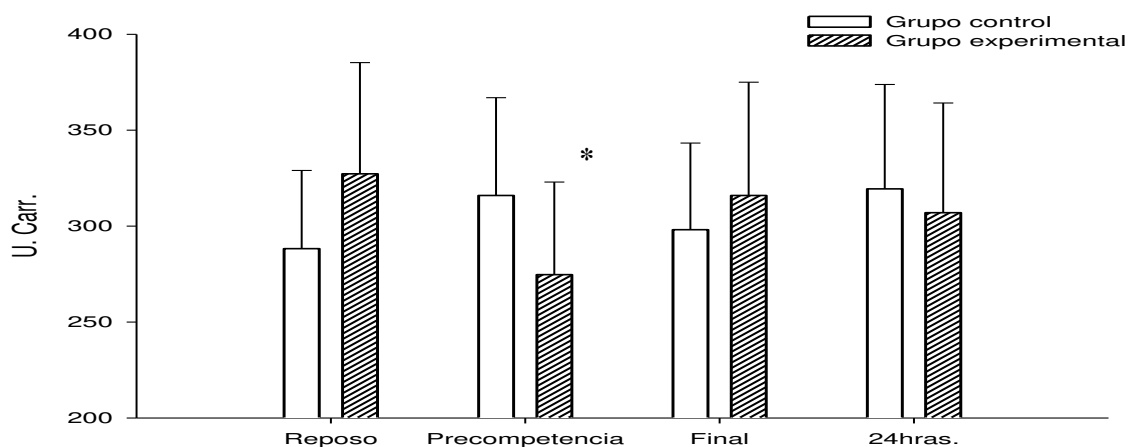


Figura 15. Estrés oxidativo según prueba d-ROMS (U.Carr.) por toma según el grupo control y el grupo experimental.

En la Figura 15 se observa la cuantificación del estrés oxidativo de los jugadores, en Unidades Carratelli (U. Carr.), en las diferentes tomas (reposo, previo a la competencia, al final de la competencia y a las 24 horas después de la competencia), de acuerdo con el grupo de procedencia.

Interesantemente, el grupo experimental presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) en la toma de precompetencia, con respecto a la toma de reposo. La toma al final de la competencia, el EO incrementó (316 ± 31 U. Carr.) y posteriormente a las 24 horas disminuyó ligeramente (307 ± 31 U. Carr.).

En el grupo control los valores más bajos del EO (288 ± 91 U. Carr.) se presentaron en la toma en reposo y los niveles más altos en la toma 24 horas

después de la competencia (319 ± 56 U. Carr.), sin diferencias significativas entre las etapas evaluadas.

Los deportistas quienes estuvieron expuestos a la práctica persistente de ejercicios intensos y extenuantes en competencia mostraron incremento en el estrés oxidativo, ésta condición metabólica puede resultar de la combinación de ERO y RL derivados de tres fuentes: las mitocondrias, transformación metabólica impulsada principalmente por xantina oxidasas y la activación de neutrófilos (Arquer, Elosua, & Marrugat, 2010; Fernández, Da Silva-Grigolettob, & Túnez-Fiñana, 2009).

En el presente estudio el estrés oxidativo incrementó a las 24 horas después de la competencia tanto el grupo control como en el grupo experimental con respecto a la evaluación del EO previa a competencia. Calderón et al. (2006) reportan que el ejercicio intenso en los atletas durante competencia incrementa el EO en músculo y en el organismo en general.

Además Tong et al. (2012) presentó resultados similares a los de nuestro estudio, cuando evaluaron a ciclistas mostrando un aumento significativo ($p < 0.01$) en el EO entre la toma antes de la competencia (245 ± 17 U. Carr.) y después de la misma (322 ± 51 U. Carr.). Así mismo, en nadadores de alto rendimiento Papadopoulos et al. (2014) evaluaron el EO antes y después de competencia, observando un incremento del 16% con una diferencia significativa ($p < 0.05$), mientras que nuestro estudio tanto el grupo control como el experimental arrojaron un aumento del 23% de la toma previa a la competencia contra la toma de 24 después de competencia.

Lo anterior también coincide con otro estudio de Silva et al. (2013) en el cual evaluaron a jugadores de fútbol antes y después de realizar ejercicios intensos, el grupo experimental fue suplementados durante 7 días previos con creatina, los resultados en el estrés oxidativo fueron similares a los de nuestro estudio ya que se presentó un incremento significativo ($p < 0.05$) después del ejercicio intenso. Sin embargo no se apreció el efecto positivo de la suplementación con creatina.

En cuanto a los resultados de la prueba PAT de la capacidad total antioxidante (CTA), se encontró que en el grupo experimental no se presentaron diferencias significativas, pero en las tomas precompetencia y final de la competencia en el grupo control, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a la toma de reposo (Figura 16). En el grupo control los niveles más bajos se presentaron en la toma en reposo (2273 ± 223 U. Cor.) y aumentaron en la toma de precompetencia (2600 ± 298 U. Cor.) con una diferencia significativa ($p < 0.05$); posteriormente al final de la competencia continuó incrementando presentando los niveles más altos (2814 ± 482 U. Cor.) con diferencia significativa respecto a la toma en reposo ($p < 0.05$) y a las 24 horas disminuyó (2571 ± 421 U. Cor.).

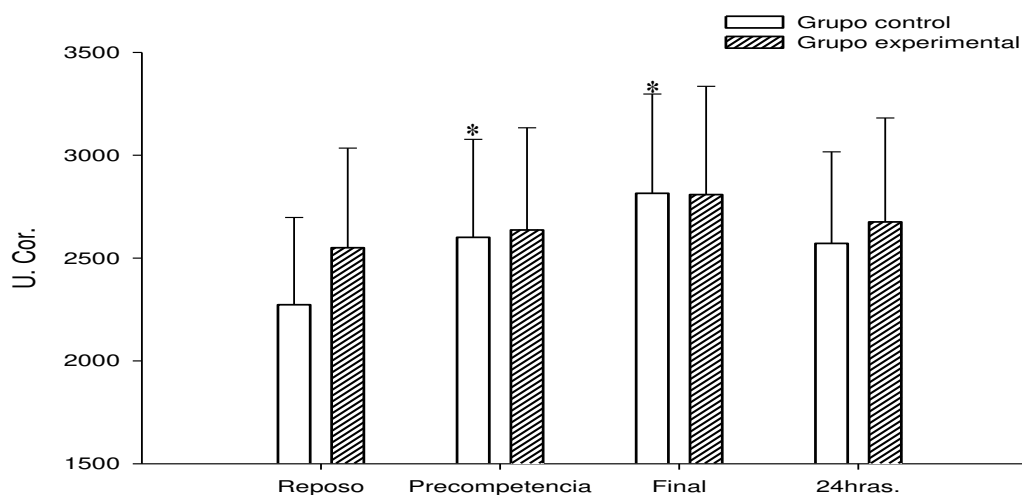


Figura 16. Capacidad antioxidante de los jugadores del equipo varonil de balonmano. (U. Cor.) por toma según el grupo control y el grupo experimental.

Nota. * $p < 0.05$ respecto a la toma reposo.

En el grupo experimental, la CTA presentó un comportamiento similar al grupo control, los valores más bajos se observaron en la toma en reposo (2550 ± 209 U. Cor.), aumentando en la toma previa a la competencia (2636 ± 237 U. Cor.) y los valores más altos en la toma final (2808 ± 266 U. Cor.), sin embargo estos niveles no mostraron diferencias significativas.

A pesar de las variaciones observadas tanto en el EO como en la CTA, no se detectaron diferencias significativas entre los grupos experimental y control.

Los niveles de la capacidad total antioxidante en plasma fueron aumentando de la toma en reposo hasta alcanzar sus niveles más altos al finalizar la competencia en ambos grupos. Marin et al. (2011) mencionan que el ejercicio extenuante genera incremento de los niveles plasmáticos de la capacidad antioxidante, como consecuencia de la actividad suprarrenal y descenso de forma general de antioxidantes no enzimáticos exógenos, debido a su utilización para combatir la producción elevada de ERO y RL.

Así mismo Fernández et al. (2009) refieren que el EO inducido por el ejercicio intenso, incrementa los niveles de antioxidantes enzimáticos; incluyendo la superóxido dismutasa, la catalasa y al glutatión peroxidasa. Lo anterior coincide con los resultados del estudio en ciclistas de Tong et al. (2012) en donde se presenta aumento de la capacidad antioxidante cuando los niveles de EO se elevan, y disminuye de manera significativa ($p < 0.05$) con el descenso del EO.

En nuestro estudio el grupo experimental, después de 7 días de la ingesta de la dieta rica en antioxidantes, el estrés oxidativo disminuyó de manera significativa ($p < 0.05$) de la toma en reposo a la toma previa a la competencia. También Jówko et al. (2015), quienes evaluaron a velocistas en 4 momentos: antes, después y a las 24 horas de la carrera de competencia, y a la mitad de esta se les suplementó con antioxidantes de extracto de té verde, encontraron que los valores de la capacidad antioxidante aumentaron de manera significativa ($p < 0.05$) después de una semana de suplementación, identificando que la suplementación con antioxidantes del té verde mejora la capacidad antioxidante.

Incluso existen estudios en donde se ha relacionado la ingesta de componentes antioxidantes con la regulación del EO y las enzimas antioxidantes, así como con el rendimiento deportivo (Salinas, 2007). En ese contexto, Lafay et al. (2009) investigaron a jugadores de balonmano suplementados con jugo de extracto de uva durante el periodo competitivo observando un aumento en su rendimiento físico de 24% y la potencia explosiva en 6.4%.

Sin embargo, Martinović et al. (2011), monitorearon marcadores de EO en jugadoras de voleibol durante 6 semanas de entrenamiento, la mitad de las jugadoras fueron suplementadas con antioxidantes (vitamina C, E, zinc y selenio), como resultados en los dos grupos se observaron aumentos significativos de EO ($p < 0.05$) y en la capacidad total antioxidante se presentó una disminución significativa ($p < 0.05$) después del entrenamiento, sin demostrar beneficios de dicha suplementación. Mientras que en nuestro estudio, el grupo experimental fue favorecido con la dieta rica en antioxidantes de polifenoles de la zarzamora (*Rubus ulmifolius*) ya que presentó una mejor regulación del EO y la CTA a la semana de su consumo.

Nivel celular. Enzimas antioxidantes.

En nuestro estudio, otro de los objetivos planteados para identificar el comportamiento del estrés biológico, fue el cuantificar a nivel celular la actividad de las enzimas antioxidantes en los diferentes momentos durante la competición del equipo de balonmano representativo de la UANL.

Dentro de este objetivo, se incluyó la cuantificación se las enzimas superoxido dismutasa (SOD), la catalasa (Cat) y la glutatión peroxidasa (Gpx). Los resultados obtenidos durante la estandarización se muestran a continuación:

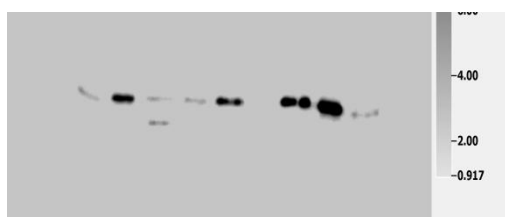


Figura 17. Western blot para detección de SOD (Peso molecular 32kD, 25ug de proteína) en 3 muestras del grupo control y 2 del grupo experimental de jugadores de balonmano.



Figura 18. Western blot para detección de SOD (Peso molecular 32kD, 30ug de proteína) en 3 muestras del grupo control y 2 experimental de jugadores de balonmano).

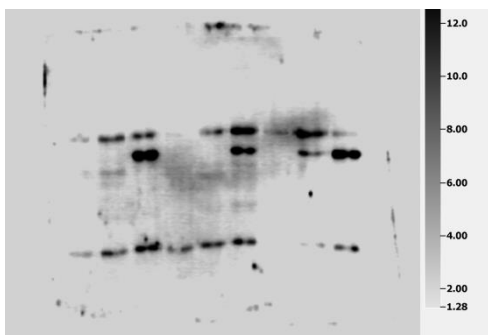


Figura 19. Western blot para detección de CAT (Peso molecular 60kD, 35ug de proteína) en 3 muestras del grupo control y 2 experimental de jugadores de balonmano.

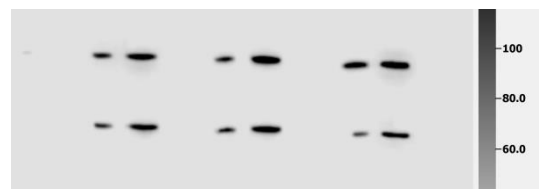
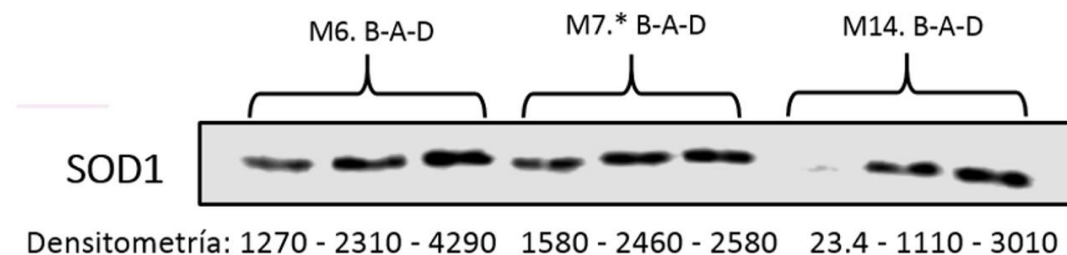


Figura 20. Western blot para detección de Gpx (Peso molecular 22kD, 35ug de proteína de muestra de jugadores de balonmano).

En la Figura 21, se observa la detección de la SOD1 sólo en 2 atletas del grupo control (M6 y M14) y en 1 del grupo experimental (M7) en 3 momentos diferentes durante la competencia: 1) En reposo (1 semana previa a competencia), 2) Antes de competencia y 3) Después (Al finalizar la competencia).



Muestra 6 y 14 de jugadores sin consumo de zarzamora (Reposo-Antes-Después de competencia)
 Muestra 7 de jugador con consumo de zarzamora (Reposo-Antes-Después de competencia)

Figura 21. Western blot para detección de SOD1 en jugadores de balonmano con y sin la ingesta de la dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición

Nivel endócrino. Cortisol en plasma.

Dentro de la evaluación del estrés biológico en jugadores de balonmano con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de competición se analizaron los niveles de cortisol en plasma.

Los niveles más altos se presentaron en la toma precompetencia tanto en el grupo experimental (261.5 ± 93 ng/ml) como en el grupo control (226 ± 77 ng/ml) (Figura 22).

En el grupo experimental se fueron reduciendo los niveles de cortisol encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$) en las tomas al final y a las 24 horas después de la competencia con respecto a la toma de precompetencia, en el grupo control también se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) a las 24 horas después de la competencia con respecto a la toma de precompetencia.

En la toma a las 24 horas después de la competencia se presentaron los niveles de cortisol más bajos tanto en el grupo experimental (149.8 ± 70 ng/ml) como en el grupo control (150.3 ± 66 ng/ml).

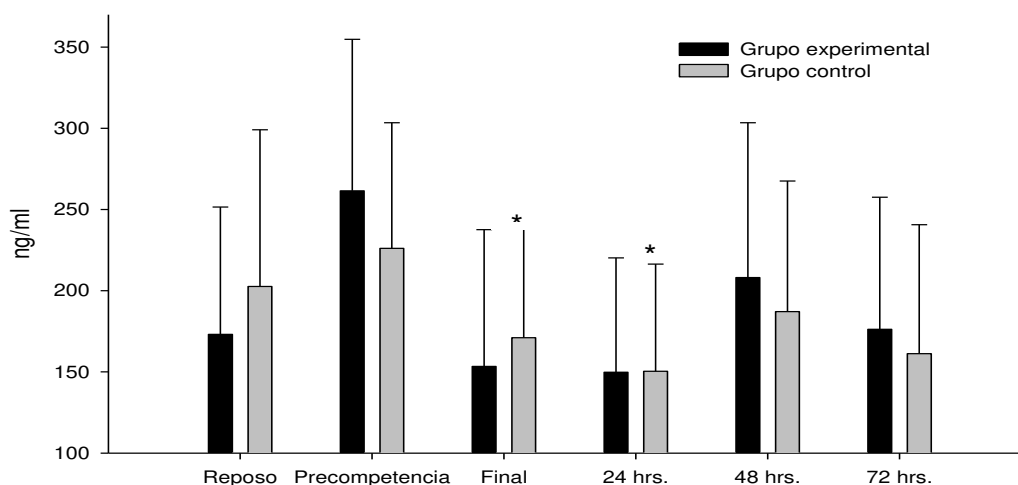


Figura 22. Cortisol en plasma del grupo control y el grupo experimental.
Nota. * $p < 0.05$ respecto a la toma de precompetencia.

Se reconoce que el ejercicio físico intenso, como el que se practica en una competencia de balonmano, puede desencadenar la sobreactivación del eje Hipófisis-Pituitaria-Adrenales (HPA), esto a su vez genera inhibición del sistema inmune en el torrente sanguíneo, haciendo al organismo vulnerable a infecciones virales y bacterianas (Purvis, Gonsalves y Deuster, 2010).

En un estudio realizado con jugadores de fútbol analizados en 4 momentos, al inicio, a mediados y al final de la temporada, y en periodo de recuperación, los sujetos presentaron las concentraciones de cortisol más bajas al inicio de la temporada y las concentraciones más altas al final de la temporada (Silva et al., 2014). Estos resultados coinciden con los encontrados en una investigación que evaluaron corredores quienes se suplementaron con jugo de cereza (Dimitriou et al., 2015).

Otros trabajos como el de McAnulty et al. (2011), quienes evaluaron a 25 atletas divididos en 12 del grupo control y 13 en el grupo experimental. Los integrantes del grupo experimental fueron suplementados con antioxidantes en 250g de arándanos al día durante 6 semanas obteniendo muestras de sangre en tres tiempos: antes, inmediatamente después y 1 hora después de ejercicio intenso a 72% de VO_2max , para medir concentraciones de cortisol encontrando resultados similares a nuestro estudio.

La sobreactivación del eje HPA se encuentra asociado al exceso de cortisol liberado por las glándulas adrenales, que modifica la composición bioquímica a nivel humoral, ésta reacción biológica se denomina estrés (Dmitrašinović et al., 2016; Papadopoulos et al., 2014), y forma parte de la respuesta del proceso biológico con base en el modelo mencionado de Ribes, el cual menciona que el resultado podría ser el desarrollo de enfermedades específicas (Piña, 2008).

En nuestro estudio el grupo experimental, después de la ingesta durante siete días de la dieta rica en antioxidantes de la zarzamora se presentaron reducciones importantes en el cortisol, en la misma línea, Nieman et al. (2015), quienes

administraron plátano y pera durante 3 semanas, encontraron mejores tiempos de rendimiento que en el grupo control, así como reducciones de cortisol.

Nivel fisiológico. Variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Dentro de los objetivos del estudio, tenemos Identificar el comportamiento de la VFC como marcador fisiológico del estrés físico en deportistas de balonmano universitarios con y sin ingesta de bebida rica en antioxidantes durante el periodo de recuperación post competición

Se evaluó la variabilidad de la frecuencia cardiaca utilizando el indicador rMSSD, el cual se tiene mayor relación con la actividad parasimpática que refleja el nivel de recuperación de los individuos, además de ser uno de los marcadores más utilizados en deportistas (Naranjo, De La Cruz, Sarabia, De Hoyo, & Domínguez, 2015).

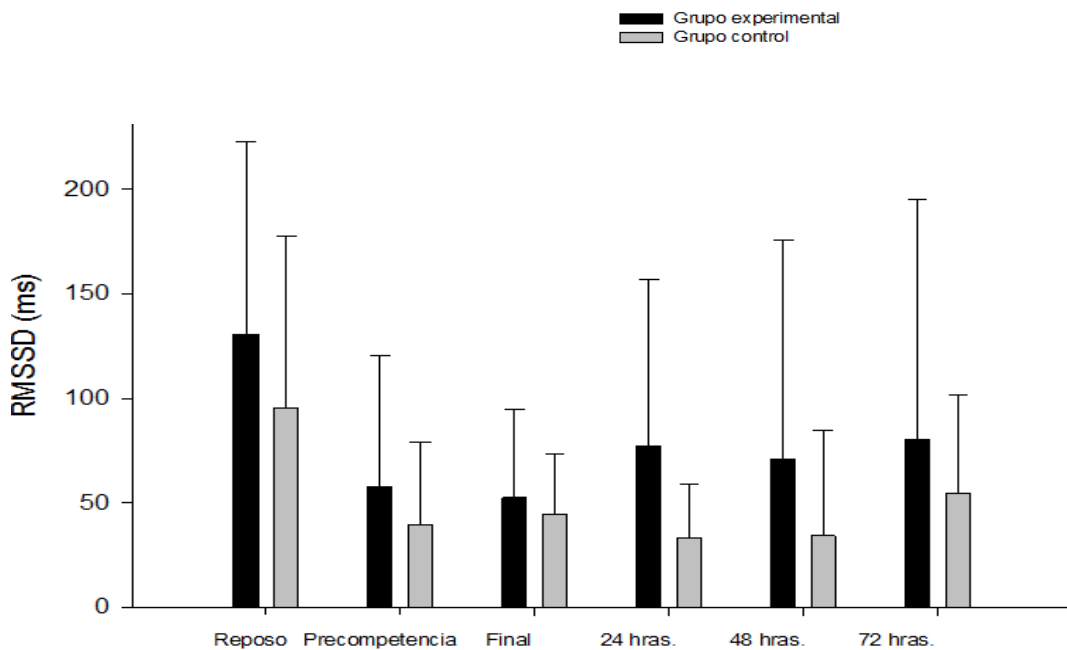


Figura 23. Niveles de la rMSSD en los 14 jugadores de balonmano (grupo control y experimental).

En la Figura 23, se observa que la rMSSD inicia con valores dentro de los rangos de normalidad que se han reportado en otros estudios en deportistas (Medina, De la Cruz, Garrido, Garrido, & Naranjo, 2012), sin embargo también encontramos que los valores en el grupo experimental son más bajos que los del grupo control, esto puede parecer algo normal, por la gran variabilidad que existe en los parámetros de la VFC entre sujetos (Buchheit, 2014), a pesar de estas situaciones podemos destacar que ambos grupos alcanza los niveles más bajos al final de la competencia, logrando tener los mayores valores de recuperación a las 72 horas, en concordancia con otras investigaciones en balonmano (Milanez, Ramos, Leprêtre, Leme, & Nakamura, 2014).

Con base a la evidencia de otros estudios de investigación creemos que la depresión de la actividad parasimpática se atribuye principalmente a la acumulación de fatiga tras la competencias (Garrido, de la Cruz, Garrido, Medina, & Naranjo, 2009), ya que esta es altamente asociada a los ejercicios de intensidad y a las acciones motrices realizadas en la práctica deportiva, (Nummela, Hynynen, Kaikkonen, & Rusko, 2016; Olmedilla et al., 2010; Sant' Anna et al., 2013), En esta investigación al igual que en la realizada por Saboul, Balducci, Millet, Pialoux, & Hautier, (2016), se considera importante monitorear el retorno de la predominancia parasimpática posterior a la competencia, ya que es importante conocer el tiempo de recuperación de los sujetos antes de someterlos a nuevas cargas de trabajo.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios realizados con suplementaciones y que buscan un efecto sobre la recuperación se enfocan en la evaluación de marcadores sanguíneos y cuestionarios subjetivos, por lo que es difícil la discusión de nuestros resultados de VFC como marcador de recuperación y su relación con un efecto positivo mediante la suplementación con zarzamoras (Assunção-Carvalho et al., 2018). En línea con todo esto consideramos que el parámetro rMSSD en este estudio solo se utilizó como una variable de control que ayudo a confirmar los resultados encontrados con respecto a las variables principales, ya que estas no presentaron diferencias entre el grupo control y el grupo experimental, al igual que la rMSSD durante todas las tomas, por lo que en nuestro

estudio la suplementación con antioxidantes no parece tener un efecto sobre la recuperación de la actividad parasimpática.

Estrés psicológico. Balance estrés/recuperación.

Con respecto a la evaluación del estrés psicológico, en la Figura 24 se presenta el resultado de las sub-escalas del cuestionario RESTQ-Sport, en los 14 jugadores, ya que al realizar el análisis estadístico resultó de mayor interés identificar el comportamiento del estrés psicológico uniendo los grupos de estudio.

El cuestionario RESTQ-Sport ha permitido identificar y analizar los niveles de estrés y de recuperación subjetivos durante la competencia en diferentes deportes, además es útil para identificar las principales fuentes de estrés que se asocian con la fatiga (Reynoso-Sánchez et al., 2016). En un estudio de investigación en deportistas costarricenses (Sánchez et al., 2014) se aprecia que en cuanto a las escalas un comportamiento en el que el balance de estrés-recuperación se modifica tras una competición, disminuyendo la percepción de recuperación e incrementando los niveles de estrés tanto deportivos como los relevantes a la fatiga y estrés general de los atletas. En el presente estudio no se identificaron cambios significativos en el balance estrés-recuperación en función de las dimensiones del cuestionario, ni respecto a las macrodimensiones (estrés-recuperación).

Por otra parte, las siguientes sub-escalas presentaron diferencia significativa entre alguno de los tiempos de evaluación; estrés general, fatiga, recuperación física, calidad de sueño, periodos de descanso, fatiga emocional, lesiones. En cuanto a la sub-escala de estrés general se observaron diferencias significativas por el incremento entre la toma previa a la competencia y después de la competencia. En la sub-escala de periodos de descanso y de fatiga emocional también se presentan diferencias significativas por la reducción del estrés de la toma previa a la competencia y la de después de 72 horas. Dentro de la evaluación del balance estrés-recuperación mediante las sub-escalas del cuestionario, es posible observar

en las que respectan a la dimensión de Estrés General, los jugadores percibieron mayores niveles de estrés en la Toma Final, lo que tiene una relación directa con aspectos psicosociales que incrementan los niveles de estrés como lo es la evaluación social de los otros, conflictos emocionales y situaciones cotidianas, así como fatiga percibida.

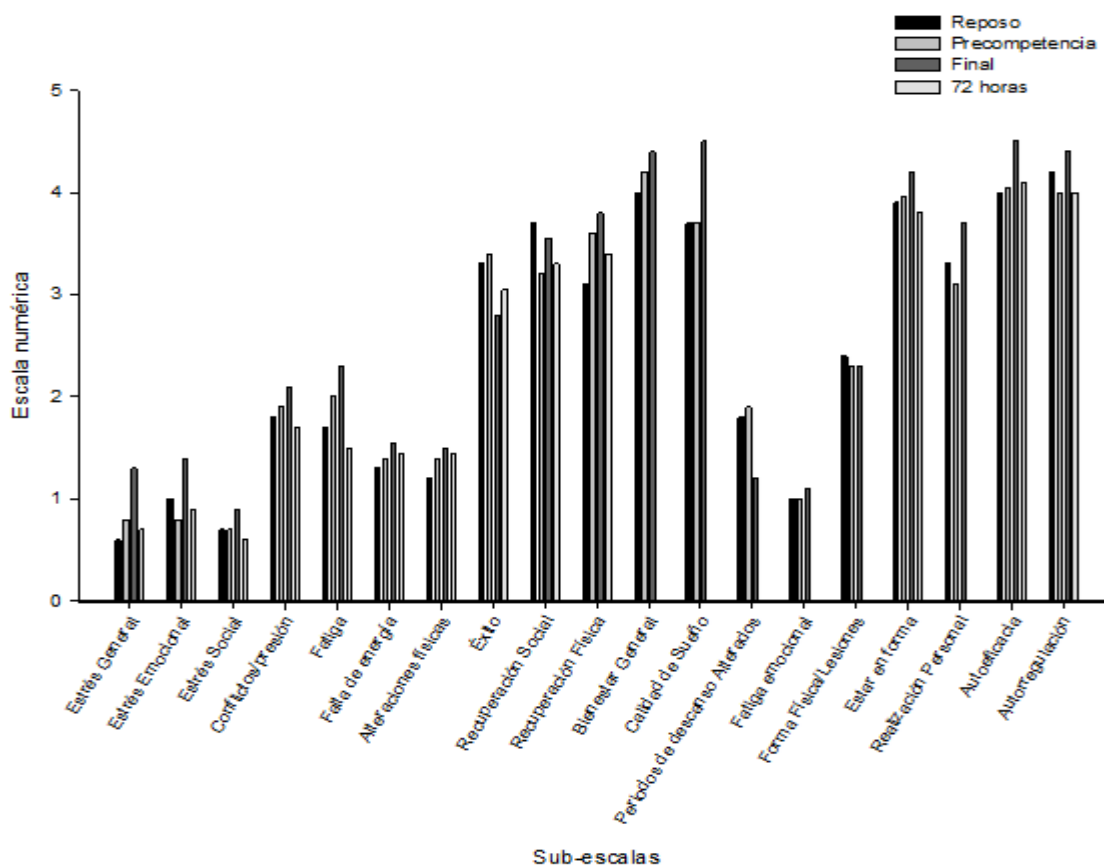


Figura 24. Sub-escalas del cuestionario RESTQ-Sport en los 14 jugadores de los grupos control y experimental. En diferentes tiempos de evaluación, basal, previo a la competencia, al final de la competencia y 72 horas después de la competencia.

Lo anterior tiene una relación opuesta con la sub-escala de *éxito* ya que sus niveles bajan para la misma toma, dicha sub-escala corresponde a la dimensión de Recuperación General. De acuerdo con dichos resultados, es posible identificar una influencia del resultado y de la presión social posterior a la competición, ya que el equipo quedó en segundo lugar, y la toma Final fue aplicada tras el término del juego

final, el cual se perdió. Lo anterior coincide con lo reportado por Di Fronso, Nakamura, Bortoli, Robazza y Bertollo (2013), quienes en un estudio desarrollado con basquetbolistas, encontraron mayores niveles de estrés general en relación con aspectos emocionales durante la fase competitiva del grupo evaluado; así como lo señalado por Reynoso-Sánchez et al. (2016) en jugadores universitarios de voleibol.

Relación entre los diferentes marcadores del estrés:

CTA y RMSSD

Uno de los hallazgos importantes del estudio es la correlación negativa entre la CTA y la RMSSD.

La CTA, como parte del sistema de defensa antioxidante se considera una barrera protectora, que asegura la supervivencia de los seres vivos, ya que es base fundamental para mantener la armonía y el equilibrio de la fisiología del organismo. Es antagonista de la respuesta prooxidante (de Teresa et al., 2008). El sistema cardiorrespiratorio se considera uno de los componentes con mayor relación con la salud, el rendimiento deportivo y la condición física, asociados a éste está el $VO_2\text{max}$ y a su vez a la CTA (García & Secchi, 2013).

En los deportes como balonmano, en donde se recorren grandes distancias durante el partido y además el tipo de contacto y ejercicios son intensos los atletas están expuestos a diferentes lesiones así como a sufrir alteraciones en el SNA que podrían desencadenar en estrés crónico (Olmedilla et al., 2010). En nuestro estudio se presenta una elevación de la CTA correlacionada a la disminución de la rMSSD.

Capítulo 4. Conclusiones

Aunque no se encontró diferencia significativa entre el grupo control y experimental, al consumir una dieta rica en antioxidantes con zarzamora (*Rubus sp.*), en el grupo experimental, los niveles más altos de EO se observaron en la toma en reposo los cuales disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) después de una semana del suministro de la dieta rica en antioxidantes en la toma previa a la competencia.

El EO se incrementó después de la competencia y estimuló la CTA por lo que la ingesta de la dieta rica en antioxidantes es favorable en el entrenamiento previo a la competencia ya que promueve la regulación del EO.

Consideramos que es importante realizar protocolos con mayor control de variables para comprobar el resultado favorable del consumo de esta fruta en el entrenamiento previo a la competencia ya que en nuestros resultados se alcanza a apreciar una disminución de los valores del EO, así como el mantenimiento de la CTA. Por otra parte se reconoce que el ejercicio intenso promueve la producción de RL y como consecuencia estimula la CTA previo, durante y después de la competencia.

Un hallazgo importante de este estudio es que se observó una elevación de la CTA correlacionada con la disminución de la Raíz Cuadrada de la Media de la Suma de la Diferencia de los cuadrados de los intervalos r-r (rMSSD) de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.

El estrés psicológico en los deportistas mostró diferencias significativas entre alguno de los tiempos de evaluación en las subescalas de estrés general, fatiga, recuperación física, calidad de sueño, periodos de descanso, fatiga emocional, lesiones así como en el estrés general antes y después de la competencia.

También se evidenció que aunque el rendimiento de los deportistas fue bueno, es necesario equilibrar su dieta favoreciendo el incremento del consumo de hidratos de carbono y proteínas y la disminución de grasas. Además, la evaluación del aporte diario de algunos micronutrientes y minerales mostró la necesidad de balancear su concentración hacia la óptima para el mejor desempeño de los deportistas estudiados.

Líneas futuras de investigación.

A la fecha la suplementación con antioxidantes en atletas es tema poco claro, uno de los errores metodológicos más comunes pero difíciles de controlar, son el tamaño de las muestras tan reducidas en poblaciones de deportistas, esto hace que los resultados estadísticos tengan dificultad para encontrar diferencias significativas, cuando en deportes una mínima ganancia en el rendimiento pudiera hacer la diferencia entre un resultado u otro. Por lo que investigaciones futuras se deben de realizar pruebas estadísticas más acorde al tipo de población.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, C., Zuluaga, N., Patiño, P., & Caraballo, D. (2006). Ejercicio y sistema inmune. *Iatreia*, 19(2), 189–198.
- Aguilar, M. J., Sánchez, A. M., Mur, N., García, I., Rodríguez, M. A., Ortegón, A., & Cortes, E. (2014). Cortisol salival como indicador de estrés fisiológico en niños y adultos; revisión sistemática. *Nutricion Hospitalaria*, 29(5), 960–968. <http://doi.org/10.3305/nh.2014.29.5.7273>
- Aguilar, M. J., Sánchez, A. M., Mur, N., Perona, J. S., & Hermoso, E. (2013). Influencia de un programa de actividad física en niños y adolescentes obesos; evaluación del estrés fisiológico mediante compuestos en la saliva; protocolo de estudio. *Nutricion Hospitalaria*, 28(3), 705–708. <http://doi.org/10.3305/nh.2013.28.3.6394>
- Alfadda, A. A., & Sallam, R. M. (2012). Reactive oxygen species in health and disease. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 13, 304–310. <http://doi.org/10.1155/2012/936486>
- Álvarez, J., Luis, M., Salillas, G., Manonelles, P., Pedro, M., & Virón, C. (2001). Importancia del Vo₂Max y de la capacidad de recuperacion en los deportes de prestacion mixta. Caso práctico: fútbol-Sala. *Archivos de Medicina del Deporte*, 8(86), 577–583.
- Aoi, W., Naito, Y., Takanami, Y., Kawai, Y., Sakima, K., Ichikawa, H., ... Youshikawa, T. (2004). Oxidative stress and delayed- onset muscle damage after exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 37(4), 480–487.

<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.05.008>

Aoi, W., Naito, Y., & Yoshikawa, T. (2013). Role of oxidative stress in impaired insulin signaling associated with exercise-induced muscle damage. *Free Radical Biology and Medicine*, 65, 1265–1272.
<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.09.014>

Arquer, A., Elosua, R., & Marrugat, J. (2010). Actividad física y estrés oxidativo. *Apunts Medicina de l'Esport*, 45(165), 31–40.
<http://doi.org/10.1016/j.apunts.2009.12.002>

Arzola-Paniagua, M. A., García-Salgado, E. R., Calvo-Vargas, C. G., & Guevara-Cruz, M. (2016). Efficacy of an orlistat-resveratrol combination for weight loss in subjects with obesity: A randomized controlled trial. *Obesity*, 24(7), 1454–1463. <http://doi.org/10.1002/oby.21523>

Aslan, M., Horoz, M., Sabuncu, T., Celik, H., & Selek, S. (2011). Serum paraoxonase enzyme activity and oxidative stress in obese subjects. *Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej*, 121(6), 181–6.

Assunção-Carvalho, L., de Freitas, M. C., Silva, A. S., Biasoto, A., Martins, M., de Moura, R. C., ... Dos Santos, M. (2018). Syzygium cumini nectar supplementation reduced biomarkers of oxidative stress, muscle damage, and improved psychological response in highly trained young handball players. *Frontiers in Physiology*, 9, 1508. doi:10.3389/fphys.2018.01508

Auersperger, I., Škof, B., Leskošek, B., Knap, B., Jerin, A., Lainščak, M., & Kajtna, T. (2012). Biochemical, hormonal and psychological monitoring of eight weeks

- endurance running training program in female runners. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*, 46(Suppl. 1), 30-39.
- Azizbeigi, K., Azarbayjani, M. A., Atashak, S., & Stannard, S. R. (2015). Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 73–87.
<http://doi.org/10.1080/15438627.2014.975807>
- Azizbeigi, K., Stannard, S. R., Atashak, S., & Haghighi, M. (2014). Antioxidant enzymes and oxidative stress adaptation to exercise training: Comparison of endurance, resistance, and concurrent training in untrained males. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 12(1), 1–6.
<http://doi.org/10.1016/j.jesf.2013.12.001>
- Barranco-Ruiz, Y. (2012). *Marcadores sanguíneos de envejecimiento por estrés oxidativo inducido por la práctica deportiva: diferencias entre deportistas recreacionales y de elite* (Disertación doctoral). Recuperado de:
<https://hera.ugr.es/tesisugr/21551534.pdf>
- Baker, J., & Horton, S. (2004). A review of primary and secondary influences on sport expertise. *High Ability Studies*, 15(2), 211–228.
<http://doi.org/10.1080/1359813042000314781>
- Balfoussia, E., Skenderi, K., Tsironi, M., Anagnostopoulos, A. K., Parthimos, N., Vougas, K., ... Chrousos, G. P. (2014). A proteomic study of plasma protein changes under extreme physical stress. *Journal of Proteomics*, 98, 1–14.

<http://doi.org/10.1016/j.jprot.2013.12.004>

Bejma, J., & Ji, L. L. (1999). Aging and acute exercise enhance free radical generation in rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, *87*, 465–470.

Benavides, E., Cabrera, C., Ahumada, O., & Robles, E. (2010). Efecto del ejercicio moderado y continuo frente al estrés oxidativo inducido en *Rattus norvegicus* Wistar. *Ciencia e Investigación*, *13*(1), 19-22.

Benedetti, S., Catalani, S., Palma, F., & Canestrari, F. (2011). The antioxidant protection of CELLFOOD® against oxidative damage in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(9), 2292–2298.
<http://doi.org/10.1016/j.fct.2011.06.029>

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, *239*(1), 70–76. <http://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

Berger, J., Heinrichs, M., von Dawans, B., Way, B. M., & Chen, F. S. (2016). Cortisol modulates men’s affiliative responses to acute social stress. *Psychoneuroendocrinology*, *63*, 1–9.
<http://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2015.09.004>

Berzosa, C., Cebrián, I., Fuentes-Broto, L., Gómez-Trullén, E., Piedrafita, E., Martínez-Ballarín, E., ... García, J. J. (2011). Acute exercise increases plasma total antioxidant status and antioxidant enzyme activities in untrained men. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, *2011*.
<http://doi.org/10.1155/2011/540458>.

- Bloomer, R. J., & Goldfarb, A. H. (2004). Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(3), 245–263. <http://doi.org/10.1139/h04-017>
- Bonfanti, N., Fernández, J. M., Gomez-Delgado, F., & Pérez-Jiménez, F. (2014). Efecto de dos dietas hipocalóricas y su combinación con ejercicio físico sobre la tasa metabólica basal y la composición corporal. *Nutricion Hospitalaria*, 29(3), 635–643. <http://doi.org/10.3305/nh.2014.29.3.7119>
- Bouayed, J., Rammal, H., & Soulimani, R. (2009). Oxidative stress and anxiety. Relationship and cellular pathways. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(2), 63–67.
- Bouzas, J. C., Ottoline, N. M., & Delgado, M. (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251–258. <http://doi.org/10.1016/j.apunts.2010.04.003>
- Bowen-Forbes, C. S., Zhang, Y., & Nair, M. G. (2010). Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 554-560.
- Braakhuis, A. J., & Hopkins, W. G. (2015). Impact of dietary antioxidants on sport performance: A Review. *Sports Medicine*, 45(7), 939-955. <http://doi.org/10.1007/s40279-015-0323-x>
- Braakhuis, A. J., Hopkins, W. G., & Lowe, T. E. (2013). Effect of dietary antioxidants, training, and performance correlates on antioxidant status in competitive

rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, 565–572.

Bresciani, G., Cuevas, M., Garatachea, N., Molinero, O., Almar, M., De Paz, J., ... Gonzalez-Gallego, J. (2010). Monitoring biological and psychological measures throughout an entire season in male handball players. *European Journal of Sport Science*, 10(6), 377–384. <http://doi.org/10.1080/17461391003699070>.

Bresciani, G., da Cruz, I. B. M., & González-Gallego, J. (2015). Manganese Superoxide Dismutase and Oxidative Stress Modulation. *Advances in Clinical Chemistry*, 68, 87–130. <http://doi.org/10.1016/bs.acc.2014.11.001>

Brink, M. S., Visscher, C., Schmikli, S. L., Nederhof, E., & Lemmink, K. a. P. M. (2012). Is an elevated submaximal heart rate associated with psychomotor slowness in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 13(2), 207–214. <http://doi.org/10.1080/17461391.2011.630101>

Brolinson, P. G., & Elliott, D. (2007). Exercise and the immune system. *Clinics in Sports Medicine*, 26(3), 311–9. <http://doi.org/10.1016/j.csm.2007.04.011>

Brooks, D. (2007). *Libro del personal trainer*. Barcelona: Paidotribo.

Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures : do all roads lead to Rome ? *Frontiers in Physiology*, 5, 1–19. <http://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>

Burgoyne, J. R., Mongue-Din, H., Eaton, P., & Shah, A. M. (2012). Redox signaling in cardiac physiology and pathology. *Circulation Research*, 111(8), 1091–1106.

<http://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.111.255216>

Calderón, F. J., Benito, P. J., Meléndez, A., & González, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 2(2), 65–87.

Calleja, J., Granados, C., & Terrados, N. (2009). Recuperación en balonmano de alto nivel. *Revista de Ciencias del Deporte*, 5(1), 45–54.

Carranza, L. E., Hernández, G., López, R., Ochoa, F., & Rangel, B. (2015). *Estudios contemporáneos asociados al entrenamiento y rendimiento deportivo*. Nuevo León: UANL

Casanueva, E., Arroyo, P., Kaufer-Horwitz, M., & Pérez-Lizaur, A. B. (2001). *Nutriología Médica*. México: Médica Panamericana.

Cerda-Kohler, H. (2014). Comparación de diferentes índices de la variabilidad del ritmo cardiaco como indicadores de reactivación parasimpática después de un ejercicio maximal: breve reporte. *Revista Horizonte: Ciencias de La Actividad Física*, 5(2), 111–121.

Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157. <http://doi.org/10.1080/02640410802448731>

Clement, D., Granquist, M. D., & Arvinen-Barrow, M. M. (2013). Psychosocial aspects of athletic injuries as perceived by athletic trainers. *Journal of Athletic Training*, 48(4), 512–521. <http://doi.org/10.4085/1062-6050-48.3.21>

- Comassi, M., Vitolo, E., Pratali, L., Del Turco, S., Dellanoce, C., Rossi, C., ... Solini, A. (2014). Acute effects of different degrees of ultra-endurance exercise on systemic inflammatory responses. *Internal Medicine Journal*, *45*(1), 74-79. <http://doi.org/10.1111/imj.12625>.
- Concepcion-Huertas, M., Chiroso, L. J., De Haro, T., Chiroso, I. J., Romero, V., Aguilar-Martinez, D., ... Acuña-Castroviejo, D. (2013). Changes in the redox status and inflammatory response in handball players during one-year of competition and training. *Journal of Sports Sciences*, *31*(11), 1197–1207. <http://doi.org/10.1080/02640414.2013.773404>
- Córdoba, A., & Álvarez, M. (2001). *Inmunidad en el deporte*. España: Gradagymnos
- Cornelli, U., Belcaro, G., & Finco, A. (2011). The oxidative stress balance measured in humans with different markers, following a single oral antioxidants supplementation or a diet poor of antioxidants. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*, *1*(3), 64–70. <http://doi.org/10.4236/jcdsa.2011.13011>
- Cornelli, U., Terranova, R., Luca, S., Cornelli, M., & Alberti, A. (2001). Bioavailability and antioxidant activity of some food supplements in men and women using the D-Roms test as a marker of oxidative stress. *The Journal of Nutrition*, *131*(12), 3208–3211. <https://doi.org/10.1093/jn/131.12.3208>
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes : perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutricion*, *42*(7), 206–212. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717->

75182015000200014.

Cox, R. H. (2009). *Psicología del deporte. Conceptos y sus aplicaciones*. (6ta. ed.). México: Médica Panamericana.

Dalle-Donne, I., Rossi, R., Colombo, R., Giustarini, D., & Milzani, A. (2006). Biomarkers of oxidative damage in human disease. *Clinical Chemistry*, 52(4), 601–623. <http://doi.org/10.1373/clinchem.2005.061408>

De Francisco, C., Garcés, E. J., & Arce, C. (2014). Burnout en deportistas: Prevalencia del síndrome a través de dos medidas. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 14(1), 29–38.

De la Cruz, E., OrtegaPino, J., Moreno, M. I., Cañadas, M., & Ruiz-Risueño, J. (2008). Micronutrientes antioxidantes y actividad física: evidencias de las necesidades de ingesta a partir de las nuevas tecnologías de evaluación y estudio del estrés oxidativo en el deporte. *Retos*, 13, 11–14.

de Teresa, C. Guisado, R., García, M. C., Ochoa, J., & Ocaña, J. (2008). Antioxidantes y ejercicio físico: funciones de la melatonina. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 1(2), 61–72.

Deaton, C. M., & Marlin, D. J. (2003). Exercise-associated oxidative stress. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 2(3), 278–291. [http://doi.org/10.1053/S1534-7516\(03\)00070-2](http://doi.org/10.1053/S1534-7516(03)00070-2)

Desbrow, B., McCormack, J., Burke, L. M., Cox, G. R., Fallon, K., Hislop, M., ... Leveritt, M. (2014). Sports dietitians Australia position statement: sports nutrition for the adolescent athlete. *International Journal of Sport Nutrition and*

- Exercise Metabolism*, 24(5), 570–584. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0031>
- Dimitriou, L., Hill, J. A., Jehnali, A., Dunbar, J., Brouner, J., McHugh, M. P., & Howatson, G. (2015). Influence of a montmorency cherry juice blend on indices of exercise-induced stress and upper respiratory tract symptoms following marathon running-a pilot investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12, 22. <http://doi.org/10.1186/s12970-015-0085-8>
- Di Fronso, S., Nakamura, F., Bortoli, L., Robazza, C., & Bertollo, M. (2013). Stress and recovery balance in amateur basketball players: differences by gender and preparation phase. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, 618-622.
- Djordjevic, D. Z., Cubrilo, D. G., Puzovic, V. S., Vuletic, M. S., Zivkovic, V. I., Barudzic, N. S., ... & Jakovljevic, V. (2012). Changes in athlete's redox state induced by habitual and unaccustomed exercise. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012. <http://doi:10.1155/2012/805850>
- Dmitrašinić, G., Pešić, V., Stanić, D., Plećaš-Solarović, B., Dajak, M., & Ignjatović, S. (2016). ACTH, Cortisol and IL-6 levels in athletes following magnesium supplementation. *Journal of Medical Biochemistry*, 35(4), 375–384. <http://doi.org/10.1515/jomb-2016-0021>
- Domínguez-Reyes, T., Astudillo-López, C. C., Salgado-Goytia, L., Muñoz-Valle, J. F., Salgado-Bernabé, A. B., Guzmán-Guzmán, I. P., ... Parra-Rojas, I. (2015). Interaction of dietary fat intake with APOA2, APOA5 and LEPR polymorphisms and its relationship with obesity and dyslipidemia in young subjects. *Lipids in*

- Health and Disease*, 14(1), 106. <http://doi.org/10.1186/s12944-015-0112-4>
- Duval, F., González, F., & Rabia, H. (2010). Neurobiology of stress. *Revista Chilena Neuro-Psiquiatría*, 48(4), 307–318. <http://doi.org/10.4067/S0717-92272010000500006>
- Edeas, M. (2011). Strategies to target mitochondria and oxidative stress by antioxidants: key points and perspectives. *Pharmaceutical Research*, 28(11), 2771–2779. <http://doi.org/10.1007/s11095-011-0587-2>
- Elejalde, J. I. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina Interna*, 18(6), 326–335.
- Escorza, Q., Angélica, M., Salinas, C., & Víctor, J. (2009). La capacidad antioxidante total. bases y aplicaciones. *Revista de Educación Bioquímica, Universidad Nacional Autónoma de México*, 28, 89–101.
- Fernández, J. M., Da Silva-Grigolettob, & Túnez-Fiñana, I. (2009). Estrés oxidativo inducido por ejercicio. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2(3), 98–101. [http://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70058-9](http://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70058-9)
- Fernández-Sánchez, A., Madrigal-Santillán, E., Bautista, M., Esquivel-Soto, J., Morales-González, Á., Esquivel-Chirino, C., ... Morales-González, J. A. (2011). Inflammation, oxidative stress, and obesity. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(5), 3117–3132. <http://doi.org/10.3390/ijms12053117>.
- Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative stress: Relationship with exercise and training. *Sports Medicine*, 36(4), 327–358. <http://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00004>

- Garatachea, N., García-López, D., Cuevas, J., Almar, M., Molinero, O., Márquez, S., González-Gallego (2011). Biological and psychological monitoring of training status during an entire season in top kayakers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(2), 339–346.
- García, G. C., & Secchi, J. D. (2013). Relación de las velocidades finales alcanzadas entre el Course Navette de 20 metros y el test de VAM-EVAL. Una propuesta para precedir la velocidad aeróbica máxima. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 48(177), 27–34. <http://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.11.004>.
- García, G. C., & 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. <http://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001>
- García, G. C., Secchi, J. D., & Cappa, D. F. (2013). Comparación del consumo máximo de oxígeno predictivo utilizando diferentes test de campo incrementales: UMTT, VAM-EVAL y 20m-SRT. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 30(3), 156–162.
- García, J., Periago, M. J., Vidal, M. L., & Cantos, E. (2002). Evaluación de las propiedades antioxidantes en concentrados de uva y frutas rojas. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 18, 103–114.
- García, J. R., De la Rosa, L. A., Herrera-Duenez, G., González-Barrios, A. G., López-Díaz, J. A., González-Aguilar, G. A., ... & Álvarez-Parrilla, E. (2011). Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en la Ciudad de Juárez, México. *Tecnociencia*, 5(2), 67-75.

- García, O., Cancela, J. M., Olveira, E., & Mariño, R. (2009). ¿Es compatible el máximo rendimiento deportivo con la consecución y mantenimiento de un estado saludable del deportista?. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(14), 19–31. <http://doi.org/10.5232/ricyde2009.01403>
- Garrido, A., de la Cruz, B., Garrido, M. A., Medina, M., & Naranjo, J. (2009). Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de máximo nivel. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2(2), 70–74. [http://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70058-9](http://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70058-9)
- Gleeson, M. (2007). Immune function in sport and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103(2), 693–699. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.00008.2007>.
- Gleeson, M. (2013). Nutritional support to maintain proper immune status during intense training. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, 75, 85–97. <http://doi.org/10.1159/000345822>
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuando usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, 70(2), 91–99.
- González, M., & Landero, R. (2007). Cuestionario de afrontamiento del estrés: validación en una muestra mexicana. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 12(2), 189–198.
- González-Boto, R., Molinero, O., & Márquez, S. (2006). El sobentrenamiento en el deporte de competición: implicaciones psicológicas del desequilibrio entre estrés y recuperación. *Ansiedad y Estrés*, 12(1), 99–115.

- González-Boto, R., Salguero, A., Tuero, C., & Márquez, S. (2009). Validez concurrente de la versión española del Cuestionario de Recuperación-Estrés para Deportistas (RESTQ-Sport). *Revista de Psicología del Deporte*, 18(1), 53-72.
- González-Boto, R., Salguero, A., Tuero, C., Márquez, S., & Kellmann, M. (2008). Spanish adaptation and analysis by structural equation modeling of an instrument for monitoring overtraining: the Recovery-Stress Questionnaire (RESTQ-Sport). *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 36(5), 635–650. <http://doi.org/10.2224/sbp.2008.36.5.635>
- González-Carballido, L. (2001). *Estrés y deporte de alto rendimiento*. México: ITESO
- Hadžović-Džuvo, A., Valjevac, A., Lepara, O., Pjanić, S., Hadžimuratović, A., & Mekić, A. (2014). Oxidative stress status in elite athletes engaged in different sport disciplines. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 14(2), 56–62. <http://doi.org/10.17305/bjbms.2014.2262>
- Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiology*, 141(2), 312–322. <http://doi.org/10.1104/pp.106.077073>
- Halls, H. C., McArdle, N. J., Gratton, M. N., Hill, M. J., & Shaw, J. (2004). Microwave paleointensities from dyke chilled margins: a way to obtain long-term variations in geodynamo intensity for the last three billion years. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 147(2-3), 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2004.03.013>.

- Hansen, J. M., Zhang, H., & Jones, D. P. (2006). Differential oxidation of thioredoxin-1, thioredoxin-2, and glutathione by metal ions. *Free Radical Biology and Medicine*, 40(1), 138–145. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2005.09.023>
- Henriksen, E. (2006). Exercise training and the antioxidant alpha lipoic acid in the treatment of insulin resistance and type 2 diabetes. *Free Radical Biology & Medicine*, 40, 3–12. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2005.04.002.
- Hernández-Cruz, G., López-Walle, J. M., Quezada-Chacón, J. T., Jaenes, J. C., Rangel-Colmenero, B. R., & Reynoso-Sánchez, L. F. (2017). Impact of the internal training load over recovery-stress balance in endurance runners. *Revista de Psicología del Deporte*, 26(Suppl. 4), 57-62.
- Hernandez, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ed.). México: McGraw Hill.
- Herrlinger, K. A., Chirouzes, D. M., & Ceddia, M. A. (2015). Supplementation with a polyphenolic blend improves post-exercise strength recovery and muscle soreness. *Food and Nutrition Research*, 59, 1–10. <http://doi.org/10.3402/fnr.v59.30034>
- Hughes, C. M., Woodside, J. V., McGartland, C., Roberts, M. J., Nicholls, D. P., & McKeown, P. P. (2012). Nutritional intake and oxidative stress in chronic heart failure. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 22(4), 376–382. <http://doi.org/10.1016/j.numecd.2010.08.006>
- Infante, J. R., Reyes, C., Ramos, M., Rayo, J. I., Lorente, R., Serrano, J., ... 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. <http://doi.org/10.1016/j.remn.2012.09.002>
- Instituto de Nutrición de Centro America y Panamá [INCAP] (2006). *Manual de instrumentos de evaluación dietética*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
- Jeukendrup, A., & Gleeson, M. (2010). *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Jones, D. P., & Go, Y. M. (2010). Redox compartmentalization and cellular stress. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 12(Suppl. 2), 116–125. <http://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2010.01266.x>
- Jówko, E., Długołęcka, B., Makaruk, B., & Cieśliński, I. (2015). The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *European Journal of Nutrition*, 54(5), 783–791. <http://doi.org/10.1007/s00394-014-0757-1>
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 95–102. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x
- Kellmann, M., & Kallus, K. W. (2016). The Recovery-Stress Questionnaire for Athletes. In K. W. Kallus & M. Kellmann (Eds.), *The Recovery-Stress Questionnaires: User Manual* (pp. 86–131). Frankfurt am Main: Pearson Assessment & Information GmbH.

- Kellmann, M., & Kallus, W. (2001). *Recovery-Stress questionnaire for athletes: user manual*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kesarwani, P., Murali, A. K., Al-Khami, A. A., & Mehrotra, S. (2013). Redox regulation of T-cell function: from molecular mechanisms to significance in human health and disease. *Antioxidants & Redox Signaling*, *18*(12), 1497-1534. <http://doi.org/10.1089/ars.2011.4073>.
- Knez, W. L., Jenkins, D. G., & Coombes, J. S. (2014). The effect of an increased training volume on oxidative stress. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(1), 8–13. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1333746>
- Kouretas, D., Tsatsakis, A. M., Domingo, J. L., & Hayes, A. W. (2013). Mechanisms involved in oxidative stress regulation. *Food and Chemical Toxicology*, *61*, 1–2. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2013.10.016>
- Krikorian, R., Shidler, M. D., Nash, T. A., Kalt, W., Vinqvist-Tymchuk, M. R., Shukitt-Hale, B., & Joseph, J. A. (2010). Blueberry supplementation improves memory in older adults. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(7), 3996-4000. <https://doi.org/10.1021/jf9029332>
- Kuan, G., & Kueh, Y. C. (2015). Psychological skills during training and competition on recovery-stress state among adolescent state athletes. *Journal of Sports Research*, *2*(4), 122-130.
- Lafay, S., Jan, C., Nardon, K., Lemaire, B., Ibarra, A., Roller, M., ... Cara, L. (2009). Grape extract improves antioxidant status and physical performance in elite male athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, *8*(3), 468–480.

- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Science*, 6(2), 93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Leopold, J. A., & Loscalzo, J. (2009). Oxidative risk for atherothrombotic cardiovascular disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 47(12), 1673–1706. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2009.09.009>
- Llaneza, J. (2007). *Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la Formación del Especialista* (12^a ed.). Valladolid, España: Lex Nova.
- López, G., & Porcal, W. (2014). Estrés oxidativo/nitro-oxidativo como blanco terapéutico en enfermedades neurodegenerativas. En J. C. García (Ed.). *Neuroprotección en enfermedades neuro y heredo degenerativas* (157 – 190). Barcelona, España: OmniaScience.
- López, J., & López, L. M. (2008). *Fisiología clínica del ejercicio*. Barcelona: Médica Panamericana.
- Lorenzo, A. (2003). ¿Detección o desarrollo del talento? Factores que motivan a una nueva orientación del proceso de detección de talentos. *Apuntes de Educación Física y Deportes*, 71, 23–28.
- Lozada, S. M., & García, L. (2009). Estrés oxidativo y antioxidantes : cómo mantener el equilibrio. *Revista de la Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica*, 17(3), 172–179.
- Mancilla, R., Torres, P., Álvarez, C., Schifferli, I., Sapunar, J., & Díaz, E. (2014). Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la

- capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Revista Medica de Chile*, 142(1), 34–39. <http://doi.org/10.4067/S0034-98872014000100006>
- Margonis, K., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Douroudos, I., Chatzinikolaou, A., ... Kouretas, D. (2007). Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. *Free Radical Biology and Medicine*, 43(6), 901–910. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.022>
- Marin, D. P., Macedo dos Santos, R. d. C., Bolin, A. P., Alves, B., Hatanaka, E., & Otton, R. (2011). Cytokines and oxidative stress status following a handball game in elite male players. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2011. <http://doi.org/10.1155/2011/804873>.
- Márquez, S. (2006). Estrategias de afrontamiento del estrés en el ámbito deportivo: fundamentos teóricos e instrumentos de evaluación. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 6, 359–378.
- Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2007). *Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Martinent, G., Decret, J.-C., Isoard-Gautheur, S., Filaire, E., & Ferrand, C. (2014). Evaluations of the psychometric properties of the Recovery-Stress Questionnaire for Athletes among a sample of young french table tennis players 1, 2. *Psychological Reports*, 114(2), 326–340. <http://doi.org/10.2466/03.14.PR0.114k18w2>
- Martínez-Cruz, N. D. S., Arévalo-Niño, K., Verde-Star, M. J., Morales, C. R. M.,

- Oranday-Cárdenas, A., Adriana Núñez-González, M., & Eufemia Morales-Rubio, M. (2011). Antocianinas y actividad anti radicales libres de rubus adenotrichus Schltidl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 42(4), 66–71.
- Martínez-Sanz, J., Urdampilleta, A., & Mielgo-Ayuso, J. (2013). Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *European Journal of Human Movement*, 30, 37–52.
- Martinović, J., Dopsaj, V., Kotur-Stevuljević, J., Dopsaj, M., Vujović, A., Stefanović, A., & Nešić, G. (2011). Oxidative stress biomarker monitoring in elite women volleyball athletes during a 6-week training period. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1360–1367.
<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d85a7f>
- Maughan, R.. (2014). *Sport Nutrition* (2ed.). International Olympic Committee: Miley Blackwell.
- McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Dumke, C. L., Shooter, L. a., Henson, D. a., Utter, A. C., ... McAnulty, S. R. (2011). Effect of blueberry ingestion on natural killer cell counts, oxidative stress, and inflammation prior to and after 2.5 h of running. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(6), 976–984.
<http://doi.org/10.1139/h11-120>
- McAnulty, S. R., McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Dumke, C. L., Morrow, J. D., Utter, A. C., ... George, G. L. (2004). Consumption of blueberry polyphenols reduces exercise-induced oxidative stress compared to vitamin C. *Nutrition Research*,

24(3), 209–221. <http://doi.org/10.1016/j.nutres.2003.10.003>.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2004). Transferencia energética durante el ejercicio en el ser humano. En W. D. McArdle, F. I. Katch, & V. L. Katch, (Eds.). *Fundamentos de fisiología del ejercicio* (pp. 128 – 146). Madrid: McGraw-Hill.

Medina, M., De la Cruz, B., Garrido, A., Garrido, M. A., & Naranjo, J. (2012). Normal values of heart rate variability at rest in a young , healthy and active Mexican population. *Health, 4*(7), 377–385.

Mendham, A. E., Duffield, R., Marino, F., & Coutts, A. J. (2014). A 12-week sports-based exercise programme for inactive Indigenous Australian men improved clinical risk factors associated with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Science and Medicine in Sport, 18*(4), 438–443. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.06.013>

Miranda-Mendoza, J., Estrada-Díaz, S., López-Walle, J., & Hernández-Cruz, G. (2015). Comparación ingesta-gasto energético en jugadoras universitarias de fútbol rápido. *Revista de Investigación y Desarrollo, 1*(1), 1–6.

Milanez, V. F., Ramos, S. P., Leprêtre, P. M., Leme, L. C., & Nakamura, F. Y. (2014). Physiological and performance changes in response to pre-season training in high-level handball players. *Science & Sports, 29*(4), e59-e62.

Molina, J., Sandín, B., & Chorot, P. (2014). Sensibilidad a la ansiedad y presión psicológica: Efectos sobre el rendimiento deportivo en adolescentes. *Cuadernos de Psicología del Deporte, 14*(1), 45–54.

- Molina-López, J., Molina, J. M., Chiroso, L. J., Florea, D. I., Sáez, L., & Planells, E. (2013a). Effect of folic acid supplementation on homocysteine concentration and association with training in handball players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *10*(1), 10. <http://doi.org/10.1186/1550-2783-10-10>
- Molina-López, J., Molina, J. M., Chiroso, L. J., Florea, D., Sáez, L., Jiménez, J., ... Planells, E. (2013b). Implementation of a nutrition education program in a handball team; consequences on nutritional status. *Nutrición Hospitalaria*, *28*(4), 1065–76. <http://doi.org/10.3305/nh.2013.28.4.6600>
- Moliner, O., & Salguero, A. (2011). Análisis de la recuperación-estrés en deportistas y relación con los estados de ánimo: un estudio descriptivo. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, *11*, 47–55.
- Moliner, O., Salguero, A., & Márquez, S. (2012). Estrés-recuperación en deportistas y su relación con los estados de ánimo y las estrategias de afrontamiento. *Revista de Psicología del Deporte*, *21*, 163–170.
- Moore, D. R., Tang, J. E., Burd, N. A., Reresich, T., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009). Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *The Journal of physiology*, *587*(4), 897–904. doi:10.1113/jphysiol.2008.164087
- Mora, R. R. (2009). *Fisiología del deporte y el ejercicio: Practicas de Campo y Laboratorio*. México: Ed. Médica Panamericana.
- Moreno, J., Parrado, E., & Capdevila, L. (2013). Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento.

Revista de Psicología del Deporte, 22(2), 345–352.

Moreno-Eutimio, M., & Acosta-Altamirano, G. (2014). El inmunometabolismo del ejercicio físico y la vida sedentaria. *Cirugía y Cirujanos*, 82(3), 344–351.

Mujika, I., & Burke, L. M. (2011). Nutrition in team sports. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(Suppl 2), 26–35. <http://doi.org/10.1159/000322700>

Muñoz, D., Olcina, G., Timón, R., Brazo, F. J., Robles, M. C., & Maynar, M. (2010). Ejercicio físico y estrés oxidativo. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 14, 93–107.

Myburgh, K. H. (2014). Polyphenol supplementation: Benefits for exercise performance or oxidative stress?. *Sports Medicine*, 44(Suppl.1), 57-70. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0151-4>.

Myers, D. (2005). *Psicología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.

Naranjo, J., De La Cruz, B., Sarabia, E., De Hoyo, M., & Domínguez, S. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 452–457. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0235>

Nebbioso, M., Federici, M., Rusciano, D., Evangelista, M., & Pescosolido, N. (2012). Oxidative stress in preretinopathic diabetes subjects and antioxidants. *Diabetes Technology & Therapeutic*, 14(3), 257-263. <http://doi.org/10.1089/dia.2011.0172>.

Negueruela, D. B. (2014). *Ejercicio Físico y ayudas ergogénicas* [libro electrónico]. Cantabria: Universidad de Cantabria. Recuperado de

<http://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5565/BoladoNegueruelaD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Nel, T. (2012). *Monitoring stress and recovery among u/20 rugby union players over a training season* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

Ng, F., Berk, M., Dean, O., & Bush, A. I. (2008). Oxidative stress in psychiatric disorders: evidence base and therapeutic implications. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 11(6), 851–876. <http://doi.org/10.1017/S1461145707008401>.

Nicolas, M., Banizette, M., & Millet, G. Y. (2011). Stress and recovery states after a 24 h ultra-marathon race: A one-month follow-up study. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(4), 368–374. <http://doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.03.005>

Nieman, D. C., Gillitt, N. D., Knab, A. M., Shanely, R. A., Pappan, K. L., Jin, F., & Lila, M. A. (2013). Influence of a polyphenol-enriched protein powder on exercise-induced inflammation and oxidative stress in athletes: A randomized trial using a metabolomics approach. *Plos One*, 8(8), e72215. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0072215>

Nieman, D. C., Gillitt, N. D., Sha, W., Meaney, M. P., John, C., Pappan, K. L., & Kinchen, J. M. (2015). Metabolomics-based analysis of banana and pear ingestion on exercise performance and recovery. *Journal of Proteome Research*, 14(12), 5367–5377. <http://doi.org/10.1021/acs.jproteome.5b00909>

Nieman, D. C., Scherr, J., Luo, B., Meaney, M. P., Dréau, D., Sha, W., ... Pappan, K. L. (2014). Influence of pistachios on performance and exercise-induced

- inflammation, oxidative stress, immune dysfunction, and metabolite shifts in cyclists: A randomized, crossover trial. *Plos One*, 9(11), 1–12. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0113725>
- Noce, F., dos Santos, I. C., Samulski, D. M., Falci, S. L. F., Thomatieli, R. V., & de Mello, M. T. (2008). Monitoring levels of stress and overtraining in an elite Brazilian female volleyball athlete: Case study. *Revista de Psicologia del Deporte*, 17(1), 25–41.
- Nummela, A., Hynynen, E., Kaikkonen, P., & Rusko, H. (2016). High-intensity endurance training increases nocturnal heart rate variability in sedentary participants. *Biology of Sport*, 33(1), 7–13. <http://doi.org/10.5604/20831862.1180171>
- Olivos, C., Cuevas, A., Álvarez, V., & Jerquera, C. (2012). Nutrición para el entrenamiento y la competición. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 253–261. [http://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70308-5](http://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70308-5)
- Olmedilla, A., Andreu, M. D., Ortín, F. J., & Blas, A. (2009). Ansiedad competitiva, percepción de éxito y lesiones: Un estudio en futbolistas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 9(33), 51–66.
- Olmedilla, A., Blas, A., Abenza, L., & Laguna, M. (2010). Lesiones y estrés en jugadores de balonmano de alto nivel. *Revista Brasileira de Psicologia do Esporte*, 3(2), 17–32.
- Olmedilla, A., Ortega, E., Garcés, E., Abenza, L., Blas, A., & Laguna, M. (2015). Perfil psicológico de los jugadores profesionales de balonmano y diferencias entre

- puestos específicos. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 47(3), 177–184.
<http://doi.org/10.1016/j.rlp.2015.06.005>
- Ozemek, C., Whaley, M. H., Finch, W. H., & Kaminsky, L. A. (2017). Maximal heart rate declines linearly with age independent of cardiorespiratory fitness levels. *European journal of sport science*, 17(5), 263-270.
<http://doi.org/10.1080/17461391.2016.1275042>
- Pal, G., Chandrasekaran, A., Hariharan, A., Dutta, T., Pal, P., Nanda, N., & Venugopal, L. (2012). Body mass index contributes to sympathovagal imbalance in prehypertensives. *BMC Cardiovascular Disorders*, 12(1), 54.
<http://doi.org/10.1186/1471-2261-12-54>
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2011). Biomarkers of oxidative stress in red blood cells. *Biomedical Papers*, 155(2), 131–136. <http://doi.org/10.5507/bp.2011.027>
- Papadopoulos, E., Muir, C., Russell, C., Timmons, B. W., Falk, B., & Klentrou, P. (2014). Markers of biological stress and mucosal immunity during a week leading to competition in adolescent swimmers. *Journal of Immunology Research*, 2014. <http://doi.org/10.1155/2014/234565>
- Papazian, L., Forel, J. M., Gacouin, A., Penot-Ragon, C., Perrin, G., Loundou, A., ... & Roch, A. (2010). Neuromuscular blockers in early acute respiratory distress syndrome. *New England Journal of Medicine*, 363(12), 1107-1116.
- Pérez-Guisado, J. (2008). Rendimiento deportivo: glucógeno muscular y consumo proteico. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 43(159), 142–152.
[http://doi.org/10.1016/S1886-6581\(08\)70090-2](http://doi.org/10.1016/S1886-6581(08)70090-2)

- Pérez-Pàmies, M. (1998). *Psicobiología II*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.
- Pingitore, A., Pereira, G. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015). Exercise and Oxidative Stress: Potential Effects of Antioxidant Dietary Strategies in Sports. *Nutrition*, 31(7-8), 916-922. <http://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005>
- Piña, J. A. (2008). Variaciones sobre el modelo psicológico de salud biológica de ribes: Justificación y desarrollo. *Universitas Psychologica*, 7(1), 19–32.
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97(5), 55–74. <http://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>
- Powers, S. K., & Jackson, M. J. (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological Reviews*, 88(4), 1243–1276. <http://doi.org/10.1152/physrev.00031.2007>
- Powers, S. K., Nelson, W. B., & Hudson, M. B. (2011). Exercise-induced oxidative stress in humans: Cause and consequences. *Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 942–950. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.12.009>
- Protzner, A., Szmodis, M., Udvardy, A., Bosnyák, E., Trájer, E., Komka, Z., ... Tóth, M. (2015). Hormonal neuroendocrine and vasoconstrictor peptide responses of ball game and cyclic sport elite athletes by treadmill test. *Plos One*, 10(12), 1–13. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0144691>
- Purvis, D., Gonsalves, S., & Deuster, P. A. (2010). Physiological and psychological fatigue in extreme conditions: overtraining and elite athletes. *PM&R*, 2(5), 442–

450. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.03.025>

Radak, Z., Suzuki, K., Higuchi, M., Balogh, L., Boldogh, I., & Koltai, E. (2016). Physical exercise, reactive oxygen species and neuroprotection. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 187–196. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.024>

Radak, Z., Zhao, Z., Koltai, E., Ohno, H., & Atalay, M. (2013). Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ros-dependent adaptive signaling. *Antioxidants & Redox Signaling*, 18(10), 1208-1246. <http://doi.org/10.1089/ars.2011.4498>.

Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S., & Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: The interplay. *BioMed Research International*, 2014. <http://doi.org/10.1155/2014/761264>.

Rajendra, U., Paul, K., Kannathal, N., Min, C., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44, 1031–1051. <http://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>

Ramos-Campo, D. J., Martínez Sánchez, F., Esteban García, P., Rubio Arias, J. Á., Bores Cerezal, A., Clemente-Suarez, V. J., & Jiménez Díaz, J. F. (2014). Body composition features in different playing position of professional team indoor players: basketball, handball and futsal. *International Journal of Morphology*, 32(4), 1316–1324. <http://doi.org/10.4067/S0717-95022014000400032>.

Ramos, D., Martins, E. G., Viana-Gomes, D., Casimiro-Lopes, G., & Salerno, V. P. (2013). Biomarkers of oxidative stress and tissue damage released by muscle

- and liver after a single bout of swimming exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(5), 507–11. <http://doi.org/10.1139/apnm-2012-0302>
- Ramos, R. L., Armán, J., Galeano, N., Hernández, A. M., Gómez, J. G., & Molinero, J. G. (2014). Dual energy X-ray absorptimetry: fundamentals, methodology, and clinical applications. *Radiología*, 54(5), 410–23. <http://doi.org/10.1016/j.rx.2011.09.023>
- Rawdin, B. J., Mellon, S. H., Dhabhar, F. S., Epel, E. S., Puterman, E., Su, Y., ... Wolkowitz, O. M. (2013). Dysregulated relationship of inflammation and oxidative stress in major depression. *Brain, Behavior, and Immunity*, 31, 143–152. <http://doi.org/10.1016/j.bbi.2012.11.011>
- Reynoso-Sánchez, L. F. (2018). *Estrés-recuperación psicofisiológica y su relación con las cargas internas del entrenamiento y el rendimiento deportivo*. (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México).
- Reynoso-Sánchez, L. F., Hernández-Cruz, G., López-Walle, J., Rangel-Colmenero, B., Quezada-Chacón, J. T., & Jaenes, J. C. (2016). Balance de estrésrecuperación en jugadores universitarios de voleibol durante una temporada. *Retos*, 30, 193–197.
- Reynoso-Sánchez, L. F., Hoyos Flores, J. R., García-Dávila, M. Z., Rosas Taraco, A. G., Jaenes, J. C., López-Walle, J., & Hernández-Cruz, G. (2017). Cortisol y estrés-recuperación durante un periodo competitivo en jugadores de balonmano. *Revista de Psicología del Deporte*, 26(Suppl. 2), 125-131.

- Riquelme-Véjar, R., & Oskenberg-Schorr, A. (2003). *Trastornos de Personalidad: Hacia Una Mirada Integral*. Santiago de Chile, Chile: Salesianos.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J., & Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: Concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (parte II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 15(124), 119–127.
- Rodas, G., Yanguas, X., Pedret, C., Ramos, J., & Capdevila, L. (2011). Cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) en jugadores de hockey hierba durante el Campeonato del Mundo de 2006. *Apunts Medicina de l'Esport*, 46(171), 117–123. <http://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.04.001>
- Rodríguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509–527. <http://doi.org/10.1016/j.jada.2009.01.005>
- Roncancio, M. R. (2010). Efecto del ejercicio en la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, 20(1), 24-32.
- Rossi, F. E., Landreth, A., Beam, S., Jones, T., Norton, L., & Cholewa, J. M. (2017). The effects of a sports nutrition education intervention on nutritional status, sport nutrition knowledge, body composition, and performance during off season training in NCAA Division I baseball players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(1), 60-68.
- Royo, A. (2016). *Modelo de intervención para organizar el entrenamiento en las*

- diferentes categorías base del balonmano*. (Trabajo fin de grado). Universidad de Zaragoza, España. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1239.3685>
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V., & Hautier, C. (2016). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *European Journal of Sport Science*, 16(2), 172-181. <http://doi.org/10.1080/17461391.2015.1004373>
- Salinas, J. G. (2007). Función de los complementos antioxidantes durante el ejercicio. *Medicina Interna de Mexico*, 23(3), 217–222.
- Sánchez, J. L. (2009). Efectos del ejercicio físico y una dieta saludable. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 29(1), 46–53.
- Sánchez, B., Ureña, P., & Calleja, J. (2014). Niveles subjetivos de estrés-recuperación en deportistas Costarricenses de alto rendimiento. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(1), 103–108.
- Sant' Anna, J. M., Carvalhal, R. F., Carneiro, J. R. I., Lapa, M. S., Zin, W. a, Lugon, J. R., & Guimarães, F. S. (2013). Association between respiratory mechanics and autonomic function in morbid obesity. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 20(1), 31–35. <http://doi.org/10.1016/j.rppneu.2013.06.009>
- Sarason, I., & Serason, B. (2006). *Psicopatología. Psicología anormal: el problema de la conducta inadaptada* (11ª ed.). México: Pearson Educación.
- Savini, I., Catani, M. V., Evangelista, D., Gasperi, V., & Avigliano, L. (2013). Obesity-associated oxidative stress: Strategies finalized to improve redox state. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5), 10497–10538.

<http://doi.org/10.3390/ijms140510497>

Secretaría de Salud. (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-037-SSA2-2012, Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias. *NOM-037-SSA2-2012*.

Shabalina, I. G., & Nedergaard, J. (2011). Mitochondrial (“mild”) uncoupling and ROS production: physiologically relevant or not? *Biochemical Society Transactions*, 39(5), 1305–1309. <http://doi.org/10.1042/BST0391305>

Shamah-Levy, T., Villalpando-Hernández, S., & Rivera-Dommarco, J. (2006). *Manual de procedimientos para proyectos de nutrición*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.

Silva, J. R., Ascensão, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A., & Magalhães, J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European Journal of Applied Physiology*, 113(9), 2193–2201. <http://doi.org/10.1007/s00421-013-2633-8>

Silva, J. R., Rebelo, A., Marques, F., Pereira, L., Seabra, A., Ascensão, A., & Magalhães, J. (2014). Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(4), 432–438. <http://doi.org/10.1139/apnm-2013-0180>.

Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), 24673–24706.

<http://doi.org/10.3390/ijms161024673>

Sorg, O. (2004). Oxidative stress: A theoretical model or a biological reality?. *Comptes Rendus Biologies*, 327(7), 649–662.

<http://doi.org/10.1016/j.crv.2004.05.007>

Sotelo, O. G., & Gómez, V. A. (2002). *Manual de Arritmias Cardiacas: Guía Diagnóstica Terapéutica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Souglis, a, Bogdanis, G. C., Giannopoulou, I., Papadopoulos, C., & Apostolidis, N. (2015). Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 59–72.

<http://doi.org/10.1080/15438627.2014.975814>

Stora, J. B. (2000). *El estrés*. México: Publicaciones Cruz O., S.A.

Suay, F. (2003). *El síndrome de sobreentrenamiento: una visión desde la psicobiología del deporte*. España: Editorial Paidotribo.

Subirats, E., Subirats, G., & Soteras, I. (2012). Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Medicina Clínica*, 138(1), 18-24.

<http://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.12.008>.

Suharoschi, R., Pop, E. A., Lazar, M., Semeniuc, C. A., Rotar, M., Morar, M. V, ... Pamfil, D. (2011). Application of the nutrition tools under a study in order to develop a menu to maintain a healthy lifestyle, *Bulletin UASVM Agriculture*, 68(2), 446–452.

Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: A noninvasive electrocardiographic method

- to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly*, 134, 514–522. <http://doi.org/2004/35/smw-10321>.
- Teisala, T., Mutikainen, S., Tolvanen, A., Rottensteiner, M., Leskinen, T., Kaprio, J., ... Kujala, U. M. (2014). Associations of physical activity, fitness, and body composition with heart rate variability-based indicators of stress and recovery on workdays: a cross-sectional study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 9(1), 16. <http://doi.org/10.1186/1745-6673-9-16>
- Terreros, J. L., Navas, F., Carraniñana, G., & Aragones, M. T. (2004). *Valoración Funcional. Aplicaciones al entrenamiento*. Madrid, España: Gymnos, S. L.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 669–675. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Timmons, B. W., Tarnopolsky, M. A., Snider, D. P., & Bar-Or, O. (2006). Immunological changes in response to exercise: influence of age, puberty, and gender. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(2), 293–304. <http://doi.org/10.1249/01.mss.0000183479.90501.a0>
- Tong, T. K., Lin, H., Lippi, G., Nie, J., & Tian, Y. (2012). Serum oxidant and antioxidant status in adolescents undergoing professional endurance sports training. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012. <http://doi.org/10.1155/2012/741239>.
- Tsuji, H., Venditti, F. J., Manders, E. S., Evans, J. C., Larson, M. G., Feldman, C. L.,

- & Levy, D. (1994). Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation*, *90*, 878–883. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.90.2.878>
- Urbina-Bonilla, A. D. P. (2008). Nuevo papel de los radicales libres de oxígeno en el ejercicio: ¿Otra paradoja?. *Colombia Médica*, *39*, 266–265.
- Urhausen, A., & Kindermann, W. (2002). Diagnosis of Overtraining What Tools Do We Have? *Sports Medicine*, *32*(2), 95–102.
- Ushio-Fukai, M. (2009). Compartmentalization of redox signaling through NADPH oxidase-derived ROS. *Antioxidants & Redox Signaling*, *11*(6), 1289–1299. <http://doi.org/10.1089/ars.2008.2333>
- Vaquera, A., Rodríguez-Marroyo, J. A., García, J., Ávila, C., Morante, J. C., & Villa, J. G. (2003). Consumo máximo de oxígeno en baloncesto: Influencia del sexo y del puesto específico. *Archivos de Medicina del Deporte*, *20*(95), 205-212.
- Vega-Pérez, R., Ruíz-Hurtado, E., Macías-González, J., García-Peña, M. D., & Torres-Bugarín, O. (2016). Impacto de la nutrición e hidratación en el deporte. *El Residente*, *11*(2), 81–87. <http://doi.org/10.1016/j.jad.2014.04.038>
- Venditti, P., Gomez-Cabrera, M. C., Zhang, Y., & Radak, Z. (2015). Oxidant antioxidants and adaptive responses to exercise. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2015*. <http://doi.org/10.1155/2015/290190>
- Vila, M. H., Ferragut, C., Alcaraz, P. E., Rodríguez, N., & Cruz, M. (2008). Características cineantropométricas y la fuerza en jugadores juveniles de balonmano por puestos específicos. *Archivos de Medicina Del Deporte*,

25(125), 167–177.

Viru, M., & Viru, A. (2003). *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.

Walsh, N. P., Gleeson, M., Pyne, D. B., Nieman, D. C., Dhabhar, S., Shephard, R. J., ... Kajeniene, A. (2011). Position statement part two: Maintaining immune health. *Exercise Immunology Review*, 17, 64–103.

Weineck, J. (2000). *Salud, Ejercicio y Deporte*. Barcelona: Paidotribo.

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.



Yamauchi, T., & Kadowaki, T. (2008). Physiological and pathophysiological roles of adiponectin and adiponectin receptors in the integrated regulation of metabolic and cardiovascular diseases. *International Journal of Obesity*, 32, S13–S18. <http://doi.org/10.1038/ijo.2008.233>

Zalavras, A., Fatouros, I. G., Deli, C. K., Draganidis, D., Theodorou, A. A., Soulas, D., ... Jamurtas, A. Z. (2015). Age-related responses in circulating markers of redox status in healthy adolescents and adults during the course of a training macrocycle. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/283921>

Ziegler, D., Buchholz, S., Sohr, C., Nourooz-Zadeh, J., & Roden, M., (2009). Oxidative stress predicts the progression of peripheral and cardiac autonomic nerve dysfunction over 6 years in diabetic patients. *Acta Diabetologica*, 52(1), 65-72. <http://doi.org/10.1007/s00592-014-0601-3>

Anexos

Anexo 1. Comité de Ética


 
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN - CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN CIENCIAS DE LA SALUD - CIDICS


COBICE-801-2015
Asesor: Resolución COBICIS
Hoja 2 / 2

Esta resolución cumple con el artículo 3.3.2 de la Conferencia Internacional de Armonización (CIHA) sobre requerimientos técnicos para el registro de productos farmacéuticos para uso en humanos, Guía 7 (señala armonizada de la Conferencia Internacional de Armonización, Orientaciones para la Registra Práctica CIHA (CIHA)),
Artículos 300 y 309 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, México

Toda vez que el protocolo original, así como la carta de consentimiento informado sufran modificaciones, éstas deberán someterse para su re-aprobación.

Atentamente



Dr. med Eloy Cárdenas Estrada
Presidente del Comité de Bioética en
Investigación en Ciencias de la Salud


COBICIS
Comité de Ética en
Investigación
CIDICS, UANL
CONBIOÉTICA
19-CEI-01920131218

Esta Resolución queda registrada ante el Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud con el Follo:
COBICIS-801/2015/124-01HCG

REFERENCIA: "EFECTO DE UNA DIETA RICA EN POLIFENÓLES SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN EN ATLETAS UNIVERSITARIOS" Protocolo FOD-01-2015. Versión 2.0. Fecha 3-mar-2015. Modalidad y Grupo de la Investigación (COFEPRIS): "A-I". Sitio: Facultad de Organización Deportiva. Follo de Protocolo de Investigación CIDICS 801/2015. Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud, COBICIS, Follo CONBIOÉTICA: 19-CEI-01920131218. Dictamen Favorable COBICIS: 801/2015/124-01-HCG. Investigador Principal: Dr. Germán Hernández Cruz. Correo-e: german.bernandez@uanl.mx . Patrocinador: PROMEP, UANL

C.c.p. Archivo COBICIS
ECE/ggg

 Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud
COBICIS
CONBIOÉTICA 19CEI01920131218 18-Dic-2015
COFEPRIS 1633063369003 11-Oct-2016
COMPROBESL PWAD0917877, 0186004328

Comité de Ciencias de la Salud
Av. José G. Durillo y Sr. D. Carlos Cosío (Aparicio) s/n
Caj. 4800 Centro Universitario, Iturbide, León, Gto. C.P. 38400
Teléfono: +52 (41) 1240 437 ext. 1704 y 1742

Anexo 2. Consentimiento Informado

Carta de Consentimiento

Yo _____ he sido invitado (a) a participar en un estudio de investigación científica titulada "EFECTO DE UNA DIETA RICA EN POLIFENOLES SOBRE EL ESTRES OXIDATIVO E INFLAMACION EN ATLETAS UNIVERSITARIOS" la cual cuenta con la aprobación del Comité de Bioética en Investigaciones en Ciencias de la Salud con el folio: COBICIS-801/2015/124-01HCG. He sido informado que se me realizará mi historial médico y una prueba de esfuerzo inicial así como SIETE tomas de sangre venosa para evaluar mi respuesta biológica por medio de la respuesta inmune y proceso inflamatorio, además se evaluará la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC); y se me hará un monitoreo de mi frecuencia cardíaca utilizando el dispositivo Polar Team 2, también el registro de la ingesta de alimentos y se evaluará mi composición corporal por medio del equipo DXA y el estrés psicológico por medio de un cuestionario.

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 y la ingesta del fruto y/o producto comercial 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.

Sujeto

Nombre : _____

Firma: _____

Edad: _____ Peso: _____ Talla: _____ Disciplina deportiva: _____

Dirección: _____

Teléfono: _____

Testigo 1

Nombre: _____

Firma: _____

Dirección: _____

Testigo 2

Nombre : _____

Firma: _____

Dirección: _____

Investigadores: Dr. Germán Hernández Cruz, Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero, MAFyS. Myriam Zaraf García Dávila, ENC. Sylvia Adriana Estrada Díaz