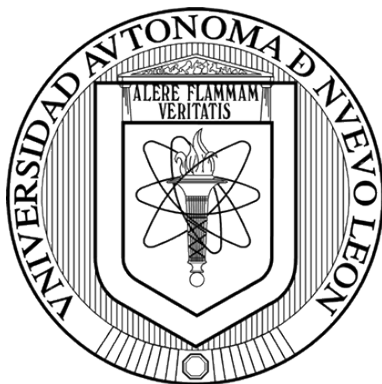


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**TESIS**

**ANTIOXIDANTES Y RESPUESTA INMUNE EN LA RECUPERACIÓN DE ATLETAS  
CON CONSUMO DE ZARZAMORA**

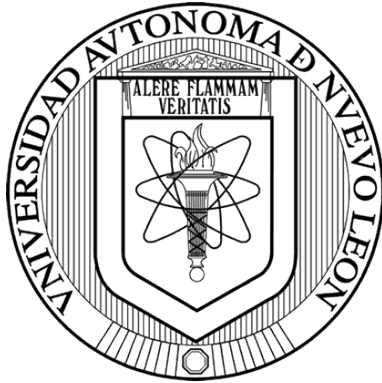
**PRESENTA**

**TERESITA VALENCIA FALCÓN**

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

**NOVIEMBRE, 2018**

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



**TESIS**

**ANTIOXIDANTES Y RESPUESTA INMUNE EN LA RECUPERACIÓN DE ATLETAS  
CON CONSUMO DE ZARZAMORA**

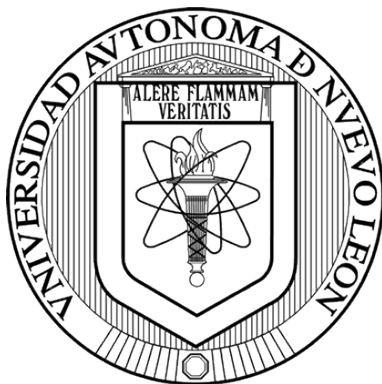
**PRESENTA  
TERESITA VALENCIA FALCÓN**

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

**DIRECTOR DE TESIS  
DRA. BLANCA ROCÍO RANGEL COLMENERO**

**NOVIEMBRE, 2018**

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



**TESIS**

**ANTIOXIDANTES Y RESPUESTA INMUNE EN LA RECUPERACIÓN DE ATLETAS  
CON CONSUMO DE ZARZAMORA**

**PRESENTA**

**TERESITA VALENCIA FALCÓN**

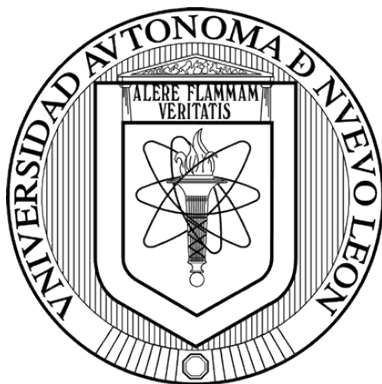
**PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**Co-Director**

**DR. GERMÁN HERNÁNDEZ CRUZ**

**NOVIEMBRE, 2018**

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



**TESIS**

**ANTIOXIDANTES Y RESPUESTA INMUNE EN LA RECUPERACIÓN DE ATLETAS  
CON CONSUMO DE ZARZAMORA**

**PRESENTA**

**TERESITA VALENCIA FALCÓN**

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

**Co-Director**

**DRA. MYRIAM ZARAÍ GARCÍA DÁVILA**

**NOVIEMBRE, 2018**



**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**, como Director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **M.E.D. Teresita Valencia Falcón**, titulado “**Antioxidantes y respuesta inmune en la recuperación de atletas con consumo de zarzamora**” se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.

---

**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
**Subdirectora del Área de Posgrado**

**Dr. Germán Hernández Cruz**, como Co-director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **M.E.D. Teresita Valencia Falcón**, titulado “**Antioxidantes y respuesta inmune en la recuperación de atletas con consumo de zarzamora**” se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.

---

**Dr. Germán Hernández Cruz**  
**CO-DIRECTOR DE TESIS**

---

**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
**Subdirectora del Área de Posgrado**

**Dra. Myriam Zarái García Dávila** como Co-director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **M.E.D. Teresita Valencia Falcón**, titulado “**Antioxidantes y respuesta inmune en la recuperación de atletas con consumo de zarzamora**” se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.

---

**Dra. Myriam Zarái García Dávila**  
**CO-DIRECTOR DE TESIS**

---

**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
**Subdirectora del Área de Posgrado**

**“Antioxidantes y respuesta inmune en la recuperación de atletas con consumo de zarzamora”**

Presentado por:

**M.E.D. Teresita Valencia Falcón**

El presente trabajo fue realizado en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección de la Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero, el Dr. Germán Hernández Cruz y la Dra. Myriam Zaraí García Dávila, como requisito para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

---

**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
**DIRECTOR**

---

**Dr. Germán Hernández Cruz**  
**CO-DIRECTOR**

---

**Dra. Myriam Zaraí García Dávila**  
**CO-DIRECTOR**

---


**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
**Subdirectora del Área de Posgrado**

**"Antioxidantes y respuesta inmune en la recuperación de atletas con consumo de zarzamora"**

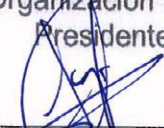
Presentado por:

M.E.D. Teresita Valencia Falcón


Aprobación de la Tesis por el Jurado de Examen:



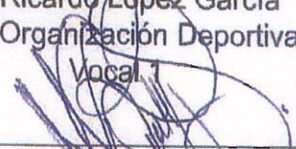
Dra. Rosa María Cruz Castruita  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Presidente



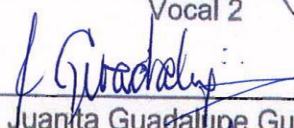
Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Secretario



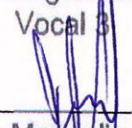
Dr. Ricardo López García  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Vocal 1



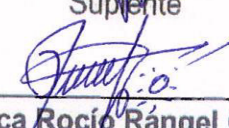
Dra. María Grethel Ramírez Siqueiros  
Licenciatura en Entrenamiento Deportivo, UES  
Vocal 2



Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto  
Facultad de Agronomía, UANL  
Vocal 3



Dra. Jeanette Magnolia López Walle  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Suplente



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Subdirectora del Área de Posgrado

## DEDICATORIA

A los amantes del deporte, atletas, entrenadores, que están en busca de conseguir el rendimiento deportivo.

**A mis amigos** por estar a mi lado en “mis tiempos libres”, los cuales estuvieron en decadencia.

**A mi familia** política, mis suegros **Sra. Paqui y Don Jorge**, un gran maestro que aun cuando no me dio clases en la escuela, con sus pláticas me da clases de vida. A la **nana Gina**. A mis cuñados **Jorge y Miguel** que son una fortaleza para mi esposo, a mis concuñas **Ivonne y Natalia** y a mis sobrinos **Jorgito, Natalia y Mariana**. A mis **tíos, primos y sobrinos**, que me adoptaron como suya; especialmente a **Irma Dolores**, quien me alentaba a seguir adelante cuando el agotamiento llegaba.

**A mi familia** por parte de mi mamá y por parte de mi papá, **tíos, primos, sobrinos**, por esperar el término de las ausencias. A mis **tías Gloria, Lucina y Bertha**, quienes siempre me han acompañado. A **Jandy** que me dio ánimos para continuar. A mi **nana**, mi **tata** y mi **abuelo**, que aún sin estar presente físicamente dejaron mucho de ustedes en mí. Perseverancia. A mi abuela **Adelina** que con sus 93 años estaba pendiente del proceso y se me adelantó hace poco más de un mes. A mi **tía Cuqui e Iris**, por esas desveladas apoyándome con la investigación.

A mis hermanos **Jésus** (no, no es error, así le decimos) y **Sebastián**, quienes han estado pendientes de mí, viviendo cada sentimiento de este proceso como suyo, quienes están ahí para cualquier momento de mi vida y sé que este logro es tan suyo como mío; a mi cuñada **Denisse** y mis sobrinos **Emiliano y Regina**, los quiero mucho. A **Lucía**, quien en poco tiempo me ha dado mucho ánimo y me dice que yo puedo.

Dedico este logro a mis padres **Jesús “el Chacho” Valencia** y **Delfina Falcón** (desde hace 9 años “**la China**”), quienes me han inculcado el valor y el amor por la vida, me forjaron a realizar de la mejor forma posible cada actividad y me enseñaron que con dedicación y amor se logra hacer cualquier cosa propuesta sin dejar de lado la integridad, por ese apoyo incondicional que me brindan les dedico este trabajo que lo han tomado como suyo desde el inicio hasta hoy, con todos los pros y los contras, y reconozco que sin su apoyo... simplemente esto no hubiera sido posible. Los amo.

A mis hijos **Danika Adelyn** y **Rubén Arturo**, que son el motor de mi vida, por quienes despierto cada mañana rodeada de amor, quienes vivieron este tiempo a mi lado sufriendo y gozando, sufriendo las ausencias, mis desvelos, mi estrés, gozando cada paso que dábamos juntos con el objetivo claro de llegar hasta el final. A su corta edad, saben lo que es el esfuerzo, han cursado este doctorado junto conmigo, mis amores... lo hicimos juntos. Son mi mejor motivo. Los amo.

A mi esposo **Rubén Arturo**, por ser mi pareja perfecta, mi mejor amigo, por darme ánimo cuando sentía no poder más, por apoyarme en las decisiones de mi vida, por el amor que me das, te dedico este trabajo porque sin ti, hubiera pasado este proceso con más dificultades. Ahora sí, ¡Lo logramos! Te amo.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por encaminar mi vida al ámbito deportivo, académico y científico y a todos los que directa o indirectamente contribuyeron a que culminara este doctorado, estoy muy agradecida.

A la **Universidad Estatal de Sonora** por guiarme como estudiante en nivel licenciatura, posteriormente maestría y a la par, formarme como docente, para después, darme el apoyo al realizar este estudio doctoral. A todas las personas de los diferentes departamentos que hicieron esto posible, especialmente al **Dr. Huerta**, rector de la Universidad, de quien siempre he recibido su apoyo. Tanto en jefatura de carrera, como ahora en la docencia (especialmente hace unos meses, al solicitar dejar la jefatura de carrera y dedicarme cien por ciento a culminar en tiempo y forma este estudio doctoral). Como me lo dijo, llegué a la meta. Muchísimas gracias por su apoyo.

De igual forma agradezco a la maestra **Olga**, al contador **Amaya** y a los **jefes de carrera** con quienes pase estos 3 años y hacíamos todo por dar lo mejor de nosotros.

Al **PRODEP**, por darme la oportunidad de conocer el ámbito científico deportivo.

A la **Universidad Autónoma de Nuevo León**, especialmente a la **Facultad de Organización Deportiva**, muchas gracias a todo el personal de los diferentes departamentos que siempre estuvieron en la mejor disposición de ayudar.

Eternamente agradecida con la **familia Hernández Rangel**, por acogerme como un miembro más en su familia, por abrirme las puertas de su hogar, por el voto de confianza depositado en mí. A la **Dra. Blanca** por ser mi directora de tesis y al **Dr. Germán** por ser mi co-director, a los dos, por regalarme la oportunidad de aprender que el riguroso proceso científico de una investigación, que lleva implícito esfuerzo y



dedicación, va de la mano con una sonrisa, momentos divertidos y la familia. Que aún dedicados a la investigación se puede llevar un bonito matrimonio. Agradecida con **Ashley** que con su fabulosa rebeldía propia de la edad, espero pacientemente su habitación y siempre estuvo atenta conmigo. Gracias hermosa. Y la pequeña **Laura**, que me hacía ver en su reflejo a mi hija, muy tierna, siempre abrazándome y queriendo jugar, hacía mejores mis días. Gracias princesa.

A la **Dra. Myriam** por ser mi co-directora, apoyarme de principio a fin con la investigación, por velar por los mínimos detalles tan importantes dentro del proceso pero más aún, por su bonita amistad y por enseñarme que en cualquier circunstancia se puede salir adelante.

Al comité de tesis **Dr. Zamarripa, Dra. Castruita, Dr. Ricardo, Dra. Grethel y Dra. Juanita** por acompañarme en este proceso y hacerme ver que siempre se puede mejorar. Muchas gracias.

Sumamente agradecida con el equipo de trabajo encabezado por el **Dr. Germán Myriam, Trini, Raúl, Janeth, Felipe, Lili, Sylvia, Daniela, Berenice y Alejandra** todos completamente comprometidos con la investigación, un honor y un orgullo haber participado con ustedes, definitivamente esto no hubiera sido posible sin su ayuda. Muchas gracias por su apoyo. Fueron una segunda familia para mí. Así también, un agradecimiento al **Dr. Hugo, Dr. Adrian y Azalia**. Tienen su casa en Hermosillo.

También agradezco ampliamente al **equipo de Atletismo de Tigres**, entrenador y atletas, por permitir realizar las mediciones y respetar cada paso de la investigación.

A los profesores del doctorado que directa o indirectamente nos apoyaron en este proceso y nos integraron a ellos como si estuviéramos en Monterrey, a los doctores: **Jeanette López Walle, Armando Cocca, Michaela Cocca, Ricardo López, José Tristán, Rosa Medina y Oswaldo Ceballos**.

A mis compañeros del doctorado, primeramente, a quienes iniciaron con la búsqueda de un posgrado de calidad, el cual nos abrió las puertas a todos para capacitarnos, a los ahora doctores **Roberto y Grethel**, especialmente a esta última quien fue mi apoyo estos tres años, mi conciencia. A **Griego y Marquelia** por estar siempre para mí. A **Marina** por el ánimo tan peculiar que me dio. A **Luis** que ahí estaba echándome porras cuando quería flaquear. A **Pablo, Bebo, Norma, Gómez Infante, Andrés, Jovanny, Héctor y Hernán**, a quienes tuve la oportunidad de conocer mejor.

A los **maestros** de la **Licenciatura en Entrenamiento Deportivo** que mientras estuve en Jefatura de Carrera me apoyaron en todo momento especialmente a **Aurelio** con distancia, **Tere** en tutorías, **Juanito** en prácticas y **Badilla** en servicio social, cada quien haciendo más de lo correspondiente... la lista sería interminable si los menciono a todos, gracias a todos por estar a mi lado en este proceso de mejorar cada día. Así mismo, agradezco a los **alumnos de LED**, con el favor de Dios este logro se verá reflejado en ustedes.

A **Felipe**, actual jefe de carrera de LED (muy agradecida por el relevo). Una persona que sin conocernos, desarrollamos rápidamente una confianza formando un buen equipo de trabajo; por esta confianza depositada en mí, por el apoyo recibido en este tiempo y por darme ánimo para culminar exitosamente este estudio, muchas gracias.

A mi **Doc. Pacillas, Mariza, Lilian, Pablo B y Rodolfo**, de quienes cada uno y en diferente manera he sentido su apoyo en este proceso, muy agradecida.

A la química **Merly** que con paciencia aclaró mis dudas.

A **Claudia, Aby, Caro y Vaca**, quienes me dieron siempre un apoyo excepcional, me escucharon y animaron a culminar.

Un agradecimiento a la vida que me ha tocado vivir, por estar rodeada de personas positivas, de personas que entran en mi camino y me ayudan a dar lo mejor de mí, por acompañarme y permitirme concluir esta etapa de mi vida.

## Resumen

El **objetivo** del presente trabajo fue determinar si la cantidad de antioxidantes en el régimen alimenticio, influye en la respuesta inmune durante la recuperación de atletas varoniles de fondo y medio fondo con ingesta de zarzamora. Se realizó un estudio cuantitativo, experimental, tipo panel. **Metodología:** Participaron 18 atletas del equipo de atletismo de tigres de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se determinó el grupo experimental de 10 atletas, así como también el grupo control de 8 atletas. Se mantuvieron en entrenamiento de base durante dos semanas y una semana de alta intensidad, más 3 días de recuperación. Al grupo experimental se le suministró un jugo rico en antioxidantes provenientes del fruto de la zarzamora; el grupo control consumió placebo. Se tomaron 6 químicas sanguíneas en diferentes tiempos, se midió la variabilidad de la frecuencia cardiaca y se aplicó recordatorio de 24 horas. Se utilizó análisis de varianza ANOVA de un factor consecutivamente un Post hoc de Tukey; así como el test de Friedman seguido de un Post hoc de Wilcoxon. Para la comparación entre grupos se utilizó la prueba *t* de Student para muestras independientes y la U de Mann-Whitney. Para las relaciones entre las variables se utilizó la correlación de Pearson y de Spearman. **Resultados.** Previo a la ingesta de zarzamora ambos grupos presentan homogeneidad en ingesta de antioxidantes como en respuesta inmune. En la etapa de entrenamiento intenso como en la de recuperación se evidencia un aumento en la ingesta de antioxidantes en el grupo experimental respecto al grupo control. Así como también es notoria la presencia de linfocitos en ambos grupos, elevándose más el grupo experimental las primeras 24 horas sin embargo a las 48 horas son más bajas y el grupo experimental continua aumentando, lo que nos puede indicar que la ingesta de zarzamora favoreció a la recuperación. Respecto a la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la actividad simpática presenta una diferencia en el grupo control, reflejando una alteración a la intensidad del entrenamiento, que no presentó el grupo experimental. **Conclusiones.** La presencia del consumo de antioxidantes en la dieta, aminora las reacciones productoras de los radicales libres, lo cual influye positivamente en la respuesta inmune durante la recuperación de atletas varoniles de fondo y medio fondo.

## Abstract

The objective of the present work was to determine if the amount of antioxidants in the diet, influences the immune response during the recovery of male long distance athletes with blackberry ingestion. A quantitative, experimental, panel type study was carried out. **Methodology:** 18 athletes from the Tigers athletics team of the Autonomous University of Nuevo Leon participated in the study. The experimental group of 10 athletes was determined, as well as the control group of 8 athletes. They stayed in basic training for two weeks and one week of high intensity, plus 3 days of recovery. The experimental group was given a drink rich in antioxidants from the fruit of the blackberry; the control group consumed placebo. Six blood chemistries were taken at different times, the variability of the heart rate was measured and the 24-hour food consumption questionnaire was applied. One-way ANOVA variance analysis was used, consecutively a Tukey's Post hoc; as well as the Friedman test followed by a Wilcoxon Post hoc. The Student *t* test for independent samples and the Mann-Whitney U test were used for comparison between groups. For the relationships between the variables the Pearson and Spearman correlation was used. **Results.** Both groups show homogeneity in antioxidant intake as in immune response before eating blackberry. In the intense training stage, as in the recovery phase, an increase in the antioxidant intake in the experimental group with respect to the control group is evidenced. As well as the presence of lymphocytes in both groups is noticeable, the experimental group rises more the first 24 hours, however at 48 hours they are lower and the experimental group continues to increase, which may indicate that the blackberry intake favored to recovery. Regarding the variability of the heart rate, the sympathetic activity presents a significant difference in the control group, this alteration reflects the effect of training intensity, which did not significantly present the experimental group. **Conclusions.** The presence of antioxidants in the diet decreases the reactions producing free radicals, which positively influences the immune response during the recovery of male long distance athletes.

## Tabla de contenidos

Introducción.....	11
Capítulo I. Fundamentos teóricos.....	19
<b>Atletismo</b> .....	19
<b>Entrenamiento deportivo</b> .....	19
<b>Carga de entrenamiento</b> .....	20
<b>Adaptación a la carga</b> .....	22
<b>Formas de medir la adaptación</b> .....	23
<b><i>Variabilidad de la frecuencia cardiaca</i></b> .....	24
<b>Sistema inmunológico</b> .....	26
<b>Tipos de células</b> .....	27
<b>Glóbulos blancos</b> .....	28
<b>Respuesta innata</b> .....	30
<b>Respuesta humoral</b> .....	30
<b>Inmunidad y alto rendimiento</b> .....	31
<b>Proceso inflamatorio</b> .....	31
<b>Sistema nervioso</b> .....	33
<b>Sistema endocrino</b> .....	34
<b>Homeostasis corporal</b> .....	38
<b>Marcadores biológicos en el deporte</b> .....	46
<b>Biometría hemática</b> .....	48
Capítulo II. Fundamentos metodológicos.....	53
<b>Variables implicadas e instrumentos</b> .....	55
<b>Relación de métodos y técnicas con remisión a instrumentos</b> .....	55
<b>Explicación pormenorizada de aplicación de métodos</b> .....	61
Capítulo III. Resultados.....	69
Capítulo IV. Discusión.....	108
Determinar la respuesta inmune y la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio en atletas previo a la ingesta de zarzamora. Primer Objetivo..	108

Efecto de la ingesta de zarzamora en la respuesta inmune producida por un entrenamiento de alta intensidad y durante el proceso de recuperación. Segundo Objetivo .....	109
Control del estrés físico producido por el entrenamiento a través de la vía simpática y para simpática. Tercer Objetivo.....	112
Relación de la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio con la respuesta inmune durante el proceso de recuperación de atletas con ingesta de zarzamora. Cuarto Objetivo.....	113
Conclusiones.....	114
Referencias bibliográficas .....	115
Anexos .....	126
Anexo 1. Consentimiento Informado padres .....	126
Anexo 2. Consentimiento Informado atletas.....	127
Anexo 3. Recordatorio 24 horas.....	128
Anexo 4. Autorización de análisis clínicos.....	130

## Índice de Tablas

Tablas		Pág.
1	Composición química de la zarzamora	41
2	Protocolo de investigación	55
3	Caracterización de los sujetos	69
4	Características por grupo	70
5	Respuesta inmune previo a la ingesta de zarzamora	85
6	Consumo de antioxidantes en ingesta habitual	86
7	Correlación de marcadores del sistema inmunológico e ingesta de antioxidantes	107



**Índice de Figuras**

Figura		Pág.
1	Toma de muestra de sangre	48
2	Mezclador	49
3	Analizador hematológico	50
4	Réplica de alimentos	52
5	Sujetos en comedor	53
6	Prueba de esfuerzo	54
7	Sujetos recibiendo indicación de entrenamiento	56
8	Sujetos en entrenamiento	56
9	Sujetos en estiramiento	57
10	Sujetos en toma de VFC antes de entrenamiento	57
11	Sujetos en toma de VFC después de entrenamiento	58
12	Sujetos en ingesta de jugo	59
13	Comportamiento de eritrocitos grupo control	63
14	Comportamiento de eritrocitos grupo experimental	64
15	Comportamiento de hemoglobina grupo control	65
16	Comportamiento de hemoglobina grupo experimental	66
17	Comportamiento de hematocrito grupo control	67
18	Comportamiento de hematocrito grupo experimental	68
19	Comportamiento de plaquetas grupo control	69
20	Comportamiento de plaquetas grupo experimental	70
21	Comportamiento de V.C.M grupo control	71
22	Comportamiento de V.C.M grupo experimental	72
23	Comportamiento de H.C.M grupo control	73
24	Comportamiento de H.C.M grupo experimental	74
25	Comportamiento de C.H.C.M grupo control	75
26	Comportamiento de C.H.C.M grupo experimental	76
27	Diferencias de ingesta antioxidante	79
28	Diferencia de ingesta de vitamina C	80

29	Diferencia de ingesta de vitamina E	80
30	Comportamiento de leucocitos por tomas	81
31	Comportamiento de leucocitos entre grupos	82
32	Comportamiento de linfocitos por tomas	83
33	Comportamiento de linfocitos entre grupos	84
34	Comportamiento de monocitos por tomas	85
35	Comportamiento de monocitos entre grupos	86
36	Comportamiento de neutrófilos por tomas	87
37	Comportamiento de neutrófilos entre grupos	88
38	Comportamiento de rMSSD grupo control	89
39	Comportamiento de rMSSD grupo experimental	90
40	Comportamiento de SD1 grupo control	91
41	Comportamiento de SD1 grupo experimental	92
42	Comportamiento de SD2 grupo control	93
43	Comportamiento de SD2 grupo experimental	94
44	Comparación de SD2 grupo control	95
45	Comparación SD2 grupo experimental	96
46	Comportamiento SD2 entre grupos	97

## **Introducción**

El atletismo es considerado por el Comité Olímpico Internacional como el deporte organizado más antiguo del mundo, este deporte cuenta con diferentes variantes como saltos, lanzamientos y carreras; estas últimas de velocidad, medio fondo y fondo. Las carreras de fondo y medio fondo consisten en correr distancias a pie que van desde los 800 metros hasta los 3000 mil metros para el medio fondo y de 3000 metros en adelante para carreras de fondo (Martín y Coe, 2007). La presente investigación se llevó a cabo en aquellos deportistas enfocados al atletismo de fondo y medio fondo, quienes requieren de dedicación, capacidad y esfuerzo para lograr soportar las cargas de entrenamiento.

La carga de entrenamiento correctamente distribuida en los componentes de la preparación que atiende los principios del entrenamiento deportivo, tomando en cuenta las áreas técnico-táctico, psicológico, teórico y demás aspectos relacionados a la planificación del entrenamiento, deben estar orientados a la superación y a la eficacia del entrenamiento para lograr incidir en el rendimiento deportivo esperado (Padilla, 2017).

En el proceso de entrenamiento, el entrenador otorga al atleta los ejercicios planificados llamados como carga externa, éstos generan una respuesta en el organismo llamada carga interna (Turner, 2011).

Al realizar alguna actividad deportiva la el organismo mediante la carga interna produce respuestas inmunológicas, estas dependen de la intensidad de la actividad deportiva, la duración y la frecuencia. Cuando el organismo recibe cargas extenuantes de trabajo, se posibilita la entrada a enfermedades infecciosas, ya que se altera el comportamiento del sistema inmunológico (Gleeson, 2013; Nieman, 2000).

Durante el entrenamiento, sobretudo en deportes de ejercicio prolongado, en las etapas de alta intensidad y competencias, los entrenadores tienen como prioridad

prevenir la enfermedad de los atletas ya que debido a la carga interna percibida, el organismo se encuentra comprometido y pueden sufrir principalmente enfermedades del tracto respiratorio (West, Pyne, Peake y Cripps, 2009).

El sistema inmunológico comprende los mecanismos fisiológicos de defensa que ayudan a resistir las infecciones (Iwasaki, 2015), creando una red compleja que protege al organismo. Las actividades con intenso trabajo prolongado pueden formar un aumento en la incidencia de las enfermedades respiratorias, así como otro tipo de infecciones, influyendo negativamente en el sistema inmunológico rompiendo la homeostasis corporal (Gleeson, 2014; Nieman, 2000).

Es por ello que es de vital importancia prevenir enfermedades y detectar sobreentrenamiento, realizando un control del entrenamiento de manera sistematizada y lo más científicamente posible, en busca de mejorar la planificación para cada etapa y lograr con ello el rendimiento deportivo (Gutierrez et al., 2010).

El rendimiento deportivo cada vez es más competitivo y la alta exigencia que existe y continua gradualmente creciendo con mayor rigurosidad, nos lleva a la necesidad de controlar el proceso de adaptación a las cargas de entrenamiento recibidas por los atletas (Urdampilleta, Martínez-Sanz y Lopez-Grueso, 2013), es por ello que existen investigaciones relacionadas a la respuesta inmune respecto a ciertas etapas del entrenamiento o competencia (Peinado et al., 2012; Pérez, Rangel, Hernández, Aguirre y Chávez, 2014; Rangel, Hernández, Ochoa y Salas, 2011; Zapico, Benito, Díaz, Ruíz y Calderón, s/f), las cuales consideran importante conocer la adaptación al sistema inmunológico como respuesta a las cargas de entrenamiento y la influencia que tienen los antioxidantes en este proceso, así como la importancia del cuidado de la salud de cada atleta (Lepers, Knechtle y Stapley, 2013).

La salud depende del sistema inmunológico, las especies reactivas de oxígeno comúnmente llamadas ROS y las especies reactivas de nitrógeno (RNS), juegan un papel muy importante en la regeneración celular; las ROS son un conjunto de

moléculas reactivas producidas en algunos procesos metabólicos en los que participa el oxígeno, en ellas se encuentran los radicales libres. Al ser especies reactivas pueden producir efectos dañinos sobre las células. Con el fin de evitar estos daños, las células utilizan diferentes mecanismos de eliminación o transformación de ROS como la vitamina C. Las RNS actúan en conjunto con las ROS en el daño celular provocando estrés. El organismo con niveles moderados de ROS/RNS funcionaría promoviendo la supervivencia, caso contrario, induciría a la muerte celular. Las alteraciones producidas en el sistema inmunológico afectan el rendimiento deportivo (Trachootham, Lu, Ogasawara, Rivera-Dale Valle y Huang, 2008).

Muñoz y colaboradores en su escrito “Ejercicio físico y estrés oxidativo” mencionan que a consecuencia de la adaptación al entrenamiento de sujetos entrenados sujetos muestran una capacidad antioxidante mayor que los sujetos no entrenados (Muñoz et al., 2010).

En el marco del **planteamiento del problema** de la investigación se considera que el ejercicio intenso provoca cambios inmunológicos similares a traumatismos, quemaduras, cirugías, sobre todo cuando un cuerpo trabaja intensamente durante 20 años en busca del éxito deportivo (Lancaster y Febbrario, 2016). Sobre la importancia de proteger estos cambios inmunológicos, ha surgido en los últimos años la inmunonutrición, siendo utilizada como concentraciones mayores a la ingesta normal de algunos nutrimentos específicos, mejora la función inmunitaria (Crabtree, 2010). Sin embargo, se necesita mayor fundamentación científica que avale el uso de cada nutrimento para cada caso específico.

El resultado del estudio de suministro de antioxidante de zarzamora (Niloofari, 2014) menciona como previene el daño inducido por el ejercicio y el mantenimiento de la salud, sin embargo, enfatiza que determinar el impacto real de esta fruta requiere una investigación más exhaustiva propiamente de la zarzamora como apoyo en la nutrición de atletas en campo real de entrenamiento.

Por lo anterior mencionado, en esta investigación nos hemos planteado determinar si la ingesta controlada de antioxidantes en el proceso de entrenamiento de atletas de fondo y medio fondo, influye sobre la respuesta inmune.

Dentro de la **justificación** de este documento, partiremos de que existen investigaciones realizadas las cuales demuestran en sus resultados que los marcadores biológicos, han sido indicadores útiles al observar la adaptación al entrenamiento (Gleeson, 2014; Iwasaki, 2015; Kylosov, 2009; Peinado et al., 2012; Pérez, Rangel, Hernández, Aguirre y Chávez, 2014; Rangel, Hernández, Ochoa y Salas, 2011), en su mayoría en condiciones de laboratorio y con atletas masculinos.

En el presente proyecto, se busca brindar información al entrenador deportivo sobre las adaptaciones del sistema inmunológico que sufren los atletas a su cargo, con el objetivo de que realice mejoras en la planificación de las cargas en futuros entrenamientos, principalmente en deportes de resistencia tales como el ciclismo, la carrera, el remo, entre otros, así como en personas amantes del deporte y la salud de los individuos; también, realzar la importancia de la nutrición en las diferentes etapas del entrenamiento; en la actualidad, identificamos que el éxito deportivo radica en la planificación multidisciplinaria de todos los objetivos del entrenamiento deportivo (Subiela, 2011).

Es por ello que creemos que a largo plazo nuestro estudio puede ser un aporte a la comunidad científica en el ámbito deportivo; ya que es importante conocer las diferencias de la adaptación del sistema inmune en los atletas, consumiendo una ingesta rica en antioxidantes en comparación con los que no; con esto, pretendemos lograr mejores resultados y cuidar la salud de nuestros atletas.

El atleta de alto rendimiento con el objetivo de conseguir el logro deportivo y así poder alcanzar marcas hacia la clasificación de competencias y obtención de medallas, son sometidos por los entrenadores a entrenamientos extenuantes y en ocasiones sin un control de la planificación (Palacios, 2015), o peor aún, sin considerar las

adaptaciones que el mismo organismo de los atletas va desarrollando en el transcurso del entrenamiento.

Con el objetivo de apoyar ese logro deportivo, hoy por hoy, la nutrición juega un papel muy importante, en México es escasa la información con la que se cuenta respecto a la administración de una dieta rica en antioxidantes durante el entrenamiento deportivo y la influencia que este apoyo pueda tener sobre el sistema inmunológico. Por tal motivo, nuestro interés es evaluar la influencia de una ingesta rica en antioxidantes provenientes de la zarzamora en la respuesta inmune en atletas universitarios varoniles de fondo y medio fondo.

Es comúnmente conocido que las cargas de entrenamiento intenso desatan efectos negativos tanto en la salud como en el rendimiento deportivo, resaltando la sobrecarga muscular, apremiando la fatiga y retardando la recuperación; esto se debe a un exceso de radicales libres que como mencionábamos anteriormente, son moléculas altamente reactivas y en consecuencia desorganiza las membranas celulares del organismo. Ante la presencia de ellos, el organismo debe neutralizarlos y defenderse para evitar lesiones.

Para amortiguar el efecto perjudicial de los radicales libres y apoyar al cuerpo en su salud y en la mejora del rendimiento, se aumentó la presencia de antioxidantes provenientes de la zarzamora para determinar si la ingesta controlada de antioxidantes dentro del proceso de entrenamiento de atletas varones universitarios de fondo y medio fondo, influye sobre la respuesta inmune.

Lo antes mencionado nos lleva a preguntarnos, ¿Cuál es el efecto de una ingesta rica en antioxidantes sobre la respuesta inmune durante el entrenamiento de atletas varones universitarios de fondo y medio fondo? Para responder a dicha pregunta se expresa la forma en que se realizó la investigación.

El nivel de investigación es tipo cuantitativa experimental ya que es medible y el diseño considera dos grupos, uno experimental y uno control, con línea base; es de un alcance descriptivo correlacional puesto que el propósito es relacionar diferentes variables. El diseño de esta investigación es de tipo panel, pues la muestra es la misma en todos los tiempos (Hernández, 2014).

El lapso establecido para la implementación del protocolo fue de tres semanas y un día; durante este tiempo manejamos la zarzamora de lunes a viernes en forma de jugo al grupo experimental, mientras que al grupo control se le otorgaba un placebo de color rojo. Se realizó la primera toma de muestra sanguínea (Pre) antes de iniciar la ingesta de antioxidantes provenientes del fruto de zarzamora para el grupo experimental y placebo para el grupo control; a continuación se inició con las dos semanas de entrenamiento de base y la ingesta de zarzamora o placebo según el grupo, al culminar la segunda semana se efectuó la toma de muestra sanguínea número dos (M1); posteriormente se inició con una semana de entrenamiento intenso, y al finalizar la semana se llevó a cabo la tercera toma de muestra sanguínea (M2); se continuó con la ingesta del jugo para el grupo experimental durante el tiempo de recuperación hasta culminar con las tomas posteriores, las cuales se realizaron a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso. Cabe mencionar que durante las tres semanas se monitoreo la variabilidad de la frecuencia cardiaca; así como el recordatorio de 24 horas.

En el presente escrito encontraremos una estructura compuesta por tres apartados: tabla de contenidos, texto y referencias; siguiendo el orden, el primero consta del índice, donde recoge los bloques principales y da una noción más clara del documento.

El segundo expresa la introducción con el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos de la investigación y la hipótesis, en general se habla del porqué de la investigación, los motivos que nos incitaron a realizarla y que estábamos buscando. Así como del cuerpo de la obra donde se hace referencia a la



fundamentación teórica y metodológica, fragmentado en entrenamiento deportivo con sus respectivas divisiones sobre la carga al mismo, se habla también del sistema inmunológico y la inmunonutrición, que es cada uno de ellos y como esta investigación se basa en las que la anteceden, de igual forma se comenta la importancia de mantener la homeostasis corporal donde se ven inmersos los sistemas del organismo y como responde a los estímulos del entrenamiento. Culmina este apartado con los marcadores biológicos considerados necesarios para la realización de esta investigación.

Por último se cuenta con un apartado de referencias donde encontraremos la revisión realizada en la cual nos basamos para sustentar nuestro documento.

En base a los criterios antes mencionados, nos planteamos como objetivo general, determinar si la cantidad de antioxidantes en el régimen alimenticio, influye en la respuesta inmune durante la recuperación de atletas varoniles de fondo y medio fondo con ingesta de zarzamora. Dicho objetivo se logró gracias al seguimiento de los objetivos específicos:

1. Determinar la respuesta inmune y la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio en atletas previo a la ingesta de zarzamora.
2. Evaluar el efecto de la ingesta de zarzamora sobre la respuesta inmune producida por un entrenamiento de alta intensidad y durante el proceso de recuperación.
3. Controlar el estrés físico producido por el entrenamiento a través de la vía simpática y para simpática.
4. Relacionar la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio con la respuesta inmune durante el proceso de recuperación de atletas con ingesta de zarzamora.

Para el logro del objetivo general de la investigación nos hemos trazado los siguientes objetivos metodológicos:

1. Determinar con base a publicaciones previas, la cantidad de alimento rico en antioxidantes y la forma de administración.
2. Seleccionar la zarzamora para enriquecer la dieta en el grupo experimental.
3. Seleccionar a los atletas del estado de Nuevo León que participaran en nuestro estudio, dividiendo de manera aleatoria grupo experimental y control.
4. Realizar las gestiones necesarias para obtener permisos de la realización de la investigación.
5. Explicar al entrenador y atletas los procedimientos que se llevarán a cabo, así como obtención de la firma en la carta de consentimiento informado.
6. Determinar el periodo de entrenamiento en que se llevará a cabo la implementación de una ingesta rica en antioxidantes.
7. Realizar un expediente clínico nutricional para cada participante.
8. Monitorear la ingesta de 24 horas para conocer los nutrientes en ambos grupos durante el protocolo de investigación.
9. Evaluar los niveles de la respuesta inmunológica previa a la ingesta de zarzamora (Pre).
10. Evaluar la respuesta inmunológica durante las tres semanas con las tomas de la M1 a la toma de 72 hrs después del entrenamiento intenso.
11. Controlar la carga interna y externa de los entrenamientos.
12. Analizar los resultados obtenidos en los dos grupos examinados.

La hipótesis que nos planteamos es:

H1: La ingesta de antioxidantes durante el proceso de entrenamiento y recuperación, tendrá un efecto positivo en la respuesta inmune de los atletas del grupo experimental en comparación con el grupo control.

## **Capítulo I. Fundamentos teóricos**

### **Atletismo**

El atletismo, conocido también como la más antigua de las prácticas deportivas, se desarrolló organizadamente en los Juegos Olímpicos griegos a partir del 776 antes de nuestra era; comprendía lanzamientos, carreras, saltos y lucha. En la actualidad se divide en carreras planas de velocidad, medio fondo, fondo y maratón; carreras con obstáculos, relevos, marcha; lanzamientos de disco, jabalina, martillo y bala; así como saltos de altura, longitud, triple y garrocha; también cuenta con pruebas combinadas como el decatlón y heptatlón (Mazzeo y Mazzeo, 2008).

Las pruebas de medio fondo cubren distancias de los 800 a los 3000 metros, las pruebas olímpicas son de 800 y 1500 metros. Los atletas de medio fondo regulan su velocidad ya que es una prueba rápida. Las pruebas de fondo son distancias superiores a los 3000 metros; las carreras oficiales son las distancias de 5000 y 10000 metros. Los atletas participantes en estas pruebas deben de mantener una buena condición basada en el entrenamiento (Mazzeo y Mazzeo, 2008).

### **Entrenamiento deportivo**

El entrenamiento deportivo evoluciona constantemente, desde sus inicios a la fecha diversos autores han modificado el significado del mismo, en la actualidad podemos entender al entrenamiento deportivo como un proceso planificado, complejo, en el cual se organizan cargas de trabajo que aumentan progresivamente, con las cuales se envían estímulos al organismo trabajando los procesos fisiológicos logrando la supercompensación, favoreciendo el desarrollo de las capacidades y cualidades físicas, con el objetivo de obtener el mejor rendimiento posible (Bompa, 1999; Martín, 2010; Weineck, 2005).

El ejercicio como hábito, genera un estilo de vida saludable, ya que reduce riesgos de enfermedades, mejora la capacidad de consumo de energía, aumenta la

masa muscular. Sin embargo, el ejercicio extenuante lleva a la fatiga muscular, al agotamiento y al daño muscular (Aoi, 2013).

Para el logro del objetivo de rendimiento deportivo, no siempre más es mejor, debe cumplir con un control adecuado de las cargas (Campos, 2001). Este proceso en donde el deportista es sometido a cargas de entrenamiento provoca en los atletas una fatiga controlada, si ésta se sobrelleva con su respectivo lapso de recuperación, se logrará la mejora del rendimiento deportivo (Weineck, 2005), si no es así, puede quedarse por debajo o sobrepasar los límites de la capacidad del individuo (López, 2006), por ello es importante conocer la carga de entrenamiento.

### **Carga de entrenamiento.**

La dosificación de la carga de entrenamiento es inevitablemente responsabilidad del entrenador, si la dosis aplicada es la correcta se fortalece la salud y mejora el rendimiento (Subiela, 2011), si éste se equivoca se verá mermada la salud y el rendimiento deportivo. La forma en que se logran las transformaciones adaptativas en el organismo, su orientación y el nivel de adaptación que se da con el entrenamiento, están condicionadas por el carácter, magnitud y orientación de las cargas utilizadas (Platanov, 2001).

La carga se define como la totalidad de estímulos de movimientos efectuados sobre el organismo (Zintl, 1991). También como la cantidad de trabajo hecha, su efecto sobre el cuerpo y el efecto psicológicamente percibido del deportista (Siff y Verkhoshansky, 2004) o como la cantidad de efectos que unos determinados ejercicios corporales tienen sobre el estado funcional del organismo (Pavlovich, 2001). Tomando en cuenta las definiciones, podemos decir que la carga de entrenamiento son los estímulos ejercidos sobre el organismo, a través de ejercicios físicos que producen efectos sobre el mismo, los cuales deben de estar dosificados para el mantenimiento de la salud y la mejora del rendimiento deportivo.

La intensidad del estímulo es un factor decisivo para el efecto del entrenamiento, la densidad del estímulo es la relación temporal entre las fases de la carga y la recuperación; la duración del estímulo es el tiempo que dura la actividad de un estímulo o series de estímulos; el volumen es la duración y número total de estímulos en un entrenamiento; y la frecuencia de estímulo es el número de entrenamientos por día o semana. Tomando en cuenta que la carga está en función de los objetivos, medios y métodos del entrenamiento (Bompa, 1999).

La distribución sistematizada de la carga de entrenamiento dividida en periodos y etapas se le llama periodización (Mazon, 2013). Debido a que la carga es toda actividad que realiza el atleta en su entrenamiento, y nos conducirá a otros aspectos, como lo vimos anteriormente, debemos atender también los conceptos de supercompensación y el de sobreentrenamiento.

La supercompensación es uno de los principios del entrenamiento deportivo (Hartmann y Tünnemman, 1996), se encarga de la adaptación del organismo al entrenamiento y radica en que cuando el deportista es sometido al estímulo, el organismo de éste se altera e inicia la fatiga reduciendo la capacidad funcional del atleta; cuando finaliza el esfuerzo realizado por el atleta para llevar a cabo la actividad, el organismo se encarga de activar los mecanismos para regresar a su capacidad original; aun cuando se logra esa recuperación, los mecanismos siguen trabajando aumentando la capacidad funcional del organismo y preparándolo para el siguiente estímulo; de acuerdo al estímulo recibido se pudieran obtener lo siguiente:

- Si el organismo después de una carga, logra la recuperación y se tiene un largo periodo de descanso entre un estímulo y otro, no existirá efecto del trabajo en la supercompensación y no habrá mejoría (Hartmann y Tünnemman, 1996).
- Si el estímulo siguiente coincide con la supercompensación, se logrará una supercompensación adicional, aumentando la capacidad funcional (Hartmann y Tünnemman, 1996).

- Si el periodo de descanso es corto y no alcanza la supercompensación antes del siguiente estímulo, se producirá la fatiga (Hartmann y Tünnemman, 1996).
- Y por último, si entre un estímulo y otro se tiene largas pausas, se llegará al estancamiento (Hartmann y Tünnemman, 1996).

La carga de entrenamiento desencadena un proceso de adaptación; el aplicar un estímulo produce una alteración en el equilibrio del organismo y provoca la fatiga por tanto, la capacidad de trabajo disminuye, entonces viene el descanso para después aplicar otro estímulo; éste nuevo estímulo da pie a la supercompensación que busca una mayor capacidad de trabajo o sea, la posibilidad de obtener un nivel más alto de la carga normal; sin embargo, si este estímulo es producido antes de la supercompensación pudiera llegar el sobreentrenamiento.

Entendemos por sobreentrenamiento un desequilibrio en la adaptabilidad del organismo (Mercado, 2014), una adaptación con éxito implica procesos de supercompensación llevando a nivel superior la funcionalidad del cuerpo, por lo tanto una mala adaptación, agota las reservas y no permite a los mecanismos lograr la homeostasis induciendo al agotamiento, si este desequilibrio se acumula y permanece, se llega al sobreentrenamiento, para evitar esto, es importante conocer a fondo el proceso de adaptación.

### **Adaptación a la carga.**

En la actualidad, el proceso de adaptación tiene que ser visto desde una manera multidisciplinaria, donde en cualquier caso, la adaptación es el proceso que sufre el organismo al adecuarse a las nuevas condiciones presentadas (Feriche y Delgado, 2003), esto lo lleva a cabo en busca de mantener la homeostasis. El monitoreo de la carga de entrenamiento puede ser un factor clave para las adaptaciones en la planificación de entrenamientos de atletas de elite (Roos, 2013).

El proceso adaptativo puede ser: anatómico, bioquímico, funcional y psicológico. La adaptación es esencial para inducir cambios en el organismo con el objetivo de lograr las metas trazadas y conseguir el máximo rendimiento deportivo. De este modo la adaptación deportiva la podemos clasificar en: adaptaciones genéticas y extragenéticas, donde las adaptaciones genéticas son estables y conciernen a la especie y no al individuo; por otro lado, las adaptaciones extragenéticas competen al individuo, son entrenables aunque limitadas por el genotipo y distingue dos tipos: la adaptación aguda y la crónica (Weineck, 2005).

La adaptación aguda es la alteración inmediata al ejercicio como ejemplo podemos ver aumento y regularización de la frecuencia cardiaca, enrojecimiento de la piel, aumento de la frecuencia respiratoria; la adaptación crónica es la transformación permanente que produce el entrenamiento, su principal función es optimizar los sistemas energéticos del organismo para obtener el máximo rendimiento. Ambas adaptaciones están comprometidas una con la otra, ya que los comportamientos de la primera dependen del dinamismo de la segunda, entre las dos, como respuesta a las cargas de entrenamiento logran un efecto acumulativo en el proceso del entrenamiento (Viru y Viru, 2003).

El entrenamiento busca elevar los niveles en la resistencia celular, logrando la homeostasis e incitar al organismo a tolerar mayores cargas (Feriche y Delgado, 2003), en busca de mantener esta homeostasis corporal es necesario medir la adaptación.

### **Formas de medir la adaptación.**

El rendimiento deportivo cuenta con indicadores como apoyos para comprobar el desarrollo de las funciones físico, psíquico, técnico y táctico de cualquier habilidad deportiva, basándose en los aspectos técnicos deportivos, psicológicos, fisiológicos, bioquímicos y antropométricos que arrojan datos para llevar un control del entrenamiento (Viru y Viru, 2003).

Dentro del control psicológico podemos encontrar: autoconfianza, focalización de la atención, control de ansiedad, entre otros (Gimeno, Buceta y Pérez-Llantada, 2007); los valores técnicos deportivos son abordados desde el área de la eficiencia de la técnica, costo energía, etc.; en el aspecto antropométricos se consideran generalmente, somatotipo, masa grasa, masa magra, ósea y residual; dentro del área de las mediciones bioquímicas podemos mencionar en sangre: urea, creatin kinasa, cortisol, testosterona y por último en las mediciones fisiológicas se cuenta con el umbral aeróbico, anaeróbico y consumo máximo de oxígeno (Viru y Viru, 2003).

Uno de los métodos más utilizados para medir la adaptación al entrenamiento es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC): Variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido en un análisis de períodos cardíacos consecutivos. La VFC es un coeficiente que refleja la regularidad de la actividad del corazón (Rodas, 2008).

#### ***Variabilidad de la frecuencia cardíaca.***

La VFC se refiere a las variaciones dinámicas y rítmicas en el ritmo cardíaco que refleja la cualidad de la función cardiovascular autónoma (Rodas, 2008). Como también a la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido en un análisis de períodos cardíacos consecutivos. La VFC es un coeficiente que refleja la regularidad de la actividad del corazón (Plews, 2012), por medio del cual se puede observar el SNA tanto simpático como parasimpático; el grado de VFC nos ofrece información sobre el control que tiene el SNA sobre el funcionamiento del corazón. Una recuperación tardía de la presión arterial se asocia con riesgo de problemas cardíacos (Weber, 2010).

La VFC es una manera de medir los cambios naturales del latido a latido del ritmo cardíaco. El análisis de la VFC o de los ritmos cardíacos es un medio potente y no invasivo de medición de la función neurocardíaca que refleja las interacciones corazón-cerebro y la dinámica del sistema nervioso autónomo, se define como la



variación de la frecuencia del latido cardiaco durante un intervalo de tiempo definido, no mayor a 24 horas (Rodas, 2008).

El sistema nervioso autónomo es extensivo y participa en la función de cada órgano. Las manifestaciones químicas de las disfunciones autonómicas se observan en todas las enfermedades. Habitualmente la manera de medir la VFC es a través de un electrocardiograma detectando las ondas R y calculando el tiempo entre las diferentes ondas R consecutivas o intervalo RR; Una medida de frecuencia cardiaca de 60 pulsaciones por minuto, no significa que el intervalo entre latidos del corazón sucesivos sea exactamente de 1.0 segundos cada latido, sino que pueden fluctuar entre 0.5 segundos y 2.0 segundo; hoy por hoy, se realizan tomas con equipos portátiles inalámbricos Polar; miden fiablemente la VFC (Cervantes, 2009; De Saa, 2009).

Para el análisis de la VFC existen diferentes métodos que arrojan algunos parámetros. Estos métodos incluyen las áreas de medición de dominio de tiempo y dominio de frecuencia (Valentini, 2009). Los indicadores de dominio de tiempo aportan entre otros, la medida de los intervalos R-R y reflejan la actividad parasimpática e incluye la raíz cuadrada de las diferencias de intervalos sucesivos (rMSSD; Naranjo, 2015). La rMSSD mide la modulación parasimpática de la frecuencia cardiaca. El diagrama de Poincaré convierte los intervalos de R-R en patrones geométricos unidos por puntos, permitiendo con ello la evaluación de la VFC; cuantitativamente se obtienen los indicadores SD1 y SD2 (De Rezende Barbosa, 2015).

Al realizar ejercicio se eleva la FC y baja la VFC, debido al incremento de la actividad nerviosa simpática y disminuye la modulación vagal del corazón (Ramos-Campo, 2016).

Conocer el comportamiento de la VFC diaria y utilizarla es potencializarla como apoyo en la medición; A largo plazo, el monitoreo de la VFC puede resultar un

sistema factible para apoyar el rendimiento (Boullosa, 2012). Se ha mostrado que la medición de la VFC en atletas es utilizada para la prescripción del ejercicio (Plews, 2012).

Es de suma importancia medir la relación entre carga-adaptación de nuestros atletas para conocer el desarrollo de las cualidades físicas en cada una de las fases del proceso de entrenamiento y lograr un óptimo rendimiento, si trabajamos con su VFC pudiéramos conocer un posible síndrome de sobreentrenamiento (Álvarez-Herms, 2012) en este caso, estaríamos a tiempo de cuidar su salud y no afectar su sistema inmunológico.

### **Sistema inmunológico**

Entendemos por inmunidad la capacidad del organismo para combatir a los microorganismos y agentes extraños que intentan dañar los tejidos y órganos (Viru y Viru, 2003). Los mecanismos fisiológicos que confieren al organismo la capacidad de registrar agentes extraños a éste, forman parte del sistema inmune; donde soporta a las moléculas propias y se defiende contra las extrañas.

El sistema inmunológico está compuesto por una red de células, tejidos y órganos que juntos colaboran para cuidar la salud del organismo. Las células mencionadas son glóbulos blancos (leucocitos) de dos tipos básicos (granulocitos y agranulocitos), que a su vez se subdividen para proteger al organismo de agentes patógenos externos; todas las células y componentes especializados del sistema inmunológico protegen al organismo de enfermedades. A este cuidado se le llama inmunidad pudiendo ser innata, adquirida o pasiva (Viru y Viru, 2003).

Desde que nacemos tenemos una inmunidad innata, una protección general que incluye las barreras externas del cuerpo como la piel, membranas mucosas, siendo la primera defensa evitando que las enfermedades ingresen al organismo. La respuesta innata se desencadena cuando los microbios son identificados por receptores que reconocen patrones de comportamiento celular o cuando las células

estresadas envían señal de alarma. La inmunidad adquirida se va creando poco a poco con la actividad de linfocitos mientras nos exponemos a enfermedades o se inmuniza contra ellas con la vacunación. Por último, la inmunidad pasiva se transfiere de la inmunidad activa, en forma de anticuerpos de forma natural cuando los anticuerpos maternos son transferidos al feto a través de la placenta. La inmunidad pasiva es por corto tiempo y el organismo no desarrolla memoria, por lo tanto puede ser infectado por el mismo organismo posteriormente. Dado que el sistema inmunológico se compone de diversas células, es importante conocer los tipos de éstas.

### **Tipos de células.**

De acuerdo con López y Fernández en el 2006, el sistema inmunológico se constituye por los siguientes componentes celulares: linfocitos, células asesinas naturales (NK) y células accesorias.

- Linfocitos: Son los leucocitos de menos tamaño, reaccionan frente a agentes extraños y son los encargados de la inmunidad específica o adquirida.
- Células NK: Su característica principal es reconocer y lisar diferentes tipos de células, tanto patológicas como normales, sin sensibilización previa. Son células con actividad agresora natural.
- Células accesorias: Aparecen dispersas en el organismo con diferencias tisulares. Se caracterizan por su actividad fagocítica y por su capacidad de presentar antígenos a linfocitos T.

Debido a lo anterior, es básico conocer las células encontradas en sangre como lo son los glóbulos blancos.

**Glóbulos blancos.**

Los glóbulos blancos, son células móviles encontradas en la sangre, también llamados leucocitos, son células sanguíneas que se originan en la médula ósea (Viru y Viru, 2003). Conforman el sistema inmunitario y permite combatir las infecciones al defender al organismo de factores externos como bacterias o virus. Es decir, intervienen y participan de forma muy activa en la defensa del organismo contra agentes o sustancias extrañas. También intervienen durante reacciones alérgicas.

Estas células se encuentran en la sangre, los ganglios, el bazo, las amígdalas, las adenoides y en la linfa. El número de leucocitos presentes en el organismo es de 4.000 a 10.000/mm<sup>3</sup>. Cuando sobrepasa la cantidad de 10.000/mm<sup>3</sup> se le llama hiperleucocitosis y cuando la cantidad es inferior a 4.000/mm<sup>3</sup> se le conoce como leucopenia.

Existen 3 tipos de glóbulos blancos: los polinucleares, los linfocitos y los monocitos. Dentro de los polinucleares contamos con los neutrófilos, basófilos y eosinófilos (Sergeyevich, 2001).

- Neutrófilos, de tipo granulocito, es el más abundante en la sangre del ser humano. Su periodo de vida es corto y su función principal es la de fagocitosis de hongos y bacterias.
- Basófilos, el menos abundante en la sangre, son los responsables del comienzo de la respuesta alérgica, a través de la liberación de histamina y serotonina en bajas concentraciones.
- Eosinófilos, derivado de la médula ósea, antes de migrar a los tejidos tienen una vida media en la sangre de 3 a 4 días. Son responsables en la patogénesis de las enfermedades alérgicas y la muerte de parásitos.

- Linfocitos T: algunas veces llamadas células T, son otro tipo de células inmunológicas. Los linfocitos T no producen anticuerpos moleculares. Atacan directamente antígenos extraños como virus, hongos, tejidos trasplantados y actúan como reguladores del sistema inmunológico.
- Linfocitos B: Son también conocidas como células B, su función principal es producir anticuerpos (también llamados inmunoglobulinas o gammaglobulinas). Se desarrollan de células primitivas (células madre) en la médula ósea. Cuando maduran, los linfocitos B se encuentran en la médula ósea, nodos linfáticos, bazo, ciertas áreas del intestino, y en menor extensión en el fluido sanguíneo. Estas células se estimulan con los antígenos y responden madurando en otras células llamadas células plasmáticas; éstas producen anticuerpos.
- Monocitos: tipo de glóbulos blancos agranulocitos, es el de mayor tamaño. Se generan en la médula ósea y, a través de la sangre, van a diferentes órganos y tejidos. Su función es comerse a diferentes microorganismos o restos celulares.

A raíz de que los glóbulos blancos son parte del sistema inmunitario y ayudan al organismo a combatir infecciones y otras enfermedades sucede que en el momento que las moléculas de los anticuerpos reconocen a los microorganismos extraños, inician una compleja cadena de reacciones uniéndose físicamente al micro-organismo, implicando a varios factores del sistema inmune destruyendo al micro-organismo (Virus y Virus, 2003).

Existen reportes en los cuales mencionan que al llevar a cabo una actividad física extenuante, la concentración total de leucocitos se eleva y se produce una relación inversa entre neutrófilos y linfocitos (Wolach, 2012).

**Respuesta innata.**

Aun cuando la respuesta inmune adaptativa es fuerte, su aparición es tardía en el desarrollo de las respuestas contra los microorganismos. Las células responsables de la respuesta adaptativa inician su aparición después de varios días de que el agresor haya entrado al sistema. La respuesta inmune depende de la capacidad innata del organismo para combatir a los agentes infecciosos, pudiendo tener las siguientes respuestas (Rugeles, 2009):

- Situación ideal: Las barreras naturales, físicas y químicas, y los mecanismos inmunes innatos neutralizan la infección rápidamente.
- Infección aguda: Produce un estado temporal de enfermedad, radica cuando la inmunidad innata recibe apoyo de la inmunidad adaptativa y crea memoria inmunológica.
- Superación de mecanismos inmunes: La infección rebasa los mecanismos innatos y adaptativos, estableciendo una enfermedad crónica, pudiendo conducir a la disfunción de células y tejidos, e incluso la muerte.

**Respuesta humoral.**

Es ejercida por los linfocitos B, reconociendo el antígeno a través de las inmunoglobulinas de membrana. Este estímulo no es suficiente para iniciar el proceso de proliferación de las células, para ello es necesario que los linfocitos B además de ese estímulo antigénico reciban el estímulo de ciertas interleucinas. El elemento efector final son las inmunoglobulinas, que tienen la propiedad de unirse específicamente al antígeno que indujo su formación (Tortora, 2010).

Tras la unión de un antígeno con el anticuerpo, las sustancias extrañas son destruidas por las inmunoglobulinas a través de mecanismos que dependen del tipo de inmunoglobulina que participa, actuando como transductores de la información de

la presencia del antígeno, que posteriormente será destruido por el mecanismo más idóneo.

El análisis de inmunoglobulina mide el nivel de anticuerpos en la sangre, que son proteínas producidas por el sistema inmunológico para atacar antígenos, como bacterias, virus y alérgenos.

Las inmunoglobulinas ayudan al organismo a mantenerse en estado saludable combatiendo a los antígenos según sea el caso, como bacterias, virus y alérgenos, tratando de mantener su inmunidad, la actividad deportiva no es la excepción (Romero, 2007)

### **Inmunidad y alto rendimiento.**

Optimizar los recursos con los que cuenta tanto físico, psíquicos, técnicos y tácticos para el logro de su mejor marca, es lo que busca el atleta. Alcanzar el máximo rendimiento, es el mejor resultado posible de una habilidad, acción o gesto motor deportivo en un momento (Dietrich, 2007).

Durante el entrenamiento intenso el organismo de los atletas se altera e inicia una disminución de sus defensas, lo que representa una facilidad para contraer infecciones y enfermedades asociadas al sistema inmune, llamado el síndrome de la ventana abierta (Kakanis, 2010; Nieman, 2000).

Las consecuencias sobre la respuesta inmune de los atletas tienen base en la forma, intensidad y duración que les demanda el ejercicio; y a su vez, la propia respuesta de cada sistema inmunológico tiene un efecto en el estado de salud y en el rendimiento de los atletas, razón por la que se producen cambios en el organismo.

### **Proceso inflamatorio**

Las fibras musculares son dañadas por el ejercicio intenso y prolongado, lo cual provoca una manifestación de la respuesta inflamatoria local, esto tiene

consecuencias negativas y positivas en el organismo del deportista. Negativamente, se da la impotencia funcional muscular; sin embargo, positivamente es un paso esencial de la adaptación al entrenamiento.

Los glóbulos blancos de la sangre son la defensa contra agentes extraños o condiciones que afectan la función normal de los tejidos. Éstos se elevan después de las actividades que inducen a la inflamación muscular. Hoy en día se acepta que las sustancias liberadas por el músculo dañado pueden actuar como “hormonas de la herida”, quienes inician el proceso inflamatorio. Al momento de la lesión se activan las células mononucleadas del músculo, y da la indicación química a las células inflamatorias circundantes (Wilmore, 2007).

La respuesta inflamatoria positivamente es necesaria para la adaptación muscular durante el entrenamiento y participan los procesos de reparación tisular, hipertrofia y angiogénesis de los músculos involucrados en la actividad deportiva.

Otras células inflamatorias reactivas son llamadas por la liberación de citosinas de los neutrófilos que invaden el lugar de la lesión. Probablemente, existan radicales libres de oxígeno que dañen las membranas celulares, liberadas por los neutrófilos. Durante la actividad física deportiva es probable que aumente el consumo de oxígeno y esto provoca la producción de oxidantes y colabore a la fatiga muscular que se da durante y después del ejercicio realizado; esta respuesta inmunológica nos lleva al estrés oxidativo las primeras 24 horas después de culminar la actividad física; de los 2 a 7 días después del ejercicio realizado la respuesta del sistema inmunitario llega a su máximo.

Los macrófagos a través del proceso de fagocitosis, invaden las fibras musculares dañadas, y eliminan los restos celulares. Después, se produce una segunda fase de la invasión de macrófagos, que se asocia con la regeneración del músculo (Wilmore, 2007).



El efecto antiinflamatorio de la actividad física produce beneficios en diferentes tejidos del organismo, mediante la producción y liberación del factor de crecimiento insulínico (IGF-1), el cual hace de potente regenerador neuronal en contra de las neuronas que provocan la inflamación (Rojas, 2010), mismo que permite la regeneración. Es indispensable conocer el funcionamiento del organismo para entender sus respuestas, es por ello hablaremos del sistema nervioso y sistema endocrino.

### **Sistema nervioso**

El sistema nervioso (SN) recibe e integra datos originarios de los diferentes órganos sensoriales para lograr una respuesta del cuerpo, se encarga por lo general de controlar las actividades rápidas. Es responsable de las funciones intelectivas. Su constitución anatómica es muy compleja, y las células que lo componen, a diferencia de las del resto del organismo, carecen de capacidad regenerativa (Marieb, 2010).

El SN controla la cognición, los movimientos y el funcionamiento de los órganos del individuo, además recoge las percepciones entre el medio interno y externo a través de los órganos de los sentidos y posteriormente procesa esta información (Marieb, 2010).

El SN está constituido por el sistema nervioso central (SNC), formado por el encéfalo y medula espinal, y el sistema nervioso periférico (SNP) que se compone de nervios craneales y sus ramas, los nervios espinales y sus ramas, ganglios y receptores sensitivos (Marieb, 2010).

El sistema nervioso autónomo (SNA) se encarga de transmitir los impulsos desde el SNC a la periferia de todos los órganos (Freeman, 2006) incluyendo las actividades de carácter involuntario (Cachadiña, 2012). Dentro del sistema nervioso autónomo (SNA), existen neurotransmisores como la dopamina que provocan una sensación de bienestar cuando se practica deporte de manera extenuante, así como las  $\beta$ -endorfinas activan las neuronas del hipotálamo, amígdala, tálamo, etc., que

producen una sensación de bienestar y felicidad en nuestro organismo principalmente cuando se practica deporte (Marieb, 2010).

El sistema nervioso somático (SNS) ayuda a tolerar el ejercicio, encarar acciones de emergencia, las llamadas respuestas de lucha o huida. Actúa en los periodos de estrés, mediando las respuestas fisiológicas que promueven el catabolismo y el gasto energético. Se le suele asociar con las respuestas de defensa y supervivencia del organismo (Marieb, 2010).

La función principal del SNA es mantener o reestablecer de forma eficaz la homeostasis corporal, según las necesidades que se están experimentando a nivel interno o externo. Este sistema le permite al cuerpo responder de manera adecuada a los diferentes estímulos ambientales, para que se adapte a los mismos (Ganong, 2002). Se destaca por regular la homeostasis durante las altas cargas de entrenamiento, medidas por la VFC (Plews, 2014). Las divisiones del sistema simpático y parasimpático, se basa en las diferencias anatómicas y funcionales (Freeman, 2006).

La actividad simpática incita entre otros aspectos a la exaltación cardíaca y la vasoconstricción ya que activa las funciones relacionadas con algún tipo de mecanismo de estrés; en contra parte, la actividad parasimpática predomina en situaciones de relajación (Cachadiña, 2012).

El sistema nervioso somático tiene dos vías: una de entrada, por donde recibe la información sensitiva y a la información que se recoge a partir de los músculos y de los tendones. Junto con toda esa información que se recibe, que es somática, también propicia una respuesta motora voluntaria, que corresponde a la contracción del músculo esquelético (Moore, 2008).

### **Sistema endocrino**

El cuerpo controla determinadas funciones en el organismo con la producción de sustancias químicas, el sistema endocrino se encarga de coordinar dichas

sustancias e influye sobre casi todas las células, órganos y funciones del organismo, regula el estado de ánimo, el crecimiento y desarrollo, el funcionamiento de los distintos tejidos y el metabolismo, así como la función sexual y los procesos reproductores.

Está conformado por un grupo de glándulas de secreción interna, las cuáles son absorbidas en el flujo sanguíneo y difundidas por todo el cuerpo, ejerciendo como función un profundo control. Estas secreciones están conformadas por mensajeros químicos llamadas hormonas (Guyton, 2012).

Por definición clásica, hormona es una sustancia sintetizada en un tejido y transportada por la sangre para actuar en otro órgano. Éstas mantienen una homeostasis interna controlando el equilibrio hidroelectrolítico, el azúcar en sangre y la relación metabólica (Barbany, 2014).

Las hormonas intervienen en la mayoría de procesos fisiológicos, por lo que sus acciones son relevantes para muchos aspectos del rendimiento físico en los deportes (Wilmore, 2007).

El sistema endocrino también interviene en el control del crecimiento y desarrollo, el equilibrio interno de los sistemas del cuerpo (homeostasis), las reacciones a las condiciones al ambiente como la temperatura, al estrés y a las lesiones (Barbany, 2014).

Una de las principales hormonas segregadas por la hipófisis es la hormona de crecimiento (GH), la cual es el agente que moviliza los ácidos grasos para que sean utilizados como combustible durante el esfuerzo físico. La GH se eleva constantemente en el curso de la actividad física. La magnitud de este incremento es proporcional a la cuantía de ejercicio y al grado de hipoxia.

La glándula tiroides se encuentra en el cuello, produce y almacena dos hormonas las cuales se encuentran implicadas directamente con el rendimiento deportivo, y especialmente en los mecanismos metabólicos (Wilmore, 2007).

Las glándulas paratiroides están localizadas en la parte superior de la glándula tiroides. Segregan la PTH (hormona paratiroidea) la cual regula la concentración de calcio en sangre y regula también el fosfato de la misma. Su liberación es estimulada por una reducción en los mismos niveles de calcio en sangre. Ejerce efectos sobre los huesos, los intestinos y los riñones. Esto incrementa la reabsorción de hueso, que libera calcio y fosfato en la sangre. En los intestinos la PTH incrementa la absorción de calcio estimulando una enzima (Wilmore, 2007).

Las glándulas suprarrenales están situadas directamente encima de cada riñón. En la medula se secretan dos hormonas llamadas catecolaminas y conocidas como adrenalina y noradrenalina, estas tienen poderosos efectos similares a los del SNC, pero duran más tiempo; los glucocorticoides tienen acciones metabólicas, antiinflamatorias e inmunosupresoras, a destacar, el cortisol y la corticosterona. Los mineral corticoides se relacionan con el funcionamiento y equilibrio hidroelectrostático y el control de la homeostasis (Wilmore, 2007).

El páncreas está localizado detrás y ligeramente por debajo del estómago. Sus dos hormonas más importantes son la insulina y el glucagón. Proporcionan el importante control de los niveles de glucosa en sangre. Sus hormonas son capaces de movilizar las reservas de glucógeno de músculo e hígado, y favorecer, la penetración de la glucosa en las células donde será utilizada como combustible energético (Wilmore, 2007).

Las gónadas son glándulas reproductoras: los testículos y los ovarios. Los andrógenos es el estímulo del crecimiento muscular esquelético, que es particularmente importante para la comprensión del entrenamiento de fuerza y de las

diferencias entre los sexos y el crecimiento muscular. Los efectos androgénicos de la testosterona son responsables en parte de las retenciones de proteínas musculares y de la hipertrofia muscular observadas durante el entrenamiento de fuerza (Wilmore, 2007). Esto lleva a deportistas a hacer uso de la misma, y de otros anabólicos esteroideos para aumentar artificialmente el desarrollo muscular, más allá de los niveles naturales.

Los riñones liberan una hormona llamada eritropoyetina, que se encarga de la regulación y producción de glóbulos rojos –eritrocitos- al estimular las células de la médula ósea, los cuales son indispensables para el transporte de oxígeno y la eliminación de bióxido de carbono, por lo que esta hormona es extremadamente importante en nuestra adaptación al entrenamiento y la altitud. En algunas investigaciones se ha demostrado que parte de la adaptación cuando el entrenamiento se lleva a cabo a grandes altitudes consiste en una mayor de eritropoyetina, que a su vez estimula la producción de más glóbulos rojos, incrementando la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (Wilmore, 2007).

Por lo tanto, en relación con el ejercicio, cada hormona atiende situaciones diferentes y su desempeño depende de cada situación. Durante la práctica deportiva, el sistema endocrino es estimulado considerablemente; la práctica deportiva influye en la variación de las necesidades energéticas de un individuo y por supuesto también, hará variar al sistema endocrino con el objetivo de contar con energía necesaria para ejecutar acciones exigentes; así como la relación que existe entre la función inmunológica y el ejercicio, debido a los mecanismos de la secreción de catecolaminas y endorfinas que explica por qué la gente que se ejercita regularmente, es más sana y tiene más resistencia a las infecciones. Cuando el organismo logra mantenerse estable, se da por ende la homeostasis corporal.

**Homeostasis corporal**

Es conocido que en el organismo desde el punto de vista bioquímico se originan una serie de procesos y mecanismos que permiten a este nivel los procesos de homeostasis, alguno de ellos son (Wilmore, 2007):

1. Cambio en valores de enzimas glicolíticas y oxidativas, de glucosa sanguínea, glucógeno hepático, del CrP, y la ATP-asa de la miosina e iones de calcio, sodio y potasio fundamentalmente entre otros.
2. La velocidad de las reacciones glucolíticas y oxidativas.
3. Variación en el contenido de proteínas en las fibras musculares.
4. Se incrementa la resíntesis anaerobia y aerobia en dependencia del tipo de ejercicio.
5. El incremento de la interrelación metabólica, jugando un papel importante el hígado.
6. Se incrementan los valores de la hemoglobina en sangre que trae como consecuencia una mayor capacidad de oxigenación.
7. Se eleva el consumo de oxígeno durante el trabajo muscular.
8. Mayor redistribución del ácido láctico en la actividad muscular del miocardio.

Desde el punto de vista fisiológico es importante destacar el control de la homeostasis a partir del sistema nervioso y endocrino, haciendo énfasis en los centros neurovegetativos del hipotálamo, estas realizarán una función importante en la regulación cardiovascular, respiratoria, la regulación de la temperatura y del agua corporal, entre otras.

Se conoce que el deterioro orgánico afecta el sistema inmune, el estilo de vida sedentaria se relaciona con la mayoría de las causas fundamentales de mortalidad, morbilidad y discapacidad (Cassano, 2010; Speakman, 2011).

Basados en los párrafos anteriores donde se mencionan los tres sistemas, podemos decir que las hormonas, los neurotransmisores y las citosinas son las principales sustancias por medio de las cuales los sistemas nervioso, endocrino e inmune se encuentran en constante comunicación.

Se afirma que los sistemas inmunológico, endocrino y nervioso colaboran de manera conjunta ya que el sistema nervioso en junto con el sistema endocrino, envían pequeñas descargas al sistema inmune y este también consigue proceder de manera contraria (Mataix, 2009).

En busca de esa homeostasis corporal y dado que el estado de salud está íntimamente ligado con la nutrición de los atletas, la ciencia deportiva se encuentra en la búsqueda de apoyos al organismo que logren mantener la salud y mejorar la adaptación al entrenamiento. Debido a la importancia que demuestran las referencias anteriores, nos remitimos a la inmunonutrición.

### **Inmunonutrición**

El área de la inmunonutrición es estudiada constantemente por su gran aplicabilidad. La desnutrición está ligada a la atrofia de células, lo cual tiene un enlace claro al desarrollo de infecciones oportunistas. Los métodos inmunológicos más utilizados en la actualidad con el objeto de llevar a cabo una evaluación del estado inmunológico del individuo en relación con la nutrición, incluye el recuento en sangre de células que forman parte del sistema inmune (Sanz, 2004).

La inmunonutrición estudia los efectos de los nutrientes sobre la inflamación, la respuesta del organismo a las enfermedades, la activación de glóbulos blancos, así como la formación de anticuerpos (Nova, 2012).

La nutrición y el sistema inmunológico están íntimamente ligados; por un lado la desnutrición produce una baja en la respuesta inmune, lo cual permite a las infecciones ser más agresivas y prolongadas, por otro lado, la respuesta inmune a la

infección tiene efectos metabólicos que aumentan los requerimientos nutricionales (Gancel, 2010).

Los avances científicos, tecnológicos y sociales determinan las tendencias en la alimentación, razón por la cual se investigan los alimentos que pueden tener un impacto en la salud (Caballero, Uresti, Vázquez y Ramírez, 2014).

Es por ello que la nutrición por medio de la inmunonutrición tiene gran aporte a la salud del sistema, e implica la administración de sustancias adicionales a los alimentos del día, con el fin de reforzar el sistema de defensa.

Para el reforzamiento del sistema de defensa, en esta investigación se utilizó la zarzamora como un antioxidante adicionado a la nutrición, con el fin de reforzar el sistema inmunológico y determinar si la ingesta controlada de antioxidantes dentro del proceso de entrenamiento de atletas universitarios varones de atletismo de fondo y medio fondo, influye sobre la respuesta inmune.

### **Antioxidantes.**

En la actualidad existe un interés que va en incremento con respecto al suministro de antioxidantes (Burke, 2009). A las sustancias que a bajas concentraciones y en presencia de un sustrato oxidable, retrasa o previene la oxidación del mismo, inhibiendo la tasa de oxidación, le llamamos antioxidantes (Galván, 2008). Los antioxidantes son compuestos que resguardan la acción oxidativa del oxígeno en el organismo. Primeramente, hay preferencia en los antioxidantes naturales sobre los sintéticos. Los antioxidantes están siendo utilizados por las personas, debido a que previenen los efectos nocivos de los radicales libres, de los cuales hablamos anteriormente; diferentes enzimas existen en las células las cuales apoyan neutralizando la acción de los radicales libres y previenen la descomposición de las membranas celulares y del material genético contenido en las células (Burke, 2009).



El deporte y las reacciones metabólicas que experimenta el organismo de nuestros atletas al realizar ejercicio, fomentan la aparición de radicales libres (RL), como se mencionó anteriormente, los RL son capaces de alterar la estructura de las membranas celulares, es por ello que es bueno acompañar el ejercicio físico con una dieta rica en antioxidantes (Valencia, 2013). Una dosis apropiada de antioxidantes favorece a la reparación de los procesos inflamatorios después del entrenamiento y es de gran beneficio en el alivio rápido de pequeñas lesiones (Burke, 2009).

La vitamina C, vitamina E y polifenoles que se encuentran concentrados en alimentos naturales aportan gran capacidad antioxidante, investigadores mencionan que aún faltan estudios.

Contamos con diversos antioxidantes, uno de ellos, la zarzamora de nombre científico *Rubus fruticosus*, es una fruta de color negro brillante formada por la unión de cuantiosos frutos pequeños, aromática y algo ácida. Tiene un escaso aporte de carbohidratos, es por ello que se considera con bajo valor calórico; es una excelente fuente de vitaminas, en especial de las vitaminas C y A. Estas vitaminas la convierten en un buen fruto antioxidante. En un estudio realizado menciona en su análisis que la industria alimentaria tiene gran interés en la zarzamora tanto como materia prima y néctar, ya que constituyen un significativo aporte de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas, los cuales son favorables para la salud (Matínez, 2011).

De acuerdo al departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) la zarzamora cuenta con el siguiente estado nutrimental mostrado en la Tabla 1, en la cual se resalta los antioxidantes principales del fruto.

Tabla 1

*Composición química de la zarzamora (Datos publicados por la USDA 2016)*

Nutriente	Unidad	1 Valor Por 100g	Puntos de datos	Error Std.	1 taza de 144g
<b>Proximates</b>					
Agua	G	88.15	5	0.776	126.94

Energía	Kcal	43	--	--	62
Energía	Kj	181	--	--	261
Proteína	G	1.39	5	0.059	2.00
Lípidos Totales (grasa)	G	0.49	5	0.041	0.71
Ceniza	G	0.37	5	0.021	0.53
Carbohidratos por diferencia	G	9.61	--	--	13.84
Fibra, dietética total	G	5.3	4	1.131	7.6
Azúcares, total	G	4.88	4	0.685	7.03
Sacarosa	G	0.07	4	0.000	0.10
Glucosa (dextrosa)	G	2.31	4	0.296	3.33
Fructosa	G	2.40	4	0.369	3.46
Lactosa	G	0.00	4	0.000	0.00
Maltosa	G	0.07	4	0.000	0.10
Galactosa	G	0.03	4	0.027	0.04
Almidón	G	0.00	2	--	0.00
Minerales					
Calcio, Ca	Mg	29	5	6.736	42
Hierro, Fe	Mg	0.62	5	0.080	0.89
Magnesio	Mg	20	4	1.259	29
Fósforo, P	Mg	22	4	0.785	32
Potasio, K	Mg	162	2	--	233
Sodio, Na	Mg	1	2	--	1
Zinc, Zn	Mg	0.53	3	0.036	0.76
Cobre, Cu	Mg	0.165	5	0.030	0.238
Manganeso, Mn	Mg	0.646	5	0.230	0.930
Selenio, Se	µg	0.4	2	--	0.6
Vitaminas					
Vitamina C, ácido ascórbico total	Mg	21.0	--	--	30.2
Tiamina	Mg	0.020	5	0.000	0.029
Riboflavina	Mg	0.026	5	0.000	0.037
Niacina	Mg	0.646	4	0.028	0.930
Ácido pantoténico	Mg	0.276	5	0.025	0.397
Vitamina B-6	Mg	0.030	5	0.001	0.043
Folato, total	µg	25	5	2.011	36

Tabla 1

*Composición química de la zarzamora (Datos publicados por la USDA 2016) Cont.*

Nutriente	Unidad	1 Valor Por 100g	Puntos de datos	Error Std.	1 taza de 144g
Ácido fólico	µg	0	--	--	0
Folato, comida	µg	25	5	2.011	36
Folato, DFE	µg	25	--	--	36
Colina, total	Mg	8.5	--	--	12.2
Betaína	Mg	0.3	1	--	0.4
Vitamina B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamina B-12, agregada	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamina A, RAE	µg	11	4	1.971	16
Retinol	µg	0	--	--	0
Caroteno, beta	µg	128	4	23.650	184
Caroteno, alfa	µg	0	4	0.000	0
Criptoxantina, beta	µg	0	4	0.000	0
Vitamina A, IU	IU	214	4	39.416	308
Licopeno	µg	0	4	0.000	0
Luteína + zeaxantina	µg	118	4	11.269	170
Vitamina E (alfa-tocoferol)	Mg	1.17	5	0.053	1.68
Vitamina E, adicional	Mg	0.00	--	--	0.00
Tocoferol, beta	Mg	0.04	5	0.004	0.06
Tocoferol, gamma	Mg	1.34	5	0.105	1.93
Tocoferol, delta	Mg	0.90	5	0.109	1.30
Vitamina D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamina D	IU	0	--	--	0
Vitamina K (filloquinona)	µg	19.8	5	2.080	28.5
Lípidos					
Ácidos grasos, saturados totales	G	0.014	--	--	0.020
04:00	G	0.000	--	--	0.000
06:00	G	0.000	--	--	0.000
08:00	G	0.000	--	--	0.000
10:00	G	0.000	--	--	0.000
12:00	G	0.000	--	--	0.000
14:00	G	0.000	--	--	0.000
16:00	G	0.012	--	--	0.017
18:00	G	0.003	--	--	0.004

Ácidos grasos, monoinsaturados totales	G	0.047	--	--	0.068
16:1 indiferenciado	G	0.000	--	--	0.000
18:1 indiferenciado	G	0.044	--	--	0.063
20:01	G	0.004	--	--	0.006
22:1 indiferenciado	G	0.000	--	--	0.000
Ácidos grasos, poliinsaturados totales	G	0.280	--	--	0.403
18:2 indiferenciado	G	0.186	--	--	0.268
18:3 indiferenciado	G	0.094	--	--	0.135
18:04	G	0.000	--	--	0.000
20:4 indiferenciado	G	0.000	--	--	0.000
20:5 n-3 (EPA)	G	0.000	--	--	0.000
22:6 n-3 (DHA)	G	0.000	--	--	0.000
Ácidos grasos, trans totales	G	0.000	--	--	0.000
Colesterol	Mg	0	--	--	0.000
Aminoácidos					
Otros					
Alcohol, etil	G	0.0	--	--	0.0
Cafeína	Mg	0	--	--	0
Teobromina	Mg	0	--	--	0
Flavonoides					
Antocianinas					
Cianidina	Mg	99.95	62	6.960	143.93
Petunidina	Mg	0.0	4	0	0.0
Delfinidina	Mg	0.0	4	0	0.0
Malvidina	Mg	0.0	4	0	0.0
Pelargonidina	Mg	0.5	7	250	0.6
Peonidina	Mg	0.2	5	210	0.3
Flavan-3-ols					
(+)-Catequina	Mg	37.1	16	24.710	53.4
(-)-Epigallocatequina	Mg	0.1	11	10	0.1
(-)-Epicatequina	Mg	4.7	20	470	6.7
(-)-Epicatequina 3-gallate	Mg	0.0	11	0	0.0

Tabla 1

*Composición química de la zarzamora (Datos publicados por la USDA 2016) Cont.*

Nutriente	Unidad	1 Valor Por 100g	Puntos de datos	Error Std.	1 taza de 144g
(-)-Epigallocatequina 3-gallate	Mg	0.7	11	680	1.0
(+)-Galocatequina	Mg	0.0	11	0	0.0
Flavanones					
Hesperetina	Mg	0.0	4	0	0.0
Naringenina	Mg	0.0	4	0	0.0
Flavones					
Apigenina	Mg	0.0	5	0	0.0
Luteolina	Mg	0.0	3	0	0.0
Flavonoles					
Kaempferol	Mg	0.3	15	200	0.4
Miricetina	Mg	0.7	15	670	1.0
Quercetina	Mg	3.6	25	700	5.2
Isoflavonas					
Daidzeína	Mg	0.00	1	--	0.00
Genisteína	Mg	0.00	1	--	0.00
Isoflavonas totales	Mg	0.00	1	--	0.00
Proantocianidina					
Dímeros de	Mg	4.5	7	3.000	6.4
Proantocianidina					
Trímeros de	Mg	2.1	7	2.300	3.0
Proantocianidina					
Proantocianidina 4-6mers	Mg	7.3	4	5.020	10.5
Proantocianidina 7-10mers	Mg	4.2	4	4.470	6.1
Polímeros de	Mg	1.5	4	3.020	2.2
Proantocianidina (>10mers)					

*Nota:* USDA. Base de Datos Nacional de Nutrientes para Referencias Estándar Versión 28 original en inglés, Mayo 2016 (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2161>)

Los compuestos de la zarzamora favorecen a que la fruta mantenga una alta actividad antioxidante, contrastándola con otras frutas, vegetales, así como actividades biológicas de importancia. Se han estudiado actividades biológicas en las que se evidencia que el extracto del fruto presenta alta actividad anticarcinogénica,

principalmente en las células de colon, mama y leucemia; así como efectos antiinflamatorios y antivirales (Castañeda et al., 2014).

Los resultados que se presentan en diversas investigaciones sobre las actividades biológicas de los extractos de zarzamora, aumentan el interés por la investigación de dicha fruta, debido a los efectos benéficos sobre la salud que presenta (Caballero, Uresti, Vázquez, y Ramírez, 2014).

Los frutos de zarzamora contienen compuestos fenólicos con capacidad de neutralizar radicales libres y se recomienda su uso con antioxidante; sin embargo, requiere de mayor investigación (Fallon, 2008).

La exigencia hacia los atletas de alcanzar mejores resultados y mantener el organismo sano, crea la necesidad de controlar escrupulosamente el proceso del entrenamiento tanto así, que es necesario conocer los marcadores biológicos dentro del deporte (Aymard, 2013).

### **Marcadores biológicos en el deporte**

Debido a la demanda de los entrenamientos de los deportistas, cada vez es más necesario controlar el proceso que sufren los organismos hacia la adaptación al entrenamiento (Glesson, 2002). La adaptación del organismo es considerablemente compleja como para minimizarla a un solo parámetro. Las concentraciones de un biomarcador conllevan diferentes factores a tomar en cuenta, tales como edad, género, tipo y duración del ejercicio, grado de especialidad del sujeto (Aznar, 2015).

La valoración fisiológica del deportista es vital para alcanzar los objetivos del entrenamiento y lograr el rendimiento deportivo, la carga de entrenamiento puede ser medida a través del comportamiento de marcadores biológicos sanguíneos que se alteran con el ejercicio. Los entrenadores y deportistas muestran cada vez mayor interés en conocer la evolución bioquímica durante las diferentes etapas del macrociclo de entrenamiento, así que incluyen la bioquímica deportiva como parte

fundamental del estado de salud del individuo dentro de la adaptación a las cargas del entrenamiento (Chávez, 2015).

El estudio fisiológico y bioquímico de todos los cambios metabólicos que se presentan en el entrenamiento deportivo, da la oportunidad de valorar tanto el entrenamiento físico como la planificación del mismo, es por ello que, las analíticas sanguíneas con parámetros bioquímicos, hematológicos y hormonales, brindan información sumamente útil para el entrenador, médico deportivo, fisiólogo y nutriólogo, para la toma de decisiones y dar un seguimiento nutricional y control de la carga interna del entrenamiento adecuado para cada atleta (Viru y Viru, 2003).

La glutamina es uno de los 20 aminoácidos que intervienen en la síntesis de las proteínas, y tiene efectos ergogénicos de reparación de las fibras musculares. Los niveles bajos de glutamina en plasma se han asociado a un entrenamiento excesivo.

La creatina fosfoquinasa (CKP) es un enzima que convierte la creatina en fosfocreatina, mediante consumo de ATP. Se encuentra confinada en la fibra muscular y en el músculo cardíaco. Cuando hay daño muscular se libera esta enzima y pasa al torrente sanguíneo, aumentando así sus valores. La CPK no es un marcador expedito de sobreentrenamiento, pero es muy útil para determinar daño muscular reciente, inducido (Subiela, 2011).

La urea es un compuesto nitrogenado y representa el principal producto terminal del metabolismo de las proteínas es un indicador de trabajo muscular. La relación testosterona/cortisol se ha considerado por mucho tiempo un marcador de sobreentrenamiento ya que el cortisol es una hormona catabólica y la testosterona es un esteroide anabólico. Uno de los hallazgos más constantes en atletas sobreentrenados es la disminución del recuento de leucocitos, por lo tanto son más susceptibles de sufrir infecciones. También se ha reportado disminución de los monocitos, linfocitos T, inmunoglobulinas y citoquinas después de entrenamientos

muy intensos (Subiela, 2011). El control periódico de las variables hematológicas podría ser de utilidad para el diagnóstico.

Las enzimas creatin kinasa (CK) y el lactato están implicadas en el metabolismo del músculo y ofrecen información del grado de adaptación metabólica al entrenamiento, su concentración es baja como respuesta del trabajo celular, el cual llega a incrementar a partir del ejercicio intenso (Bracaccio, 2006). Al momento de realizar ejercicio intenso, se manifiesta el daño muscular el cual puede presentarse con dolor, pérdida de fuerza, así como mediante la aparición de proteínas en el músculo como la CK (Hody, 2013). El dolor y el daño muscular se puede prolongar (Tsatalas, 2013).

Durante el ejercicio intenso o máximo de corta duración, así como los prolongados, existen cambios a nivel sanguíneo de IgG, IgA, IgM e IgE. Viru y colaboradores mencionan en una investigación que la producción invitro de IgG, IgA e IgM por los linfocitos disminuyó cuando se extrajo una muestra de sangre tras 15 minutos de ciclismo, la inmunoglobulina dominante es la IgA, un agente especial contra los microorganismos que provocan infecciones en las vías respiratorias altas. El ejercicio disminuye los niveles de IgA de la mucosa salival y nasal en deportistas entrenados en resistencia y en deportistas de juegos deportivos. Los resultados presentados demuestran que el sistema inmunitario responde al ejercicio agudo, además de ser importante para el control del entrenamiento a través de las actividades inmunitarias durante el entrenamiento y sobreentrenamiento (Viru y Viru, 2003).

### **Biometría hemática**

La prueba de sangre para evaluar el estado general de salud y detectar amplia gama de enfermedades, mide varios componentes tales como glóbulos blancos, glóbulos rojos, hemoglobina, hematocrito y plaquetas (Dvorkin, 2010); por medio de la correcta utilización de este análisis de sangre, es posible obtener valiosa información acerca de la asimilación de las cargas de entrenamiento, por



consecuencia, tomar decisiones al respecto con el fin de obtener el mejor rendimiento posible.

Los efectos del ejercicio sobre el sistema sanguíneo varían según el tipo y cantidad, el nivel de entrenamiento y según se consideren los cambios agudos o crónicos. En el ejercicio es común cierto nivel de hemodilución debido al aumento de plasma por la redistribución de líquidos. Esto tiende a disminuir el hematocrito, el cual mide la cantidad de eritrocitos en la sangre en porcentaje total de células que transportan oxígeno frente al volumen total de sangre.

Por otro lado, el aumento de la velocidad circulatoria tiende a almacenar los glóbulos rojos viejos en el bazo y el hígado, y reclutar los más jóvenes de la médula ósea, por lo que se puede decir que el ejercicio especialmente en la resistencia, aumenta el recambio de glóbulos rojos (Parham, 2006).

En un estudio realizado se encontró anemia en 96 (11.9 %) deportistas; de ellos, 73 (76 %) del sexo femenino y 23 (24 %) del masculino. En estos, la media de Hb fue de 109,33 g/L para las mujeres y 123,73 g/L para los hombres. El promedio del Hto fue 36.91 %, para el sexo femenino y 41.32 % para el masculino. Al comparar ambos parámetros entre los sexos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Los valores de Hb no cumplieron con el mínimo requerido, no así el Hto. Por tal motivo, se encontraron cifras de hemoglobina y hematocrito significativamente más bajas en el sexo femenino. Las anemias suelen ser secundarias a hemólisis y estrés oxidativo derivados de la práctica del deporte, pero también se han documentado casos por aumento de las pérdidas de hierro asociadas a la práctica de ejercicio (Dvorkin, 2010).

Existen reportes que fundamentan que cuando se lleva a cabo un ejercicio extenuante se eleva la concentración total de leucocitos, en relación inversa a neutrófilos y linfocitos.

**Antecedentes de otros estudios**

Según Plews, Laursen, Kilding y Buchheit (2012) la VFC es clave para un entrenamiento eficaz, trabajaron durante 77 días con dos triatletas un hombre de 22 años y una mujer de 20 años. Mencionan al triatlón como un deporte de alta exigencia, los atletas están forzados a altas concentraciones de trabajo; con esta investigación demostraron que con la VFC pueden apoyar en el rendimiento de sus atletas, cuidando con este marcador la salud de los deportistas, sugieren utilizar la VFC de forma cotidiana en los entrenamientos para estar atentos a cualquier cambio que puedan sufrir y controlar las enfermedades que se puedan presentar.

Las justas deportivas constantemente concentran su exigencia al mejoramiento de marcas y establecimiento de nuevos records, las cuales exigen el aumento de la intensidad del esfuerzo por parte de los atletas, precisando controlar hasta el mínimo detalle todos los aspectos que afectan al rendimiento deportivo (Palacios, 2015). Es necesario conocer el estado de los atletas, vigilar su salud, asesorar al entrenador y controlar el proceso de la adaptación al entrenamiento en busca del rendimiento deportivo (Weineck, 2005).

En varias investigaciones se menciona que para obtener un estado de rendimiento deseado, los atletas son sometidos a exhaustivas horas de trabajo, concibiendo con ello un estrés biológico, llevando a los deportistas a la inmunodepresión, pudiendo con ello lograr un incremento en el desarrollo de enfermedades, ya que se vuelve en ese estado, susceptible a las infecciones (Díaz, 2010; Kakanis, 2010; Lancaster y Febbrario, 2016).

Cuando el organismo de nuestros atletas muestra un estado de inmunodepresión, afecta negativamente en el sistema inmunológico y en el proceso endócrino rompiendo la homeostasis; lo cual incita a la disminución del rendimiento deportivo (Djordjevic, 2012).

En el intento por mantener una homeostasis corporal en oposición a esas reacciones de oxidación inducidas por el ejercicio que provocan la liberación de radicales libres, Glesson en su investigación menciona que una dieta suplementaria minimizaría el riesgo de infección (Glesson, 2016).

La adición de nutrimentos específicos en concentraciones mayores a las contenidas en las dietas normales apoya a la mejora en la función inmunitaria; sin embargo, no es concluyente ni la dosis, ni la vía y se necesita mayor investigación científica al respecto en una condición definida deseada (Crabtree, 2010).

Cuando los atletas se encuentran en etapas de entrenamiento intenso, existen respuestas fisiológicas debido al ejercicio físico extenuante pudiendo ser aminoradas por medio de la reposición de líquidos y contenido de la alimentación previo a estos entrenamientos (Sánchez-González, 2003).

Por otro lado, existen investigaciones que mencionan en sus resultados que la producción de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (RONS) también puede activar las vías de señalización redox-sensibles y los factores de transcripción, que posteriormente pueden promover la adaptación al entrenamiento; por lo antes señalado sería inútil la administración de vitaminas para los atletas, ya que según una investigación no tiene efecto alguno sobre la adaptación física al entrenamiento de resistencia extenuante (Yfanti, 2009).

Sin embargo, en búsqueda de mejorar el rendimiento y mantener el estado de salud de los atletas óptimamente, principalmente los de alto rendimiento, son más los científicos que investigan a los alimentos naturales que puedan apoyar al desarrollo deportivo de los atletas, siendo los preferidos aquellos que cuentan con un alto concentrado de antioxidantes y mencionan que logran disminuir efectos negativos durante entrenamientos o competencias para con ello lograr conseguir el rendimiento deportivo para cual los atletas entrenan y los entrenadores preparan las cargas (Clifford, 2016; Knab, 2013; Kuehl, 2010).

Por otra parte, se ha mencionado también que existe gran interés en diferentes partes del mundo en la medicina alternativa para realizar investigaciones en frutos naturales en diversas formas, pues los flavonoides como metabolitos secundarios de las plantas, son utilizados en dietas consumidas por personas sedentarias, así como personas activas en el deporte y en el alto rendimiento, debido a que les atribuyen propiedades con efectos antioxidantes, antiinflamatorios y anticancerígenos; con lo cual se puede ver favorecida la salud de las personas, así como los avances en el rendimiento deportivo (Dorta et al., 2008).

En un estudio realizado específicamente sobre la respuesta oxidativa después de una suplementación de zarzamora, el resultado alude que a fin de mantener la salud de las personas y prevenir la oxidación inducido por el ejercicio, el suministro de antioxidantes representaría un apoyo para el caso, sin embargo determinar el impacto real requiere de una investigación más exhaustiva.

Por lo anterior, nuestra investigación buscó determinar si la ingesta controlada de antioxidantes dentro del proceso de entrenamiento y la recuperación de atletas varoniles de fondo y medio fondo, tiene influencia sobre las respuestas del sistema inmune.

Consideramos relevante nuestro estudio al evaluar si el entrenamiento de los atletas con ingesta rica en antioxidantes tiene un efecto positivo con respecto a la respuesta inmune en comparación con el grupo control, ya que como resultado del entrenamiento extenuante, es conocido que se desencadenan consecuencias negativas tanto para la salud en la inmunodepresión del sistema inmunológico como para el rendimiento deportivo.

## Capítulo II. Fundamentos metodológicos

### Diseño de estudio

Investigación de tipo cuantitativa experimental. Probabilística, ya que la designación del grupo control y experimental se realizó de forma aleatoria. Se utilizó el método experimental considerando dos grupos, un grupo experimental y un grupo control, los dos con línea base y evaluaciones pre y pos-test.

El grupo experimental llevó a cabo una intervención nutricional con una ingesta rica en antioxidantes y el grupo control consumió agua con un colorante artificial rojo como placebo; a ambos grupos se les cuantificó la ingesta nutricional mediante el recordatorio de 24 horas.

### Población

Atletas varoniles de la disciplina de atletismo fondo y medio fondo, con entrenamiento sistemático planificado perteneciente al equipo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### Muestra.

La determinación de los grupos se realizó al azar utilizando el programa STATS, se le indicó cuantos números aleatorios requeríamos y se incluyó el tamaño de la muestra. Se establecieron los límites inferiores y superiores; con ello, el programa calculó y generó automáticamente los números, dando como resultado los integrantes de cada grupo: experimental y control.

### *Sujetos.*

Originalmente se contaba con una muestra de 19 atletas, de los cuales se consideraron 10 para el grupo experimental y 9 para el grupo control. En el grupo control uno de los atletas no pudo continuar en la investigación por lo que la muestra final se conformó con 10 atletas del grupo experimental y 8 del grupo control para un

total de 18 atletas varones del equipo de atletismo de fondo y medio fondo de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Durante el tiempo de la aplicación de la investigación, al grupo experimental se le suministró un jugo rico en antioxidantes provenientes del fruto de la zarzamora; el grupo control consumió agua con colorante artificial de color rojo como forma de placebo. Para cada participante se elaboró un expediente de historial médico.

***Criterios de inclusión.***

- Estar inscrito en la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Pertenecer al equipo de atletismo de la UANL.
- Contar con asistencia del 95% a los entrenamientos.
- Aceptar las condiciones del estudio.

***Criterios de exclusión.***

- Presentar enfermedad durante el estudio.
- Consumo medicamentos o suplementos que afecten los resultados de la investigación.
- Incumplir con la asistencia a los entrenamientos.

Durante el estudio se realizaron 6 tomas de muestra sanguínea con el fin de evaluar la biometría hemática distribuidas de la siguiente manera: una toma antes de iniciar (a la cual le llamaremos Pre de aquí en adelante), la segunda se realizó al culminar las dos semanas de entrenamiento de base (M1), la tercera toma se realizó al terminar la semana de entrenamiento intenso (M2), la cuarta toma se realizó a las 24 horas de haber finalizado en entrenamiento intenso (24 hrs), la quinta toma se realizó a las 48 horas después de finalizado el entrenamiento intenso (48 hrs) y la sexta toma se realizó a las 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso (72 hrs).

En la Tabla 2 se aprecia cada etapa de entrenamiento en la que se realizó la intervención, en cuanto a las tomas para biometría hemática, la ingesta del fruto de la zarzamora o placebo.

Tabla 2

*Protocolo de Investigación*

Grupo	Línea base	Dos semanas de entrenamiento de base	Intervención (tres semanas con 3 días)				
			Una semana de entrenamiento intenso		Recuperación		
			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>24hrs</i>	<i>48hrs</i>	<i>72hrs</i>
GE		X	XO <sub>A2</sub>	XO <sub>A3</sub>	XO <sub>A4</sub>	XO <sub>A5</sub>	XO <sub>A6</sub>
	O <sub>A1</sub>		XO <sub>B2</sub>	XO <sub>B3</sub>	XO <sub>B4</sub>	XO <sub>B5</sub>	XO <sub>B6</sub>
	O <sub>B1</sub>		PO <sub>A2</sub>	PO <sub>A3</sub>	PO <sub>A4</sub>	PO <sub>A5</sub>	PO <sub>A6</sub>
GC		P	PO <sub>B2</sub>	PO <sub>B3</sub>	PO <sub>B4</sub>	PO <sub>B5</sub>	PO <sub>B6</sub>

*Nota:* GE = Grupo experimental con ingesta rica en antioxidantes, GC = Grupo control con bebida placebo, O<sub>A</sub> = Toma de sangre, O<sub>B</sub> = VFC, X = Administración rica en antioxidantes, P = Administración de placebo. Pre = Toma de muestra inicial, M1 = Toma de muestra al finalizar el entrenamiento de base M2= Toma de muestra al finalizar el entrenamiento intenso, 24 hrs = Toma de muestra a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso, 48 hrs = Toma de muestra a las 48 horas de finalizado el entrenamiento intenso, 72 hrs = Toma de muestra a las 72 horas de finalizado el entrenamiento intenso.

**Variables implicadas e instrumentos**

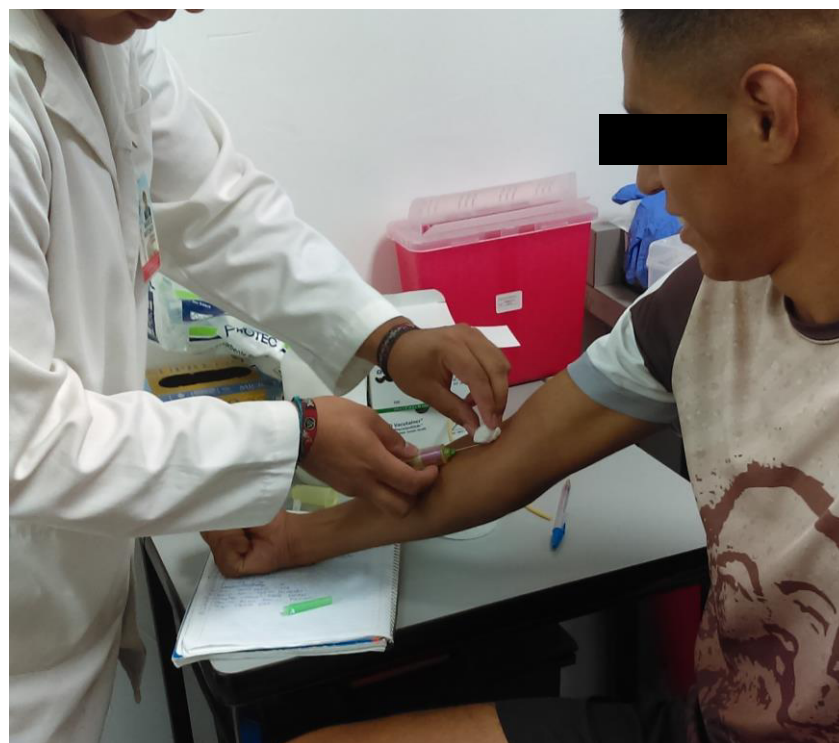
Como variable independiente la ingesta alta en antioxidantes en el jugo de zarzamora. Como variable dependiente células blancas cuyo caso se valoró mediante la biometría hemática y la variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de rendimiento físico. Así mismo, se utilizó el recordatorio de 24 horas para la estimación de ingesta.

**Relación de métodos y técnicas con remisión a instrumentos****Biometría hemática.**

Dentro del conteo que se genera, podemos encontrar número de glóbulos rojos (eritrocitos), glóbulos blancos (leucocitos), plaquetas, valor de hemoglobina y valor de hematocrito.

La preparación de parte del atleta para la extracción sanguínea fue mínima; sin embargo, el investigador tomó en cuenta varios aspectos. Para la punción de los atletas, se logró que estuvieran plena y correctamente identificados tanto los atletas como los tubos EDTA que se utilizaron; previamente los tubos que se iban utilizando, se marcaron con el nombre del sujeto y la fecha. La exploración y el procedimiento sobre los atletas se hicieron con guantes protectores para asegurar las medidas de precaución universal. El equipo necesario para la toma de la muestra como tubos EDTA, algodones, torniquete y agujas, estuvo preparado con anticipación.

La persona responsable de la extracción sanguínea colocó una banda elástica también llamada torniquete, alrededor de la parte superior de la zona que se iba a punzar con el fin de aplicar presión en el área y lograr que las venas aumentaran la concentración de sangre. Esto permitió elegir una vena de calibre apto para la extracción.



*Figura 1.* Toma de muestra de sangre venosa.

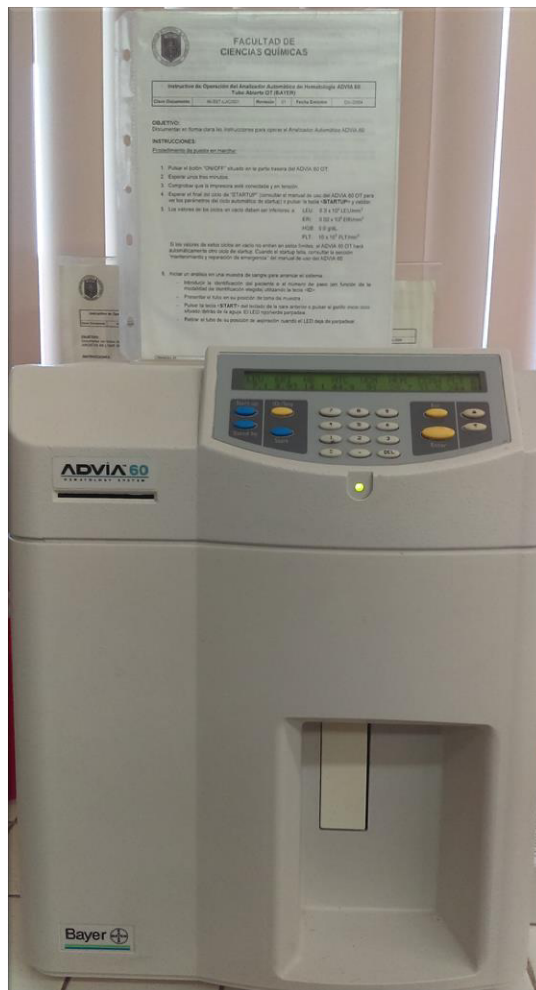


Luego de determinar el sitio y la vena adecuada, se le solicitó al atleta que extendiera su brazo y lo relajara, se colocó el torniquete y se desinfectó el sitio de la punción, se le pidió al atleta que formara un puño con su mano y se introdujo suavemente una aguja en la vena con un ángulo de aproximadamente  $45^\circ$  y se reorientó en dirección paralela a la vena una vez que penetró para extraer la sangre en el tubo de EDTA (Figura 1). Se soltó el torniquete y se le solicitó relajar la mano, una vez que se obtuvieron los 5 ml de sangre, se le colocó un algodón sobre el sitio de la punción y cuidadosamente se retiró la aguja aplicando presión con el algodón para evitar que la sangre siguiera fluyendo una vez que la aguja salió. Inmediatamente después de extraída la sangre, se agitó suavemente para homogeneizar la muestra; seguidamente, el tubo EDTA con los 5 ml de sangre, se colocó en el mezclador roller mixer SRT6D Stuart de BioCote para evitar con ello la coagulación (Figura 2) y mantener una muestra homogénea.



*Figura 2.* Muestra sanguínea en mezclador.

Posteriormente, ya con la muestra homogeneizada, se procedió a refrigerar cada tubo EDTA listo, hasta realizar el procedimiento con los 18 sujetos e inmediatamente después de terminar el procedimiento, las muestras fueron trasladadas en contenedor frío al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la UANL, para ser examinadas directamente en el analizador ADVIA 60 con el fin de obtener la química sanguínea (Figura 3).



*Figura 3.* Analizador hematológico compacto ADVIA 60.

El analizador hematológico compacto ADVIA 60 ofrece un diferencial de tres partes (valor absoluto y %), granulocitos, linfocitos y monocitos. Se utilizó a tubo abierto. La zona de toma de muestra tiene posiciones porta-tubos individuales evitando con ello, el contacto del sistema de punción y toma de muestra con el operador, manteniendo la muestra sin contaminación.

La velocidad de procesamiento es de 60 pruebas por hora con ciclos de encendido, limpieza y apagado automáticos. Tiene sistema para introducción de datos del paciente. Los reactivos, soluciones de limpieza y recipiente de residuos están incorporados en un único empaque, el cual tiene la ventaja de evitar manipulación y el contacto con residuos patológicos. El resultado se imprime con los parámetros resultantes.

### **Variabilidad de la frecuencia cardiaca.**

La medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se utilizó para realizar el control del rendimiento físico de los atletas durante el estudio. Fue tomada con el equipo Polar Team 2, opción R-R (latido a latido) con 10 bandas.

Se solicitó a los atletas que llegaran 30 minutos antes de iniciar el entrenamiento para realizar el registro durante 10 minutos en posición supina, al finalizar el entrenamiento se realizó nuevamente el registro por 10 minutos en posición supina.

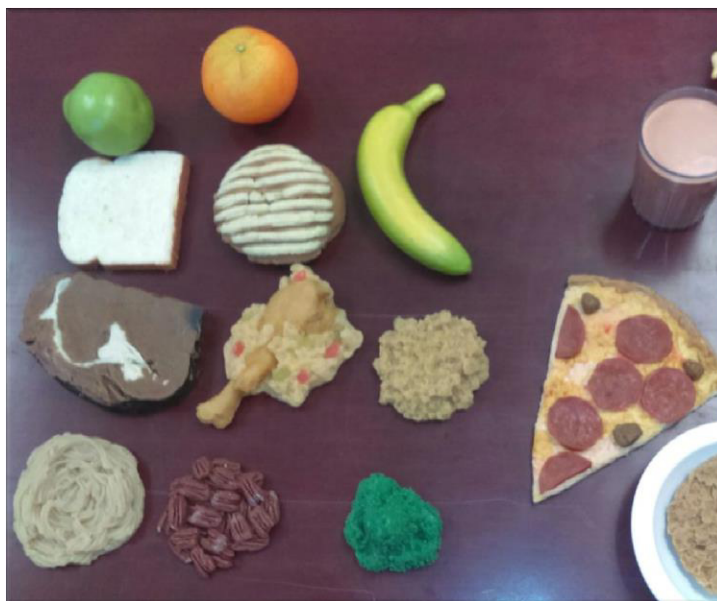
Para la recolección de los datos de VFC, se atendieron las recomendaciones de la Task Force European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Los registros de VFC antes del entrenamiento se realizaron en el área de Laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva y los registros después del entrenamiento se realizaron en la pista, los dos bajo el mismo protocolo. Una vez realizada la actividad los datos se analizaron en el programa Kubios HRV (University of Eastern Finland, Kuopio, Finland).

### **Nutrición.**

Para la evaluación del consumo de alimentos de los atletas se utilizó un método dietético. El instrumento de medición definido fue el recordatorio de 24 horas, con las especificaciones marcadas por el Centro de Investigación en Alimentación y

Desarrollo, AC, para el cálculo de ingesta dietaria y coeficientes de adecuación a partir de registro de 24 horas.

El recordatorio de 24 horas es una técnica la cual recolecta los datos de ingesta reciente lo más detalladamente posible con el apoyo de réplicas de alimentos, vasos, platos, cucharas y demás instrumentos que ayudan al encuestado a responder lo más parecido a la realidad de lo consumido (Figura 4).



*Figura 4. Réplicas de alimentos.*

Se utilizó un cuestionario con diferentes apartados: comida, descripción del alimento, donde lo consumió, preparación, porción consumida; información necesaria para conocer los gramos y el código de cada alimento.

El entrevistador realizó las preguntas de modo que a los sujetos les permitía ir recordando lo consumido en las últimas 24 horas con respecto a la hora de la entrevista. Con el objetivo de conocer el promedio individual de consumo de componentes de la dieta, se aplicaron tres recordatorios por semana a cada sujeto

durante las tres semanas del protocolo, los cuales eran dos de lunes a viernes y uno en fin de semana.

### **Explicación pormenorizada de aplicación de métodos**

Con base al protocolo general, se solicitó el aval del comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Nuevo León, referente COBICIS-801/2015/124-01HCG, una vez aprobado se procedió a la aplicación del protocolo. Primeramente se solicitó el apoyo de la Universidad Autónoma de Nuevo León para facilitar la comida y la cena de los atletas en el comedor, lugar donde se lleva un balance nutricional en cuanto a la ingesta de micronutrientes y macronutrientes teniendo con ello un mayor control de la ingesta dietaria en el tiempo de realización del estudio (Figura 5).



*Figura 5. Sujetos en comedor.*

Una vez que se contaron con los apoyos correspondientes, la semana previa a la aplicación del estudio, se realizó una reunión informativa para participar en el

proyecto. En esta reunión estuvieron presentes el entrenador y los atletas a quienes se les explicó el proyecto, el beneficio para ellos, la importancia del compromiso y los criterios de exclusión e inclusión. Una vez que decidieron ser parte del proyecto, se les solicitó firmar la carta de consentimiento informado; con respecto a los menores de edad que estuvieron interesados se invitó a sus padres para dar la información y así mismo, firmar.

Continuando con la semana previa a la aplicación del proyecto, el médico procedió a realizar el historial clínico, el cual brindó información importante de los atletas. Para tener un mayor control de las cargas de entrenamiento se realizó la prueba de esfuerzo (Figura 6) en la banda con el protocolo de esfuerzo incremental, aumentando la velocidad cada tres minutos, antes y después de la aplicación del estudio, donde se obtuvo el consumo de oxígeno mediante el intercambio gaseoso.



*Figura 6. Atleta en prueba de esfuerzo.*

**Protocolo de análisis de parámetros sanguíneos.**

Al inicio de la aplicación del proyecto se tomó la primera muestra de sangre venosa en ayunas (Pre). Continuando con el protocolo, iniciaron los entrenamientos físicos, con dos semanas de entrenamiento base, cabe mencionar que los días sábados y domingos fueron descanso tanto del entrenamiento, como de la ingesta del jugo. Al iniciar finalizar la segunda semana se realizó la segunda toma de muestra sanguínea (M1); posteriormente, se planificó la semana de entrenamiento intenso.

Al terminar la semana de entrenamiento intenso se realizó la toma de muestra de sangre tres (M2), 24 horas finalizado el entrenamiento la toma de muestra de sangre cuatro (24 hrs), 48 horas finalizado el entrenamiento la toma de muestra de sangre cinco (48 hrs) y 72 horas finalizado el entrenamiento se realizó la toma de muestra de sangre seis (72 hrs), tanto en el grupo experimental como en el de control. Posteriormente a cada muestra se analizó la biometría hemática.

**Protocolo de ejercicio.**

La planificación del entrenamiento durante el protocolo se realizó con 3 microciclos de cinco días cada uno. Los dos primeros microciclos fueron de entrenamiento de base, caracterizados por un aumento uniforme de las cargas, de alto volumen y baja intensidad; el tercer microciclo se planificó de choque, donde se aumentó la carga y la intensidad progresivamente; posteriormente los sujetos estuvieron en tres días de recuperación a la carga. Como se muestra figura 7, los atletas reciben instrucción por parte del entrenador.





*Figura 7.* Sujetos recibiendo indicación de planificación de entrenamiento.

De lunes a viernes, los atletas arribaban al área de entrenamiento, realizaban calentamiento general, calentamiento específico y llevaban a cabo la planificación otorgada por el entrenador del equipo (Figura 8). Al finalizar, realizaban el estiramiento (Figura 9).



*Figura 8.* Sujetos en entrenamiento.





*Figura 9. Sujetos en estiramiento.*

Durante el protocolo se tomó la variabilidad de la frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento con el protocolo mencionado en el apartado anterior; los días sábados y domingos fueron de descanso (Figura 10 y 11).



*Figura 10. Sujetos en toma de VFC antes del entrenamiento.*



*Figura 11.* Sujetos en toma de VFC después del entrenamiento.

### **Protocolo de ingesta.**

Previo al inicio de la aplicación del proyecto se tomaron tres recordatorios de 24 horas a cada atleta dos de lunes a viernes y uno el fin de semana. Una vez iniciada la aplicación, los sujetos del grupo experimental ingirieron de lunes a viernes el jugo con antioxidantes preparada con 200 gr de zarzamora y 200 ml de agua; mientras el grupo control ingirió una bebida elaborada con 200 ml agua y colorante artificial McCormick de color rojo; los días sábados y domingos no se les proporcionó.

El jugo era preparado al momento de la llegada de cada sujeto, con el fin de evitar la oxidación del fruto. Primeramente se sacaba la fruta del congelador, se pesaban 200 gr de zarzamora y se licuaban con 200 ml de agua, e inmediatamente era bebida por el sujeto. En el caso del grupo control se preparaba la jarra con agua y colorante. Los vasos en los que consumieron las bebidas durante el protocolo fueron previamente etiquetados con el nombre de cada sujeto (Figura 12).



*Figura 12.* Sujetos en toma de ingesta de jugo.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la investigación, se utilizó el paquete estadístico para las ciencias sociales SPSS en su versión 23 (SPSS inc., Chicago, Il. USA), considerando un nivel de significancia de  $p < .05$ .

Se inició con una prueba de normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk. Posteriormente para los resultados paramétricos se utilizó ANOVA de un factor consecutivamente un Post hoc de Tukey; para los resultados no paramétricos se utilizó el test de Friedman seguido de un Post hoc de Wilcoxon. Para la comparación entre grupos se utilizó la prueba  $t$  de Student para muestras

independientes y la U de Mann-Whitney. Para las relaciones entre las variables se utilizó la correlación de Pearson y de Spearman.

### Capítulo III. Resultados

En el presente apartado se describen los resultados obtenidos en la investigación, en los cuales se muestra el comportamiento de las variables estudiadas con el fin de responder a nuestros objetivos; posterior a la presentación de resultados.

En primera instancia se presentan los resultados generales del estudio, para posteriormente abordar cada uno de los cuatro objetivos en el orden planteado.

#### Características de la muestra

Las características de los atletas de ambos grupos control y experimental, en relación a edad, estatura, peso, grasa y VO<sub>2</sub>max, se muestran en Tabla 3.

Tabla 3

*Características de los sujetos de toda la muestra*

Variable	Media/DE	Mínimo	Máximo
Edad (años)	20.1 ± 2.72	16	24
Estatura (cm)	174.8 ± 6.17	164	186
Peso (kg)	64.3 ± 7.62	51	77
Grasa (%)	18 ± 4.48	10	27
VO <sub>2</sub> max (mL/Kg/min)	59.4 ± 4.67	51	69

Para dar inicio al estudio se determinó que las características de la muestra en las cuales evaluamos variables tales como edad, estatura, peso, porcentaje de grasa y consumo de oxígeno, son homogéneas ya que presentan similitud entre el grupo control y experimental tal como lo expresa la Tabla 4.

Tabla 4

*Características por grupo*

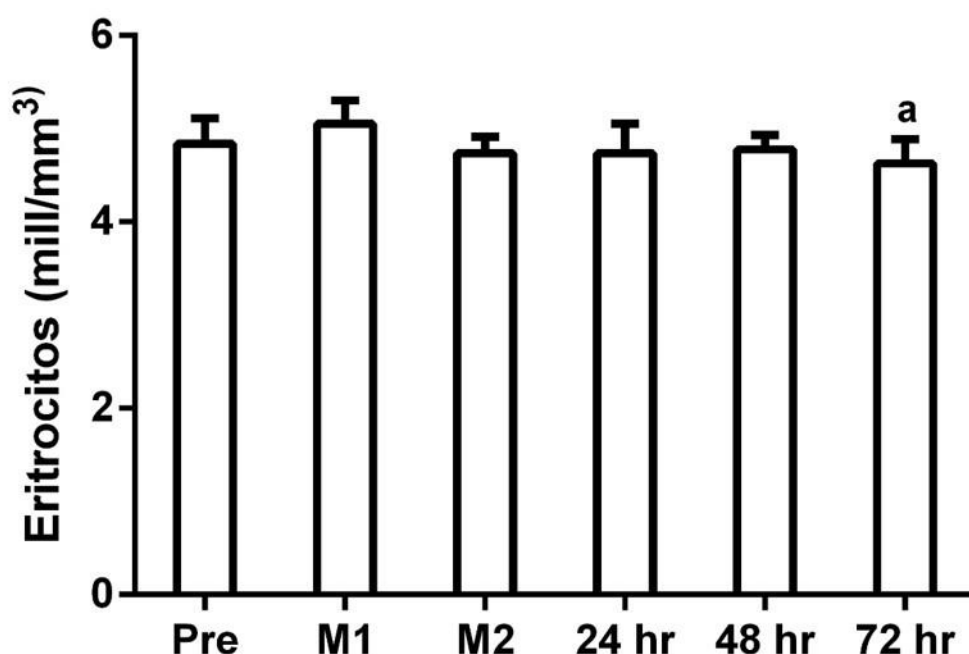
Variable	<i>Control</i>	<i>Experimental</i>	Valor de <i>p</i>
	<i>M ± DE</i>		
Edad (años)	19.5 ± 2.7	20.6 ± 2.7	.659
Estatura (cm)	175.6 ± 6.0	174.1 ± 6.5	.814
Peso (kg)	64.6 ± 6.5	63.6 ± 8.8	.108
Grasa (%)	18.9 ± 4.4	17.5 ± 4.3	.774
VO <sub>2</sub> max (mL/Kg/min)	59.6 ± 5.5	59.28 ± 4.1	.524

Cabe mencionar que los datos de estatura, peso y porcentaje de grasa se obtuvieron por absorciometría dual de rayos x.



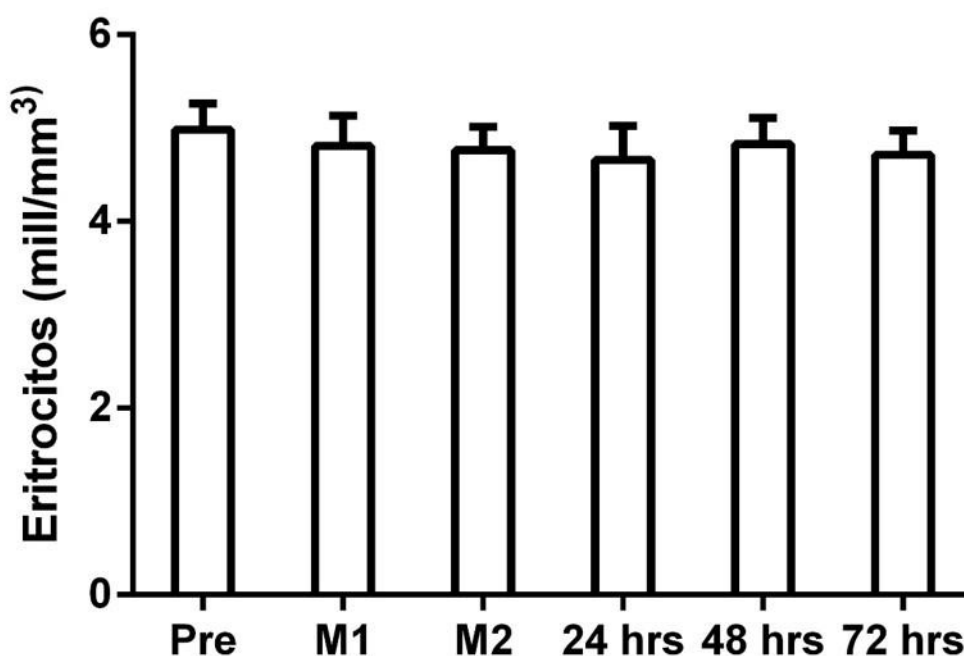
## Resultados de biometría hemática

En la figura 13 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de eritrocitos del grupo control, mostrando una ligera disminución con un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada a las 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al terminar las dos semanas de entrenamiento de base, sin salir de los rangos de normalidad del recuento de eritrocitos.



*Figura 13.* Eritrocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a la toma M1.

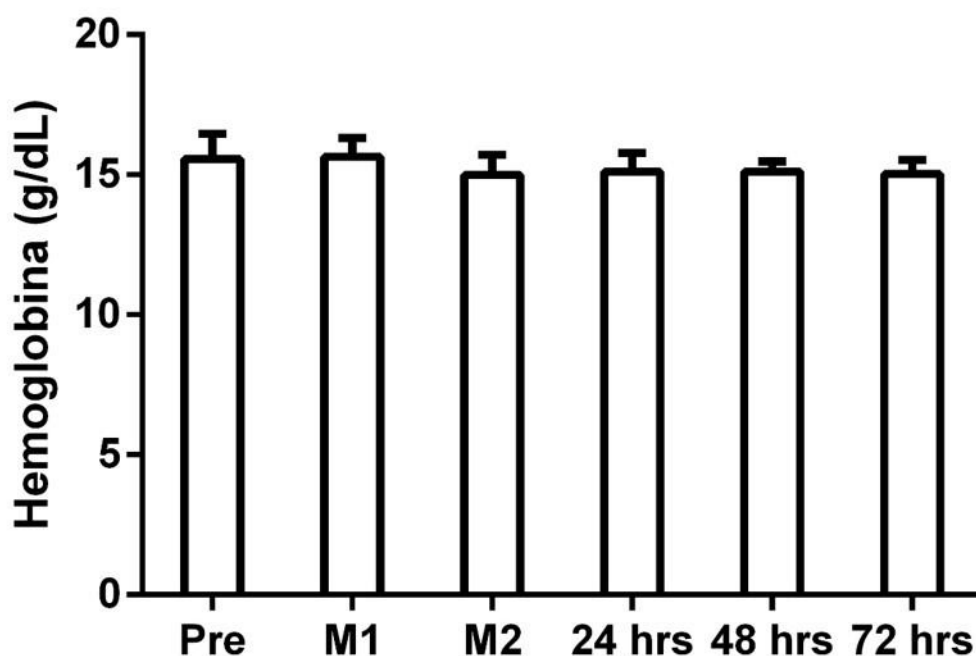
La figura 14 representa un comportamiento estable durante las seis tomas realizadas en el estudio del nivel de eritrocitos del grupo experimental, en las cuales no muestra diferencia significativa.



*Figura 14.* Eritrocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

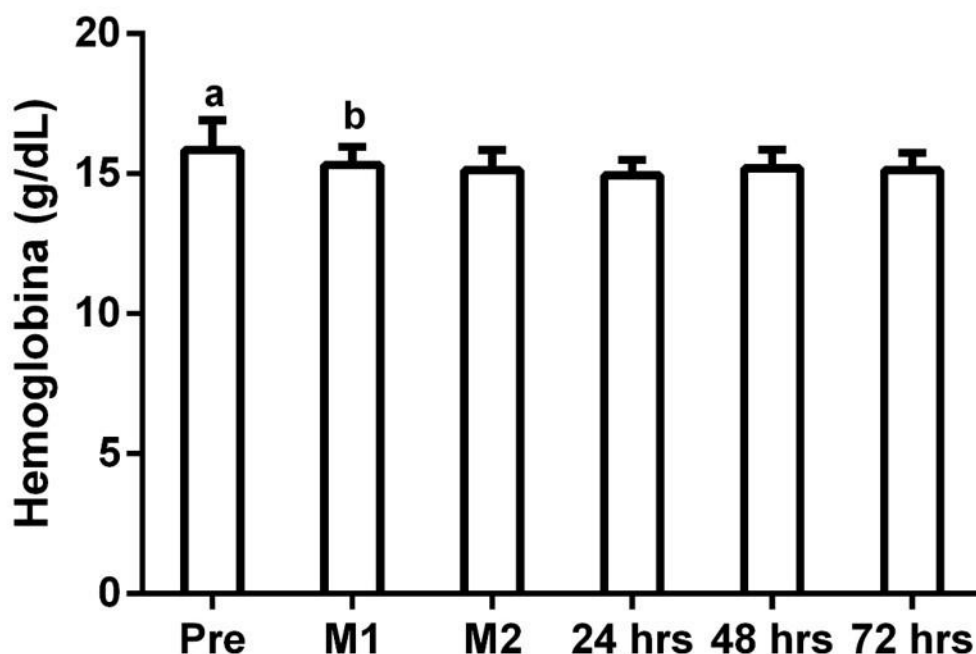


La figura 15 representa un comportamiento estable durante las seis tomas realizadas en el estudio del nivel de hemoglobina del grupo control, en las cuales no muestra diferencia significativa.



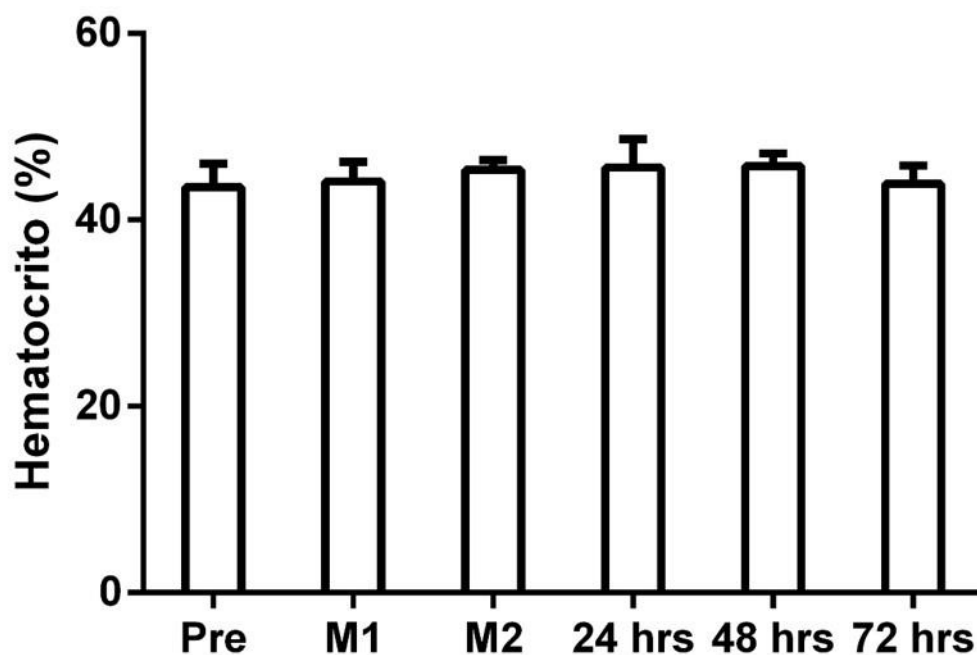
*Figura 15.* Hemoglobina en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

En la figura 16 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de hemoglobina del grupo experimental, mostrando una ligera disminución con un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, así como la toma realizada a las 24 horas después de terminado el entrenamiento intenso y la toma realizada a las 72 horas después de finalizado el entrenamiento con respecto a la toma realizada previo a la ingesta del jugo; así mismo muestra una ligera disminución con un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada a las 24 horas después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base, sin salir de los rangos de normalidad del recuento de hemoglobina.



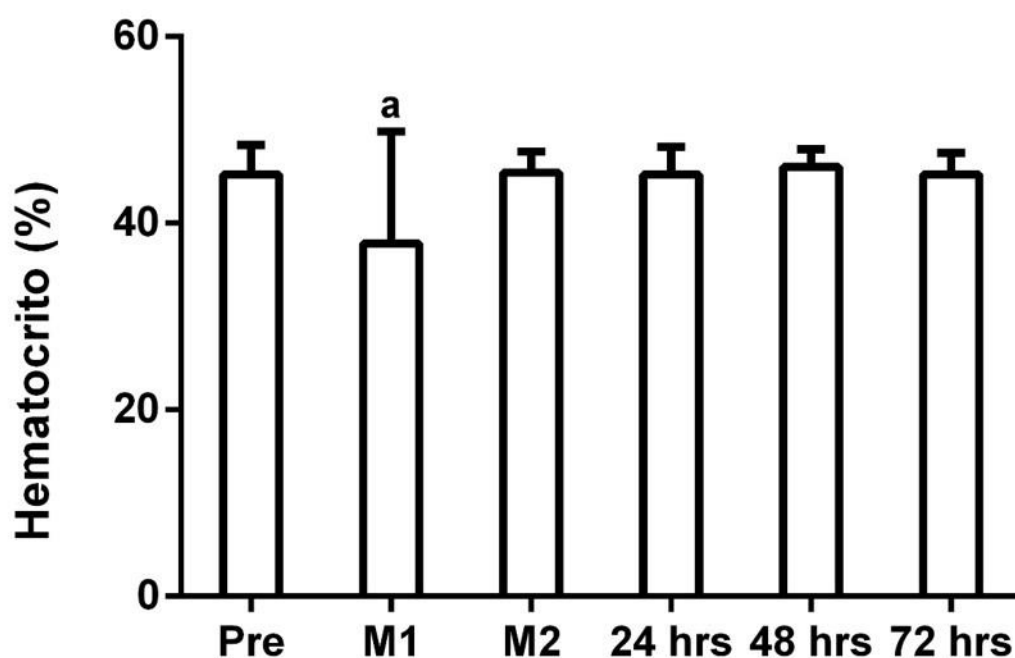
*Figura 16.* Hemoglobina en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs y 72 hrs. **b** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a la toma 24 hrs.

La figura 17 representa un comportamiento estable durante las seis tomas realizadas en el estudio del nivel de hematocrito del grupo control, en las cuales no muestra diferencia significativa.



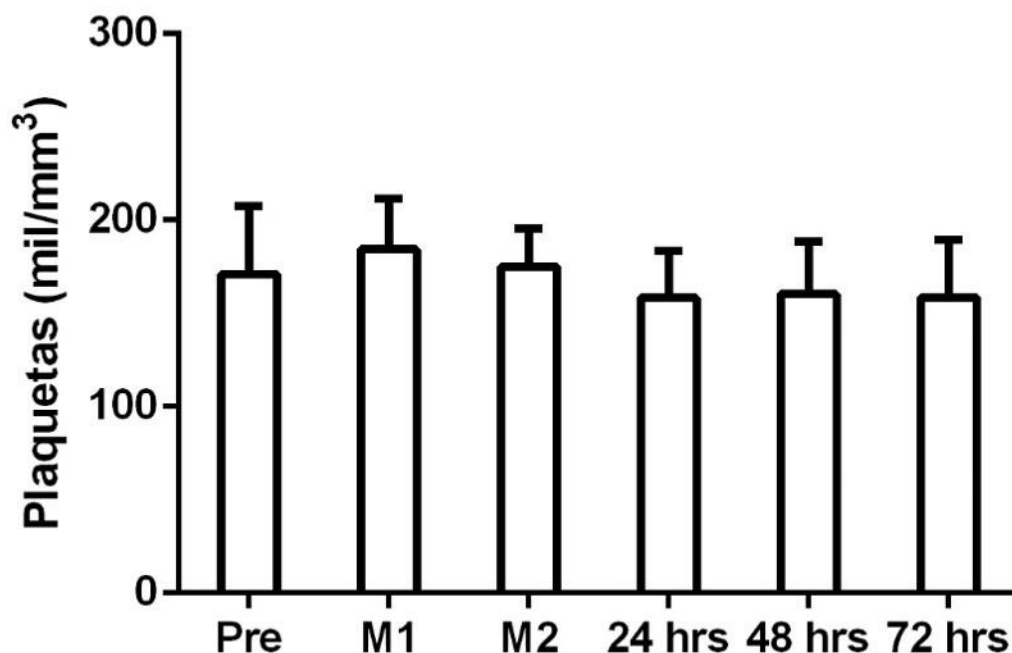
*Figura 17.* Hematocrito en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

En la figura 18 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de hematocrito del grupo experimental, mostrando un ligero aumento con un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma previa a la ingesta del jugo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, y las tres tomas de recuperación a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso, a las 48 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso y a las 72 horas después de haber finalizado el entrenamiento intenso, con respecto a la toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base.



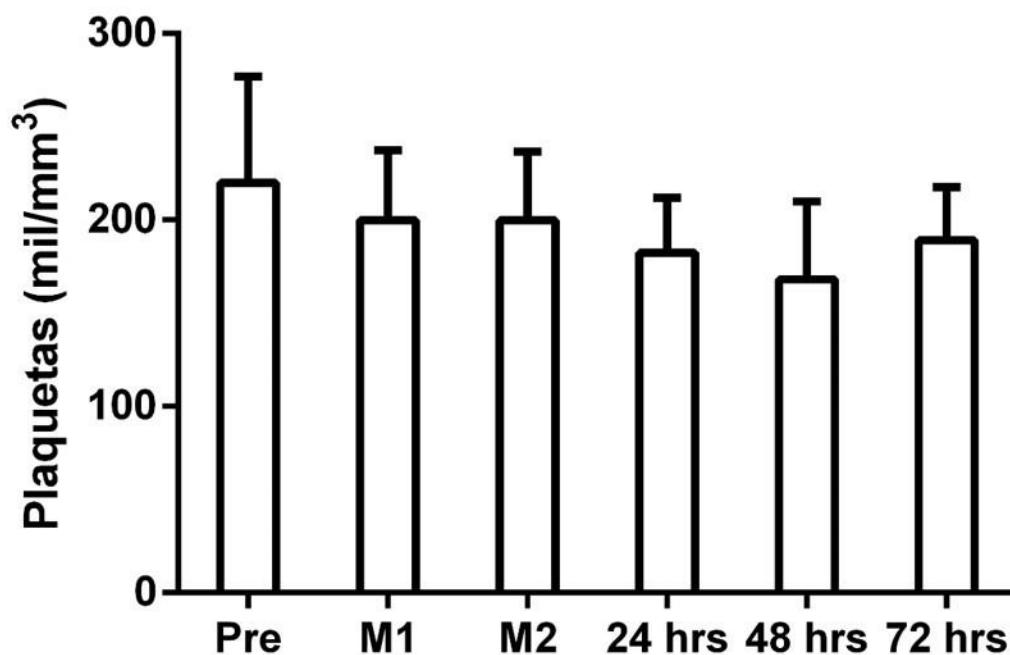
*Figura 18.* Hematocrito en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas Pre, M2, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs.

La figura 19 representa un comportamiento estable durante las seis tomas realizadas en el estudio del nivel de plaquetas del grupo control, en las cuales no muestra diferencia significativa.



*Figura 19.* Plaquetas en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

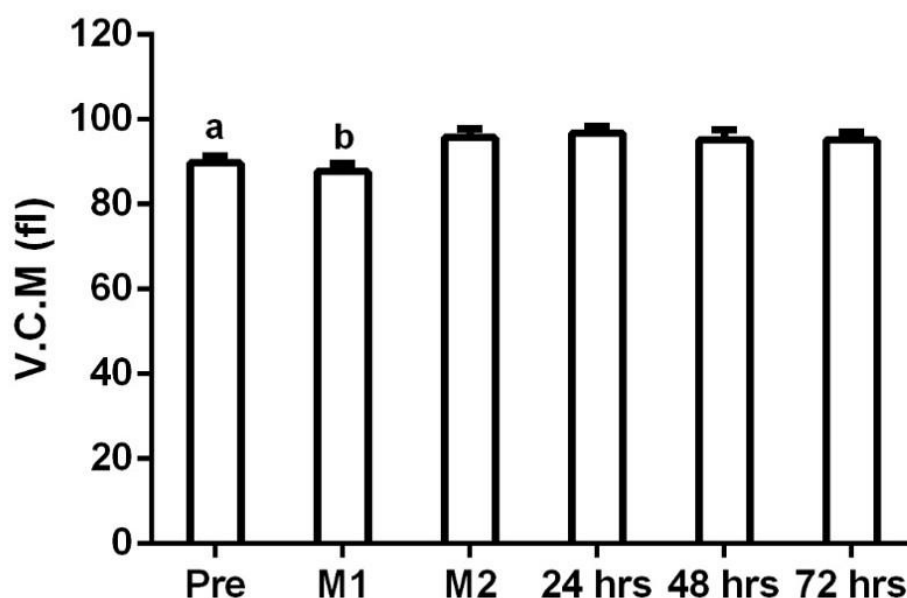
La figura 20 representa un comportamiento estable durante las seis tomas realizadas en el estudio del nivel de plaquetas del grupo experimental, en las cuales no muestra diferencia significativa.



*Figura 20.* Plaquetas en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.



En la figura 21 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de volumen corpuscular medio del grupo control, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, así como en las tres tomas de recuperación, a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso, a las 48 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso y a las 72 horas después de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada antes del inicio del estudio; así mismo muestra un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, así como en las tres tomas de recuperación, a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso, a las 48 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso y a las 72 horas después de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base.



*Figura 21.* V.C.M en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs.

En la figura 22 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de volumen corpuscular medio del grupo experimental, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ). en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, así como en las tres tomas de recuperación, a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso, a las 48 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso y a las 72 horas después de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada antes del inicio del estudio; así mismo muestra un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, así como en las tres tomas de recuperación, a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso, a las 48 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso y a las 72 horas después de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base.

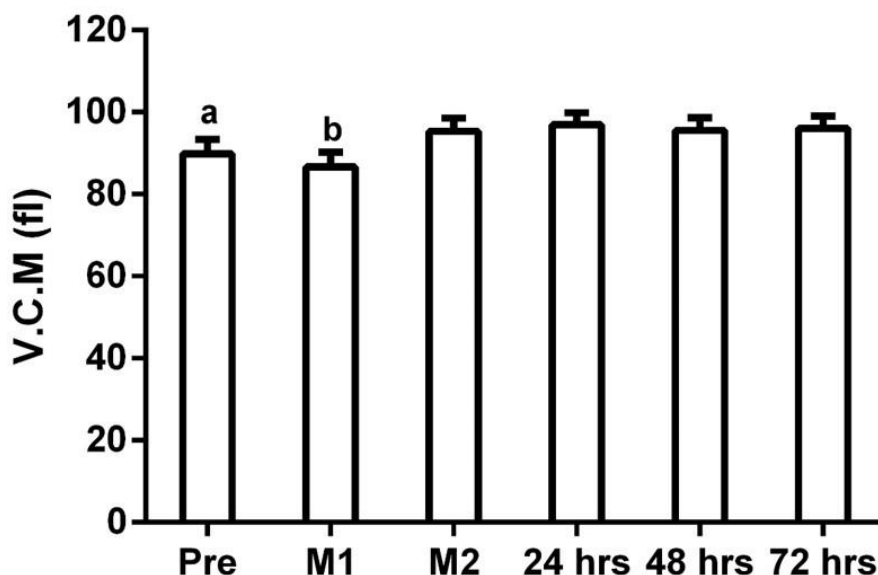
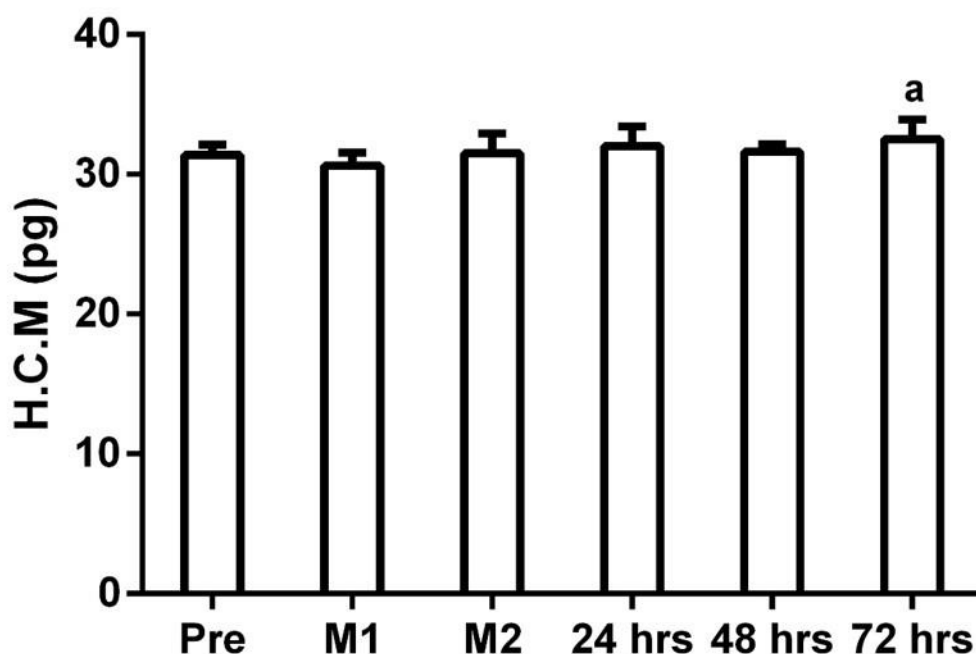


Figura 22. V.C.M en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs.

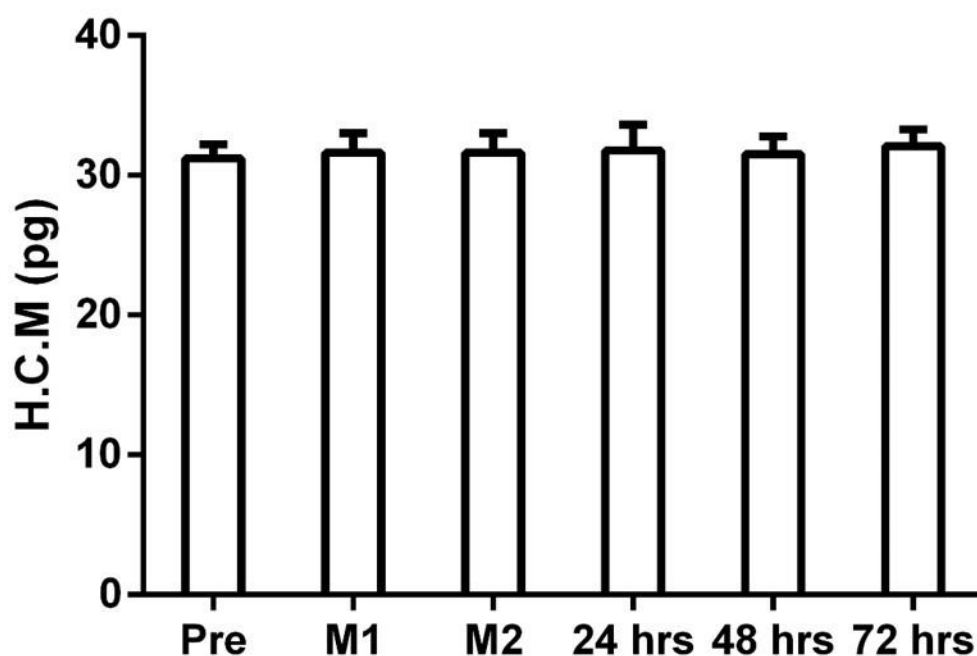


En la figura 23 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de hemoglobina corpuscular media del grupo control, mostrando un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base con respecto a la toma de recuperación realizada 72 hora después del finalizar el entrenamiento intenso.



*Figura 23.* H.C.M en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a la toma M1.

En la figura 24 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de hemoglobina corpuscular media del grupo experimental, en las cuales evidencia que no hubo un cambio significativo.



*Figura 24.* H.C.M en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

En la figura 25 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de concentración de hemoglobina corpuscular media del grupo control, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada 48 hrs después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al inicio del estudio; así mismo muestra un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, en la toma de 24 horas después de finalizado el entrenamiento intenso y en la toma realizada a las 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al inicio del estudio; así como también muestra un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, la toma realizada a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso y la toma de 48 horas después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base.

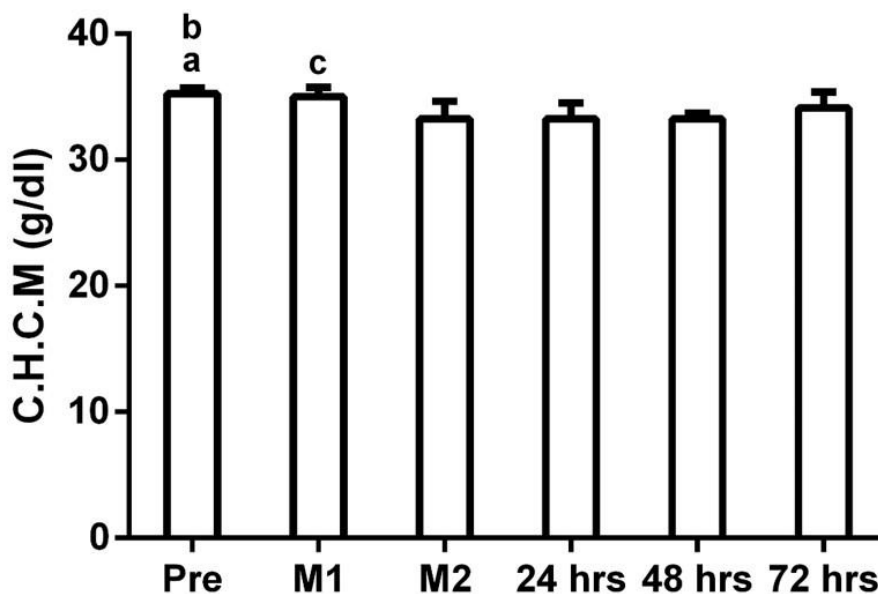
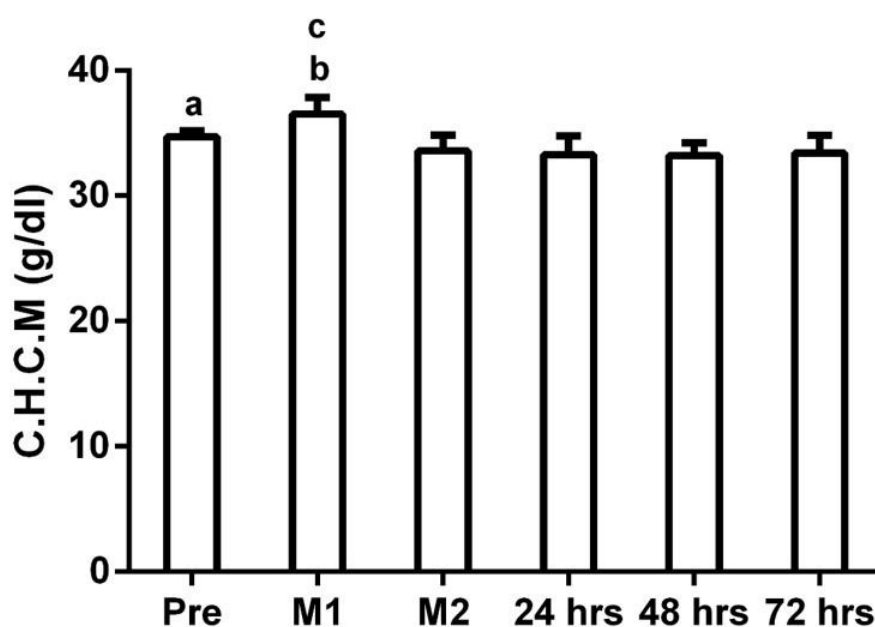


Figura 25. C.H.C.M en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas 48 hrs. **b** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs y 72 hrs. **c** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas M2, 24 hrs y 48 hrs.

En la figura 26 se muestra un comportamiento estable durante todas las tomas en el nivel de concentración de hemoglobina corpuscular media del grupo experimental, mostrando un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base, así como la toma realizada al terminar el entrenamiento intenso y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al inicio del estudio; también muestra un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso, así como en la toma realizada a las 24 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso y a las 48 horas de finalizado el entrenamiento intenso y un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso con respecto al entrenamiento de base.



*Figura 26.* C.H.C.M en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. a = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas M1, M2, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs. b = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a la toma M2. c = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs.

A partir de los datos obtenidos de la biometría hemática se tomó en cuenta la serie blanca, debido a que ésta es la responsable de reaccionar como primera línea de defensa en el cuidado del sistema inmunológico.

**Determinar la respuesta inmune y la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio en atletas previo a la ingesta de zarzamora (Objetivo 1)**

Para dar respuesta al primer objetivo de nuestro estudio que menciona determinar la respuesta inmune y la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio en atletas previo a la ingesta de zarzamora, se presentan a continuación en la tabla 5 los resultados que muestran una homogeneidad en la respuesta inmune entre ambos grupos.

Tabla 5  
*Respuesta inmune en ambos grupos previo a la ingesta de zarzamora*

Variable	<i>Media y desviación estándar</i>		Valor de <i>p</i>
	<i>Control</i>	<i>Experimental</i>	
Leucocitos	5.45 ± 1.6	6.13 ± 0.9	.466
Linfocitos	1.99 ± 0.3	2.23 ± 0.3	.744
Neutrófilos	3.24 ± 1.2	3.66 ± 0.70	.422
Eosinófilos	0.03 ± 0.0	0.03 ± 0.0	1.000
Basófilos	-	-	-
Monocitos	0.17 ± 0.0	0.19 ± 0.10	.992

*Nota:* Para la variable de Basófilos se ha omitido los valores al ser constantes en 0 y remplazado con un signo ( - ).

A continuación se presenta en la tabla 6 los resultados que muestran una homogeneidad en la ingesta de antioxidantes, entre ambos grupos.

Tabla 6

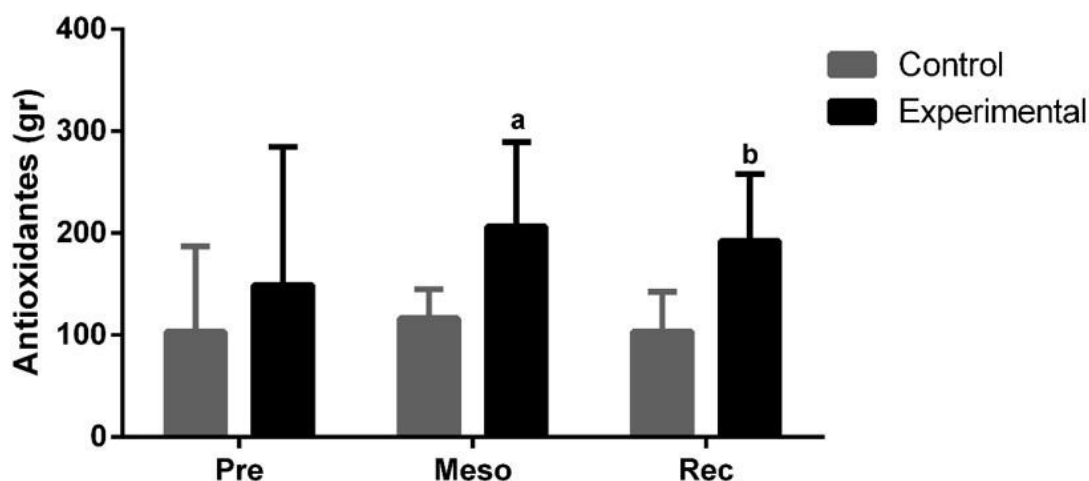
*Consumo de antioxidantes en ingesta habitual en ambos grupos previo a la ingesta de zarzamora*

Variable	<i>Media y desviación estándar</i>		Valor de <i>p</i>
	<i>Control</i>	<i>Experimental</i>	
Vitamina E	15.72 ± 12.5	11.9 ± 13.2	.237
Vitamina C	87.39 ± 73.72	137.1 ± 131.9	.633
Antioxidantes	103.1 ± 83.9	149.1 ± 135.5	.633

### **Efecto de la ingesta de zarzamora en la respuesta inmune producida por un entrenamiento de alta intensidad y durante el proceso de recuperación (Objetivo dos)**

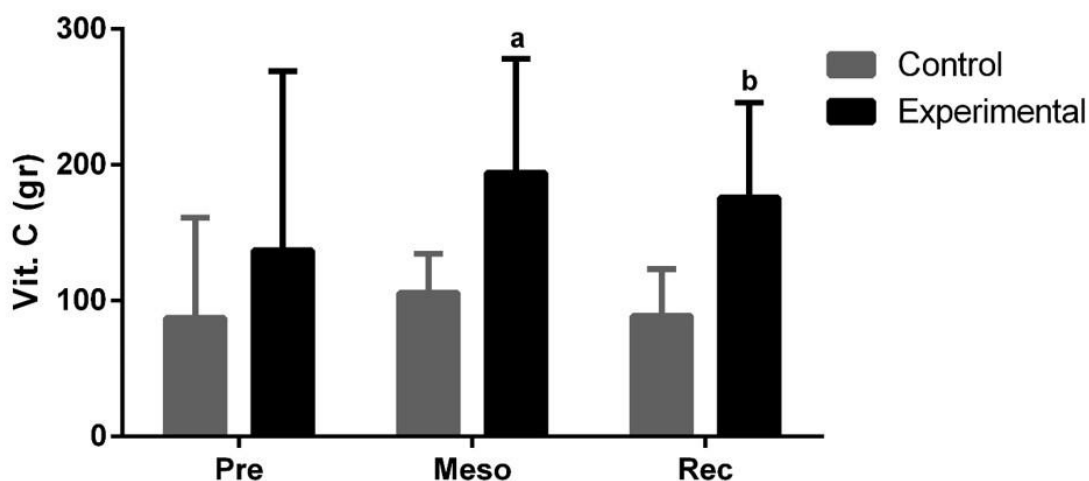
Con el fin evaluar el efecto de la ingesta de zarzamora sobre la respuesta inmune producida por un entrenamiento de alta intensidad y durante el proceso de recuperación mencionado en el objetivo número dos de nuestro estudio, se muestran a continuación las figuras correspondientes a la ingesta dietaria y las figuras correspondientes al comportamiento del sistema inmune con base en la serie blanca de la biometría hemática.

La figura 27 representa la diferencia de la ingesta de antioxidantes entre los grupos durante los diferentes tiempos del entrenamiento, mostrando diferencias significativas del grupo experimental respecto al grupo control en la toma realizada en el tiempo de entrenamiento y en la toma realizada en la recuperación.



*Figura 27.* Ingesta de antioxidantes en los diferentes tiempos de entrenamiento en atletas de fondo y medio fondo entre grupos. Pre = Ingesta de antioxidantes realizada antes de inicio del estudio. Meso = Ingesta de antioxidantes realizada durante el entrenamiento. Rec = Ingesta de antioxidantes realizada durante la recuperación. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la ingesta del grupo control en la toma Meso. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la ingesta del grupo control en la toma Rec.

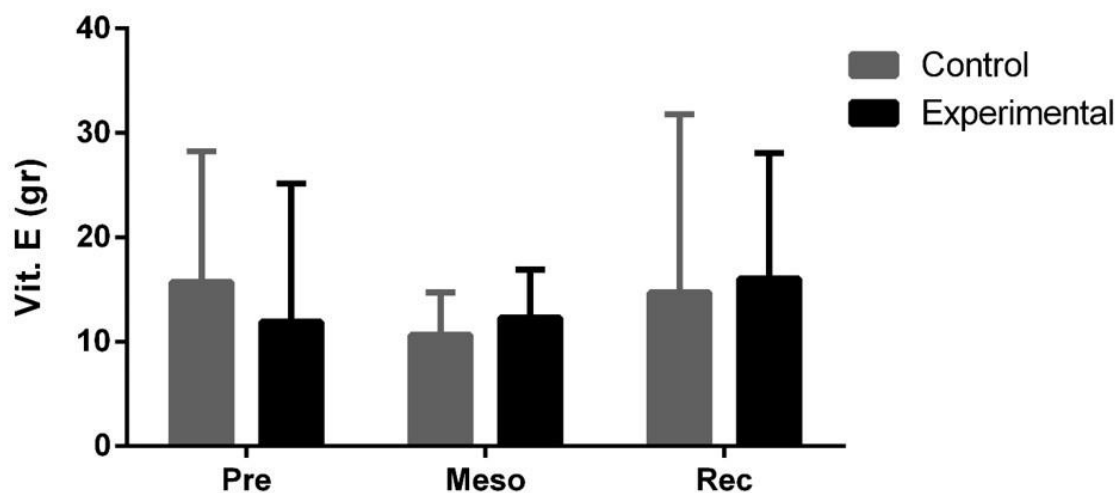
La figura 28 representa la diferencia de la ingesta de vitamina C entre los grupos durante los diferentes tiempos del entrenamiento, mostrando diferencias significativas del grupo experimental respecto al grupo control en la toma realizada en el tiempo de entrenamiento y en la toma realizada en la recuperación.



*Figura 28.* Ingesta de vitamina C en los diferentes tiempos de entrenamiento en atletas de fondo y medio fondo entre grupos. Pre = Ingesta de vitamina C realizada antes de inicio del estudio. Meso = Ingesta de vitamina C realizada durante el entrenamiento. Rec = Ingesta de Vitamina C realizada durante la recuperación. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la ingesta del grupo control en la toma Meso. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la ingesta del grupo control en la toma Rec.

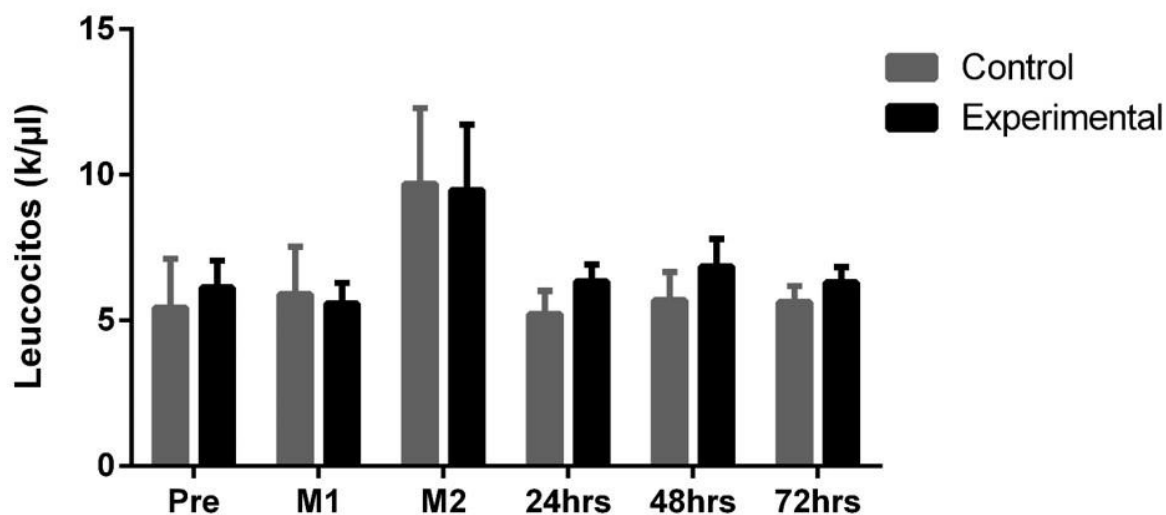


La figura 29 representa la ingesta de vitamina E entre los grupos durante los diferentes tiempos del entrenamiento, mostrando que no existen diferencias significativas del grupo experimental respecto al grupo control en ninguna de las tomas.



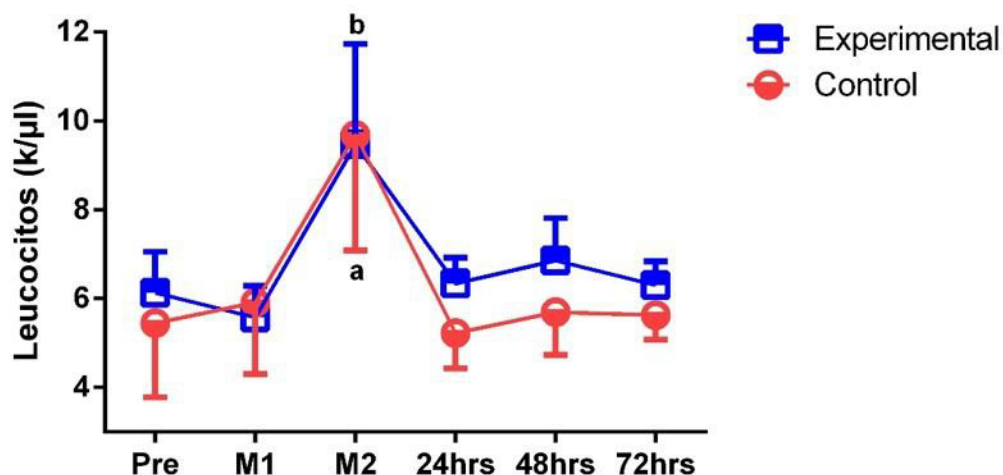
*Figura 29.* Ingesta de vitamina E en los diferentes tiempos de entrenamiento en atletas de fondo y medio fondo entre grupos. Pre = Ingesta de vitamina E realizada antes de inicio del estudio. Meso = Ingesta de vitamina E realizada durante el entrenamiento. Rec = Ingesta de Vitamina E realizada durante la recuperación.

En la figura 30 se pone de manifiesto la comparación entre grupos del comportamiento de leucocitos mostrando que no existen diferencias significativas del grupo experimental respecto al grupo control en ninguna de las tomas evidenciando un comportamiento similar entre grupos en todas las tomas.



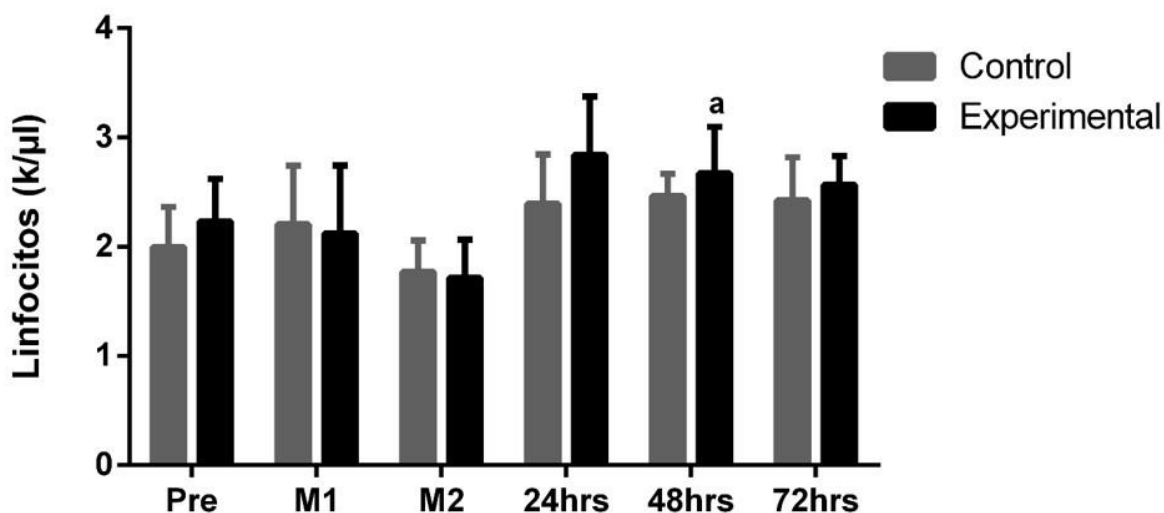
*Figura 30.* Leucocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo entre ambos grupos. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

En la figura 31 se observa el comportamiento de leucocitos entre tomas de ambos grupos en los diferentes tiempos, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del placebo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso del grupo control y; el grupo experimental muestra un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del placebo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso.



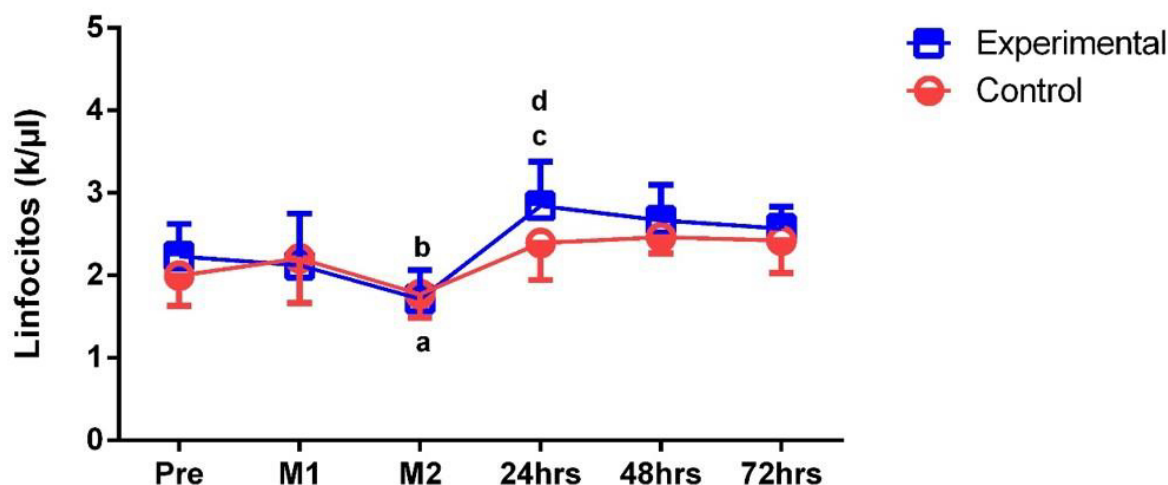
*Figura 31.* Leucocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo de ambos grupos. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las toma Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs, y 72 hrs en el grupo control. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las toma Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs, y 72 hrs en el grupo experimental.

En la figura 32 se pone de manifiesto el comportamiento de linfocitos en la comparación de cada toma entre el grupo control contra el grupo experimental mostrando una diferencia significativa ( $p < .05$ ) la toma realizada a las 48 horas después de finalizado el entrenamiento intenso, el resto de las tomas tiene un comportamiento similar entre grupos.



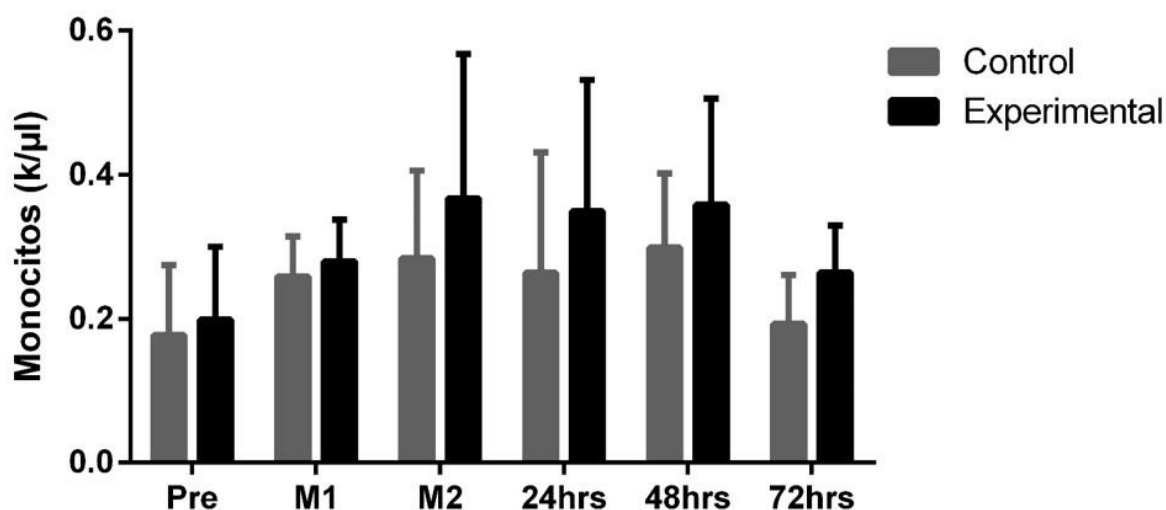
*Figura 32.* Linfocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. a = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto al grupo control.

En la figura 33 se observa el comportamiento de linfocitos entre tomas de ambos grupos en los diferentes tiempos, mostrando un cambio significativo ( $p < .05$ ) en las tomas de recuperación 24, 48 y 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso para el grupo control. El grupo experimental muestra un cambio significativo ( $p < .01$ ) en las tomas de recuperación 24, 48 y 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso, así como una diferencia significativa ( $p < .01$ ) en la toma al finalizar el entrenamiento de base y la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso con respecto a la toma de recuperación de 24 horas después de finalizado el entrenamiento intenso y una diferencia significativa ( $p < .05$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del jugo con respecto a la toma realizada a las 24 horas después de finalizado el entrenamiento intenso.



*Figura 33.* Linfocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo de ambos grupos. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs en el grupo control. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs en el grupo experimental. **c** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a la toma Pre en el grupo experimental. **d** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas M1 y M2 en el grupo experimental.

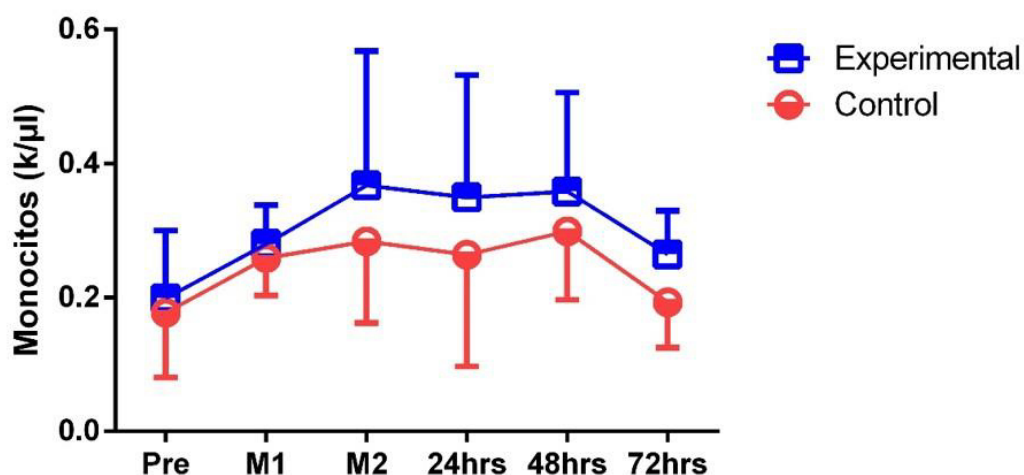
En la figura 34 se pone de manifiesto el comportamiento de monocitos en la comparación de cada toma entre el grupo control contra el grupo experimental mostrando que no existen diferencias significativas del grupo experimental respecto al grupo control en ninguna de las tomas evidenciando un comportamiento similar entre grupos.



*Figura 34.* Monocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

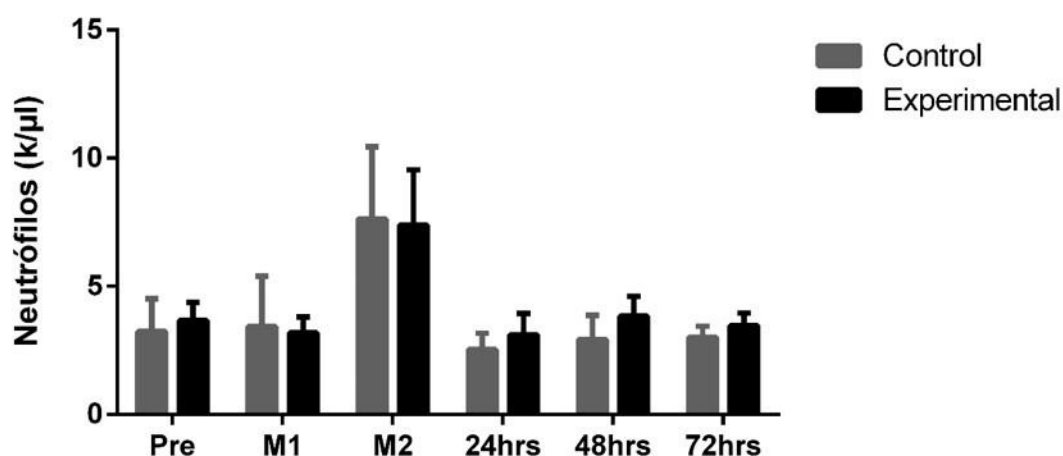


En la figura 35 se observa el comportamiento de monocitos entre tomas de ambos grupos en los diferentes tiempos, en las cuales ninguna de las seis tomas en los diferentes tiempos representa un cambio significativo ni para el grupo control, como tampoco para el grupo experimental.



*Figura 35.* Monocitos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo de ambos grupos. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

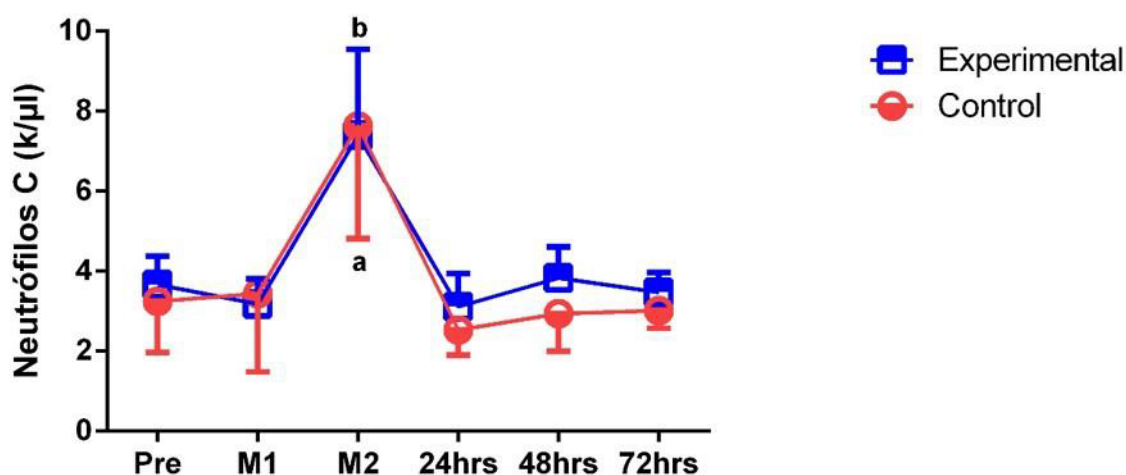
En la figura 36 se pone de manifiesto el comportamiento de monocitos en la comparación de cada toma entre el grupo control contra el grupo experimental mostrando que no existen diferencias significativas del grupo experimental respecto al grupo control en ninguna de las tomas evidenciando un comportamiento similar entre grupos.



*Figura 36.* Neutrófilos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.



En la figura 37 se observa el comportamiento de neutrófilos entre tomas de ambos grupos en los diferentes tiempos, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del placebo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso del grupo control; las tomas en el grupo experimental muestran un comportamiento similar ya que evidencian un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del placebo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso.

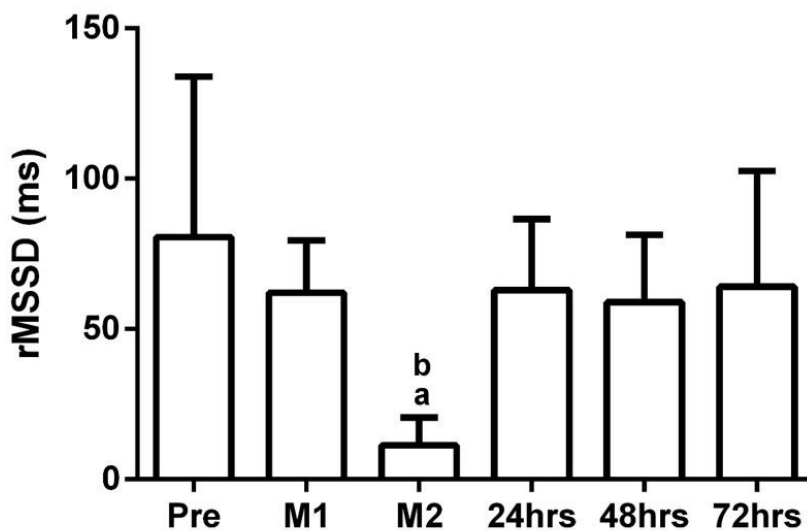


*Figura 37.* Neutrófilos en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo de ambos grupos. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs en el grupo control. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs en el grupo experimental.

### Control del estrés físico producido por el entrenamiento a través de la vía simpática y para simpática (Objetivo tres)

Con el fin evaluar el estrés físico producido por el entrenamiento a través de la vía simpática y para simpática mencionado en el objetivo número tres de nuestro estudio, se muestran las figuras correspondientes a las variables de dominio de tiempo de la VFC que nos aportan información de fatiga y recuperación en el entrenamiento.

En la figura 38 se muestra el comportamiento de la rMSSD del grupo control en las diferentes tomas, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma antes de la ingesta del placebo con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de alta intensidad y un cambio significativo ( $p < .05$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base, así como en la toma 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso y a las 72 horas después de realizar el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso.



*Figura 38.* rMSSD en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la toma Pre. **b** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas M1, 24 hrs y 72 hrs.

En la figura 39 se muestra el comportamiento de la rMSSD del grupo experimental en las diferentes tomas, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del jugo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso; también presenta un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso y un cambio significativo ( $p < .05$ ) en las tomas 48 y 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso, ambas con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base.

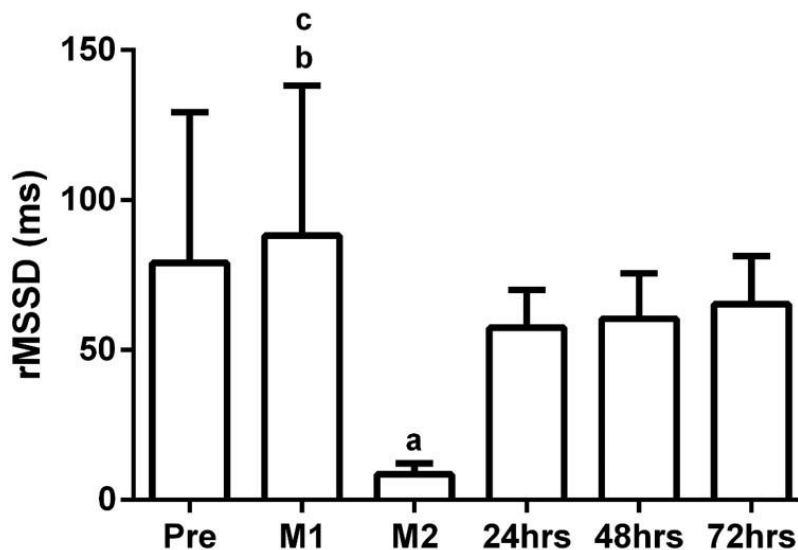
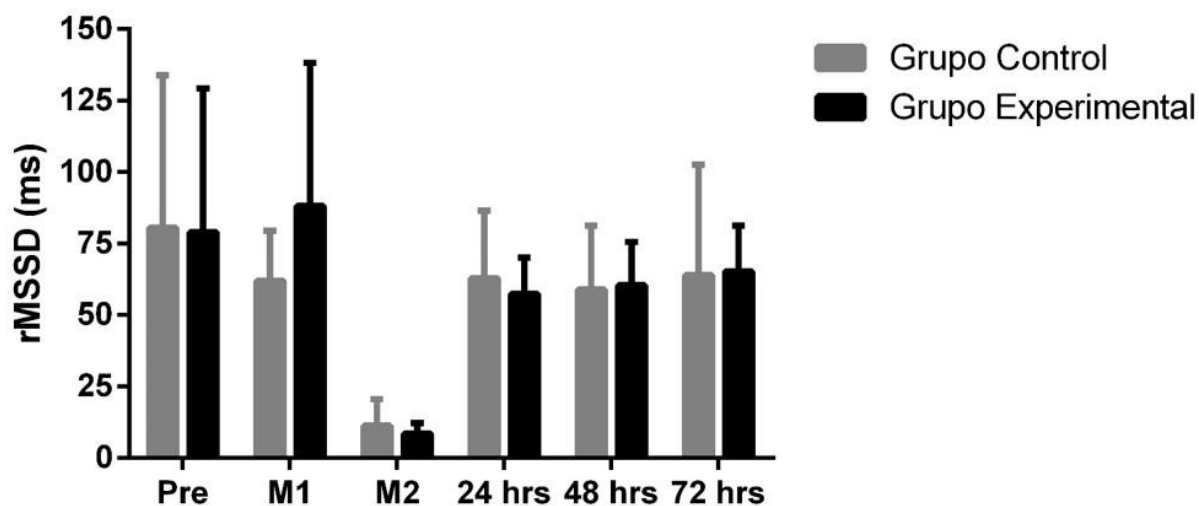


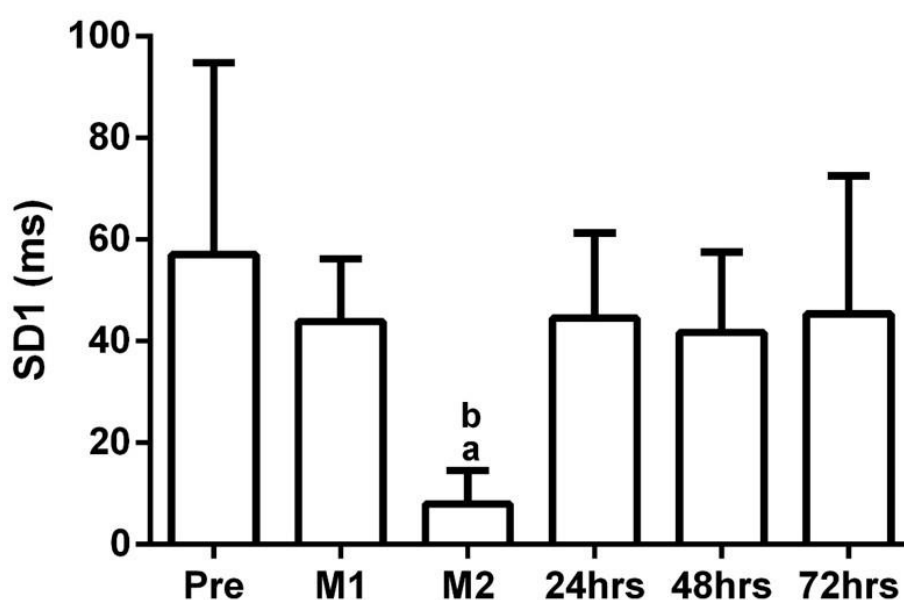
Figura 39. rMSSD en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. a = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la toma Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs. b = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a las tomas 24 hrs. c = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a la toma 48 hrs y 72 hrs.

En la figura 40 se pone de manifiesto el comportamiento de la rMSSD en la comparación de cada toma entre el grupo control contra el grupo experimental las cuales no presentan diferencias significativas.



*Figura 40.* rMSSD en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo entre el grupo control y el grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

En la figura 41 se muestra el comportamiento de la SD1 del grupo control en las diferentes tomas, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada antes del inicio de ingesta de placebo con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de alto rendimiento y un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base, así como las tomas realizadas a las 24 y a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso.



*Figura 41.* SD1 en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la toma Pre. **b** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas M1, 24 hrs y 72 hrs.

En la figura 42 se muestra el comportamiento de la SD1 del grupo experimental en las diferentes tomas, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada previo a la ingesta del jugo, así como en la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y en las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas de haber finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso; también presenta un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso y un cambio significativo ( $p < .05$ ) en las tomas 48 y 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso, ambas con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base.

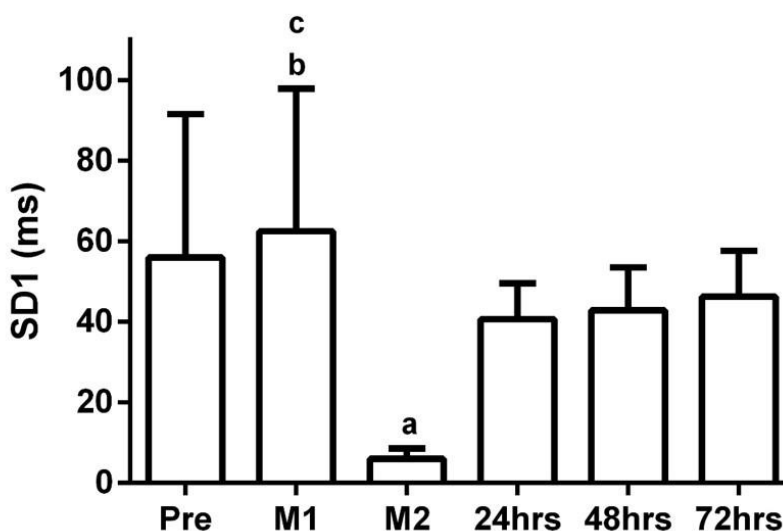
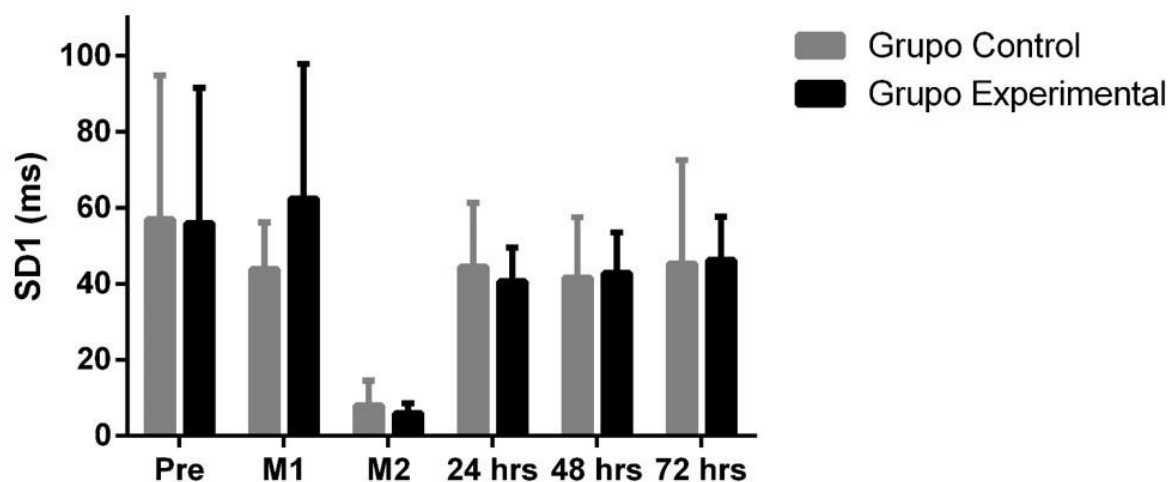


Figura 42. SD1 en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. a = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la toma Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs. b = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la toma 24 hrs. c = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) con respecto a las tomas 48 hrs y 72 hrs.

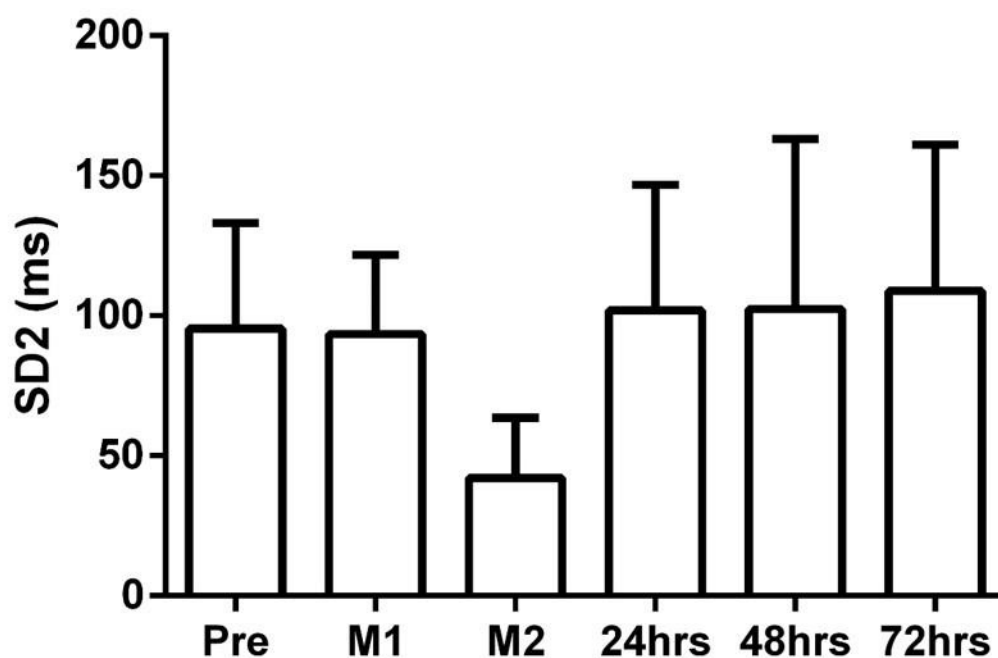


En la figura 43 se pone de manifiesto el comportamiento de la SD1 en la comparación de cada toma entre el grupo control contra el grupo experimental las cuales no presentan diferencias significativas.



*Figura 43.* SD1 en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo entre el grupo control y el grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

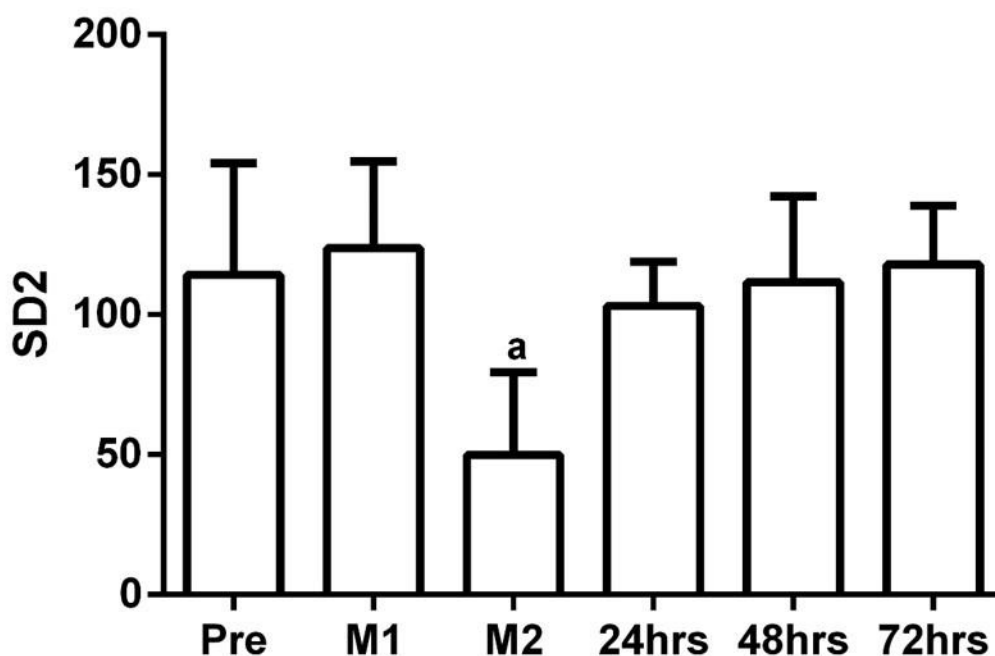
En la figura 44 se muestra el comportamiento de la SD2 del grupo control en las diferentes tomas, cuales no presentan diferencia significativa.



*Figura 44.* SD2 en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo control. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso.

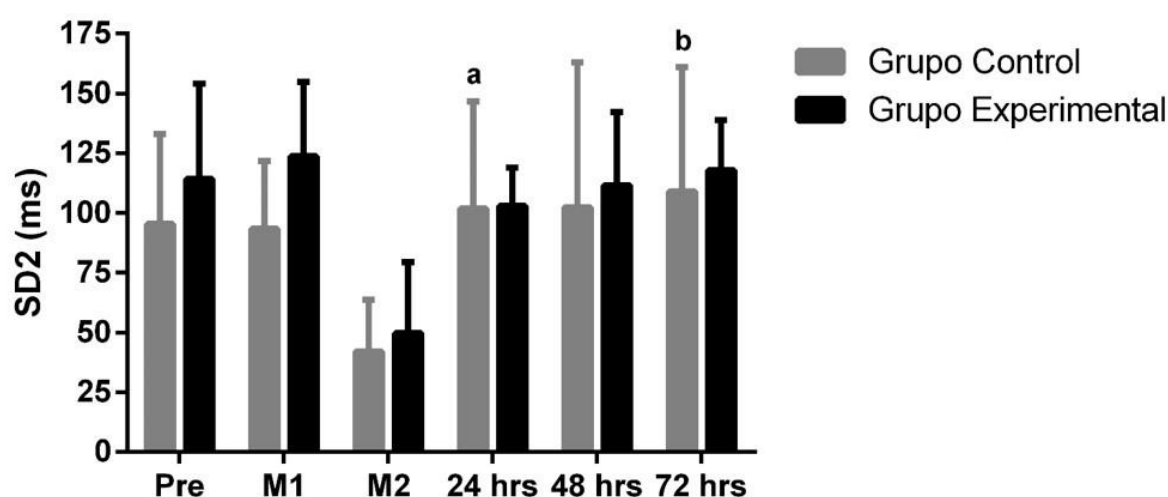


En la figura 45 se muestra el comportamiento de la SD2 del grupo experimental en las diferentes tomas, mostrando un cambio significativo ( $p < .01$ ) en la tomas realizada antes de la ingesta del jugo, así como la toma realizada al finalizar el entrenamiento de base y las tres tomas de recuperación a las 24, 48 y 72 horas después de finalizado el entrenamiento intenso con respecto a la toma realizada al finalizar el entrenamiento intenso.



*Figura 45.* SD2 en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo del grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. a = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) con respecto a la toma Pre, M1, 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs.

En la figura 46 se pone de manifiesto el comportamiento de la SD2 en la comparación de cada toma entre el grupo control contra el grupo experimental mostrando una diferencia significativa ( $p < .05$ ) la toma realizada a las 24 horas de finalizado el entrenamiento intenso y una diferencia significativa ( $p < .01$ ) en la toma realizada a las 72 horas de finalizado el entrenamiento intenso; el resto de las tomas tiene un comportamiento similar entre grupos.



*Figura 46.* SD2 en las diferentes tomas en atletas de fondo y medio fondo entre el grupo control y el grupo experimental. Pre = Toma realizada antes de inicio de protocolo. M1 = Toma realizada al finalizar los microciclos de entrenamiento de base. M2 = Toma realizada al finalizar el microciclo de entrenamiento intenso. 24 hr = Toma realizada a las 24 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 48 hr = Toma realizada a las 48 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. 72 hr = Toma realizada a las 72 horas después de finalizar el entrenamiento intenso. **a** = Diferencia significativa ( $p < .05$ ) en la misma toma con respecto al grupo experimental. **b** = Diferencia significativa ( $p < .01$ ) en la misma toma con respecto al grupo experimental.

### Relación de la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio con la respuesta inmune durante el proceso de recuperación de atletas con ingesta de zarzamora (Objetivo 4)

Con el fin de relacionar la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio con la respuesta inmune durante el proceso de recuperación de atletas con ingesta de zarzamora mencionado en el objetivo número cuatro de nuestro estudio, se muestran a continuación la tabla 7 correspondiente a las variables directamente relacionadas con el sistema inmune y antioxidantes.

Tabla 7  
*Correlación de marcadores del sistema inmunológico e ingesta de antioxidantes*

		<i>Vit. C</i>	<i>Vit. E</i>	<i>Antioxidantes</i>
Leucocitos	Correlación de Spearman	-.094	-.044	-.102
	Sig. (bilateral)	.622	.817	.592
Linfocitos	Correlación de Spearman	-.125	-.311	-.133
	Sig. (bilateral)	.510	.095	.483
Monocitos	Correlación de Spearman	-.059	.139	-.099
	Sig. (bilateral)	.758	.463	.602
Neutrófilos	Correlación de Spearman	-.143	.029	-.142
	Sig. (bilateral)	.452	.878	.454
Eosinófilos	Correlación de Spearman	<b>.011</b>	-.154	<b>.021</b>
	Sig. (bilateral)	.953	.417	.910

*Nota:* Para la variable de Basófilos se ha omitido los valores al ser constantes en 0 y remplazado con un signo ( - ).

## Capítulo IV. Discusión

La intención de esta tesis fue conocer si la presencia de antioxidantes en el régimen alimenticio tiene influencia sobre el sistema inmunológico, debido a ello se discuten a continuación los resultados anteriormente presentados de acuerdo a los objetivos de la misma.

### **Determinar la respuesta inmune y la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio en atletas previo a la ingesta de zarzamora. Primer Objetivo**

Al determinar la respuesta inmune y la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio en atletas previo a la ingesta de zarzamora observamos que ambos grupos son homogéneos; de acuerdo a los resultados en la ingesta dietaria en el consumo de antioxidantes tanto de vitamina C, como de vitamina E, ambos grupos cubren los requerimientos correspondientes apoyando según Escamilla (2009) a la salud presentada por los sujetos participantes en el estudio, tal como lo menciona en su estudio flavonoides y sus acciones antioxidantes, donde menciona que la amplitud en los medios de comunicación sobre el consumo de una nutrición adecuada, ha venido a favorecer el uso cotidiano de estos nutrientes, sin embargo menciona también darle importancia a la educación alimentaria y no que sea por modismo.

A lo anterior, Coronado concuerda en su artículo Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana (Coronado, 2015), en el cual menciona que en la actualidad existe información en diferentes medios de comunicación que refieren el beneficio de los antioxidantes para el ser humano, al cual atribuyen un consumo de estos por parte de los jóvenes; en nuestra investigación, al realizar el cuestionario dietario a los atletas, mencionaban consumo habitual de frutos diversos, razón por la cual podemos deducir que se encontraban dentro de los rangos establecidos como normales debido a lo mencionado por Coronado.

Dorta y colaboradores en el año 2008, mencionaron que los flavonoides como metabolitos secundarios de las plantas, son usuales en la dieta y debido a que se les atribuye propiedades como efectos antioxidantes, antiinflamatorios y anticancerígenos, hay gran interés en la medicina alternativa, ya que pudieran favorecer a la salud de las personas.

Respecto a lo anterior, Zamora menciona que el consumo habitual de frutos altos en antioxidante, apoya al organismo a controlar los procesos metabólicos de oxidación. La vitamina E y vitamina C son elementos que inhiben las reacciones de oxidación mediante el bloqueo de radicales libres (Zamora, 2007). Como clave para el organismo, específicamente para la inmunidad de las células, es importante mantener el equilibrio entre el proceso de oxidación y los antioxidantes presentes con el fin de mantener una buena respuesta inmune.

Respecto al análisis de los resultados de respuesta inmune por biometría hemática de los atletas de fondo y medio fondo participantes en el estudio, todos se encontraron de acuerdo con López-Santiago (López-Santiago, 2016) dentro de los parámetros normales en serie blanca, sin presentar ninguna diferencia significativa entre ambos grupos, refiriéndonos al resultado de biometría hemática, como al de la ingesta de antioxidantes, presentando con ello un estado de salud aceptable y en condiciones similares entre los atletas para su participación en el estudio.

### **Efecto de la ingesta de zarzamora en la respuesta inmune producida por un entrenamiento de alta intensidad y durante el proceso de recuperación. Segundo Objetivo**

Respecto al efecto de la ingesta del jugo de zarzamora sobre la respuesta inmune en los diferentes tiempos de entrenamiento y de acuerdo a los resultados, en el tiempo establecido en nuestro estudio entre ambos grupos existe diferencia significativa en la ingesta de antioxidantes, así como en linfocitos.

En el estudio “Respuestas hematológicas, bioquímicas y de indicadores del perfil nutricional de los atletas fondistas después de intervención dietética”, realizado por Silva y colaboradores (Silva, 2006) en el cual participaron 9 atletas fondistas masculinos, dividieron su estudio en dos etapas en la primera etapa realizaron perfil antropométrico, cuestionamiento de ingesta dietaria y química sanguínea; conforme a resultados a cada sujeto se le otorgó una dieta personalizada la cual llevaron durante 9 meses, dicha dieta incluía un suplemento comercial básico de vitaminas y minerales, la siguiente etapa evaluaron nuevamente las mismas variables. En su estudio presentan un aumento de leucocitos de la segunda fase con respecto a la primera y en cuestión de linfocitos no presentaron diferencias significativas. Mencionan en sus resultados que la ingesta dietaria puede inferir en los parámetros bioquímicos ya que las actividades de alta intensidad inducen al estrés físico y metabólico y que los efectos de la adecuación nutricional de carbohidratos y micronutrientes pueden mejorar la disposición al entrenamiento y mejorar su estado óptimo.

En nuestro estudio existe una diferencia significativa entre ambos grupos en la ingesta de antioxidantes específicamente la vitamina C a partir de la ingesta y se mantiene así, hasta el final de la investigación, lo cual no sucede con la vitamina E, que en ningún momento existe diferencia significativa entre los grupos. En relación a la respuesta inmune, no se encontró una diferencia significativa entre grupos de leucocitos como lo menciona Silva, más sin embargo, obtuvimos una diferencia significativa en linfocitos después de la ingesta del jugo de zarzamora.

Los leucocitos aumentan en la toma M2 que se realiza al finalizar la semana de entrenamiento intenso, esto para ambos grupos debido al estrés que se provoca en el organismo lo cual concuerda con Sánchez-González et al. (2003) en su estudio “Asociación de las respuestas fisiológicas a los cambios metabólicos en el ejercicio físico extenuante” quienes de igual forma, presentan un aumento significativo en leucocitos al momento del entrenamiento intenso y mencionan que las respuestas fisiológicas debido al ejercicio físico extenuante se pueden aminorar por medio de la reposición de líquidos y contenido de la alimentación previo al esfuerzo. Razón por la

cual consideramos importante destacar que aun cuando no existe una diferencia significativa es notorio el comportamiento diferente de leucocitos del grupo experimental al grupo control. A partir de la primera toma de química sanguínea y después de la ingesta de la zarzamora, durante las dos semanas de entrenamiento de base los leucocitos del grupo experimental descienden, mientras el grupo control aumenta debido al ejercicio en la toma después del ejercicio de alta intensidad los leucocitos se elevan significativamente para ambos grupos, a las 24 horas del entrenamiento intenso los leucocitos disminuyen para ambos grupos, se elevan a las 48 horas y la diferencia aunque no significativa en las 72 horas es que el grupo experimental disminuye y los leucocitos para el grupo control continua en aumento.

En el estudio realizado por Cerrada “Comparación de parámetros hematológicos entre atletas y sedentarios del estado Zulia” (Cerrada, 2014) en el cual menciona que en sus resultados no existe variabilidad estadística sin embargo, concuerdan en que los segmentados aumentan según la intensidad del entrenamiento lo cual representa un estrés fisiológico, debido a que los leucocitos se incrementan a mayor intensidad de ejercicio.

Específicamente de linfocitos se muestra una diferencia significativa para el grupo experimental en la toma de las 48 horas, éstos se elevan primeramente a las 24 horas, bajando a las 48 y continua así hacia las 72 horas, no así con el grupo control quienes aumentan a las 24 horas y continúan aumentando para la toma de las 48 horas e inician su descenso hasta las 72, donde podemos decir que este comportamiento pudo ser influenciado por la ingesta de la zarzamora ya que tuvo un efecto favorable para el grupo experimental.

Hablando sobre monocitos quienes eliminan a determinados microorganismos y residuos celulares, y se encargan de defender al organismo de agentes infecciosos no mostraron cambios significativos en nuestros resultados. Ambos grupos tuvieron un comportamiento similar durante la investigación tampoco mostraron diferencias significativas entre tomas en ningún momento.

El comportamiento de neutrófilos fue como el de leucocitos e inversamente proporcional a linfocitos. Durante las dos semanas de entrenamiento de base los neutrófilos del grupo experimental descienden mientras el grupo control aumenta debido al ejercicio, en la toma después del ejercicio de alta intensidad los neutrófilos se elevan significativamente para ambos grupos, a las 24 horas del entrenamiento intenso los neutrófilos disminuyen para ambos grupos, se elevan a las 48 horas y la diferencia aunque no significativa en las 72 horas es que el grupo experimental disminuye y los neutrófilos para el grupo control aumentan.

### **Control del estrés físico producido por el entrenamiento a través de la vía simpática y para simpática. Tercer Objetivo**

Al evaluar el estrés físico producido por el entrenamiento, se observó el comportamiento de la VFC. La SD1 y la SD2 muestran un comportamiento similar a la rMSSD teniendo igualmente una disminución de los niveles en el entrenamiento intenso para posteriormente llegar a la recuperación. La SD1 no muestra diferencia significativa entre grupos, sin embargo la SD2 muestra una diferencia significativa en las tomas 24 hrs y 72 hrs entre grupos.

El método de dominio de tiempo rMSSD utilizado como indicador de actividad parasimpática, el cual disminuye en el momento de alta intensidad manteniendo una recuperación cada día para el grupo experimental, no así el grupo control que en efecto de igual forma disminuye al momento de alta intensidad mejora a las 24 hrs y a las 48 hrs presenta una disminución muy leve no significativa para recuperarse nuevamente en las 72 hrs. La disminución en el momento de alta intensidad presentada en nuestro estudio concuerda con Naranjo y colaboradores donde analizaron la fatiga por acumulación de cargas (Naranjo, 2015), de igual forma con Leme y colaboradores donde también presentan disminución de la rMSSD después de un descanso pasivo en atletas profesionales de balón mano, motivo por el cual mencionan que la recuperación es importante para limitar el sobre entrenamiento (Leme, 2015).



### **Relación de la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio con la respuesta inmune durante el proceso de recuperación de atletas con ingesta de zarzamora. Cuarto Objetivo**

Al relacionar la cantidad de antioxidantes presentes en el régimen alimenticio con la respuesta inmune durante el proceso de recuperación de atletas con ingesta de zarzamora, encontramos que los eosinófilos responden como una de sus principales funciones a la defensa de la inmunidad.

En el artículo “Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud”, Zamora concluye es de suma importancia apoyar al organismo con una adecuada alimentación, hace mención que las alteraciones de la alimentación respecto a la ingesta y absorción de nutrientes, pueden alterar negativamente el desarrollo físico, psíquico, de rendimiento y de salud, lo cual perjudica la calidad de vida de las personas; así pues, refiere que la nutrición adecuada es esencial para mantener las defensas antioxidantes (Zamora, 2007).

Por lo antes mencionado diferimos de lo referido por Gómez-Cabrera y colaboradores en su estudio “Suplementos antioxidantes en el ejercicio: ¿Peor que inútil?” (Gomez-Cabrera, 2012), quienes mencionan que los antioxidantes no presentan respuestas adaptativas a entrenamientos de resistencia; también se contraponen con Rostow y colaboradores quienes en el 2009 mencionan que el estrés oxidativo inducido por el ejercicio causa una respuesta adaptativa y la suplementación con antioxidantes puede evitar estos efectos del ejercicio en la promoción de la salud de los seres humanos.

De acuerdo con Sánchez en su revisión en el año 2009 que menciona que la práctica regular del ejercicio físico conlleva adaptaciones fisiológicas y que la alimentación en el entrenamiento juega un papel primordial en el rendimiento deportivo.

### **Conclusiones**

1. La presencia de antioxidantes en el régimen alimenticio, influye positivamente en la respuesta inmune durante la recuperación de atletas varoniles de fondo y medio fondo, por lo que nuestra hipótesis se acepta.
2. La incorporación de mega dosis de antioxidantes a través del jugo de zarzamora en la dieta habitual de los atletas participantes en el estudio, incrementa el contenido total de antioxidantes, específicamente de vitamina C.
3. La dosis y duración de la suplementación con antioxidantes del batido de zarzamora en atletas de fondo y medio fondo participantes en el presente estudio, muestran un cambio significativo en los indicadores bioquímicos monitoreados identificando su acción de defensa en el organismo ante la carga de entrenamiento.
4. La acumulación de cargas de entrenamiento afecta el equilibrio del sistema nervioso, observando que medido por la VFC a las 72 horas de recuperación el organismo vuelve a los valores normales, siendo entonces un método de útil aplicación para la medición de acumulación de cargas.

---

### Referencias bibliográficas

- Álvarez-Herms, J. S. (2012). Changes in heart rate recovery index after a programme of strength/endurance training in hypoxia. *Apunt Med Esport*, 47(173) 23-29.
- Aoi, W. N. (2013). Role of oxidative stress in impaired insulin signaling associated with exercise-induced muscle damage. *Free Radical Biology and Medicine*, 1265-1272.
- Aymard, K. (2013). Estudio de parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol de élite. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 47(1),101-111.
- Aznar, S. G.-g. (2015). Biomarkers of physical activity and exercise. 31 (Supl. 3), 237-244.
- Barbany, C. (2014). *Fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Bompa, T. (1999). *Periodization theory and methodology of training*. Human kinetics.
- Boullosa, D. A. (2012). Impact of soccer match on the cardiac autonomic control of referees. *European Journal Applied Physiology*, 2233-42. doi:<http://doi.org/10.1007/s00421-011-2202-y>
- Bracaccio, P. L. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sport Medicine*, 40(2), 96-97.
- Burke, L. (2009). *Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico*. España: Médica Panamericana S.A.
- Cachadiña, E. T. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatinina, urea y variabilidad cardíaca en remeros de élite españoles. *Archivos de Medicina*, (152) 952-958.

- Campos, J. C. (2001). *Teoría y planificación del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Cassano, P. A. (2010). Interacción de los sistemas nervioso, endocrino e inmune. *Instituto de ciencias básicas y medicina experimental*, 70(2),185-193.
- Castañeda, A., Contreras, E., Jamez, J., Añorve, J., Ramírez, J. y González, L. (2014). *Los alimentos en México y su relación con la salud. Estudio de los componentes activos de la zarzamora (Rubus spp.) y su implicación en la salud*. México: Plaza y Valdes.
- Caballero, F., Uresti, R., Vázquez, M. y Ramírez, J. (2014). *Los alimentos en México y su relación con la salud. La alimentación del futuro*. México: Plaza y Valdes.
- Cerrada, F. B. (2014). Comparación de parámetros hematológicos entre atletas y sedentarios del estado Zulia. *Redieluz*, 17-24.
- Cervantes, J. R. (2009). Perfil psicofisiológico de rendimiento en nadadores basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca en estados de ansiedad precompetitiva. *Revista de psicología del deporte*, 18(1),37-52.
- Chávez, M. L. (2015). Biometría hemática en el control médico del entrenamiento de deportistas cubanos de alto rendimiento. *Revista cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 41-52.
- Clifford, T. B. (2016). The effects of beetroot juice supplementation on indices of muscle damage following eccentric exercise. *European journal of applied physiology*, 116(2)353-362.
- Coronado, M. e. (2015). Antioxidantes; perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- Crabtree, U. (2010). Inmunonutrición: Primera parte. *Gastrohnup*, 113-119.

- De Rezende Barbosa, M. J. (2015). Effects of functional training on geometric indices of heart rate variability. *Journal of Sport and Health Science*, 1-7.
- De Saa, Y. S.-G.-M. (2009). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en la caracterización de deportistas de élite de lucha canaria con diferente nivel de rendimiento. *Revista Andal Med Deporte*, 2(4),120-125.
- Díaz, V. D. (2010). Control biológico del sobreentrenamiento en un mesociclo precompetitivo en triatletas de élite: Un estudio piloto. *Archivo de medicina de deporte*, 27, 31-40.
- Dietrich, M. K. (2007). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Djordjevic, D. C. (2012). Changes in athlete's redox state induced by habitual and unaccustomed exercise. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*.
- Dorta, D. J.; Pigoso, A. A.; Mingatto, F. E.; Rodrigues, T.; Pestana, C. R.; Uyemura, S. A.; Santos, A. C.; Curti, C. (2008). Antioxidant activity of flavonoids in isolated mitochondria. *Phytother. Res.* 22(9): 1213-1218.
- Dvorkin, M. C. (2010). Bases fisiológicas de la práctica médica. Buenos aires: Médica Panamericana.
- Escamilla, C. B. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes . *Rev Fac Med*, 73-5.
- Fallon, K. (2008). The clinical utility of screening of biochemical parameters in elite athletes: analysis of 100 cases. *Journal of Sports Medicine*, 334-7.
- Ferliche, B., y Delgado, M. (2003). *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Barcelona: paidotribo.

- Freeman, R. (2006). Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clinical Neurophysiology*, 716-730.
- Galván, C. G. (2008). Antioxidantes y ejercicio físico: funciones de la melatonina. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 61-72.
- Gancel, A. F. (2010). Impact of industrial processing and storage on major polyphenols and the antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus*). *Food Res Int*, 2243-2251.
- Ganong, W. (2002). *Fisiología moderna*. Manual moderno.
- Gimeno, F., Buceta, J., y Pérez-Llantada, M. (2007). Influencia de las variables psicológicas en el deporte de competición: evaluación mediante el cuestionario de características psicológicas relacionadas con el rendimiento deportivo. *Psicothema*, 667-672.
- Gleeson, M. (2013). Intense exercise training and immune function. *Nutr Inst*, 39-50.
- Gleeson, M. (2013). Intense exercise training and immune function. *Nutr Inst Worksop*, 39-50.
- Gleeson, M. (5 de mayo de 2014). *J Appl Physiol*. Obtenido de Immune function in sport and exercise: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17303714>
- Gleeson, M. (2002). Biochemical and immunological markers of overtraining. *J Sports Sci Med*, 31-41.
- Gleeson, M. (2016). Immunological aspects of sport nutrition. *Immunology and cell biology*, 117-123.
- Gutierrez, F., Canada, A., Heras, M., Boraita, A., Rabadán, M., Lillo, P., . . . Montalvo, Z. (2010). Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo. España: Imprenta nacional del BOE.

- Guyton, A. H. (2012). *Compendio de fisiología médica*. España: Elsevier.
- Hartmann, J., y Tünnemman, H. (1996). *Entrenamiento moderno de la fuerza*. Barcelona: Paidotribo.
- Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Edamsa.
- Hody, S. R. (2013). Muscle fatigue experienced during maximal eccentric exercise is predictive of the plasma creatine kinase (CK) response. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 501-507.
- Iwasaki A, M. R. (2015). Control of adaptive immunity by the innate immune system. *Nature immunology*, 343-353.
- Kakanis, M. P.-G. (2010). The open windows of susceptibility to infection after acute exercise in healthy young male elite athletes. *Exercise immunology review*, 39, 119-137.
- Knab, A. N.-K. (2013). Effects of a flavonoid rich juice on inflammation, oxidative stress, and immunity in elite swimmers: A metabolomics-based approach. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 32(2), 150-160.
- Kuehl, K. P. (2010). Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during sunning: a randomized controlled trial. *Journal of the international society of sport nutrition*, 7(1), 17.
- Kylosov, A. M. (2009). Changes in inflammatory activity, heart rate variability, and biochemical indices in young athletes during the annual training cycle. *Human physiology*, 35(4), 465-478.
- Lancaster, G., y Febbrario, M. (2016). Exercise and the immune system: implications for elite athletes and general population. *Immunology and cell biology*, 115-116.

- Lepers, R., Knechtle, B., y Stapley, P. (2013). Trends in triathlon performance. *Sport Medicine*, 43(9), 851-863.
- López, J. F. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- López-Santiago, N. (2016). La biometría hemática. *Acta pediátrica de México*, 246-249.
- Marieb, E. H. (2010). *Human anatomy and physiology*. Pearson.
- Martín, E. G.-M.-A. (2010). Aplicabilidad de los modelos de periodización del entrenamiento deportivo. Una revisión sistemática. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(20), 231-241.
- Mataix, J. (2009). *Tratado de nutrición y alimentación*. España: Oceano.
- martín, D. y Coe, P. (2007) *Entrenamiento para corredores de fondo y medio fondo*. España:Paidotribo.
- Matínez, N. A. (2011). Antiocininas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus schaltdl* (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias*, 42(4), 66-71.
- Mazon, J. G. (2013). Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(1), 114-120.
- Mazzeo, E. y Mazzeo E. (2208). *Atletismo para todos. Carreras, saltos y lanzamientos. Cómo enseñar el deporte hoy*. Buenos Aires: Stadium.
- Mercado, P. G. (2014). Manifestaciones tempranas de sobreentrenamiento en deportistas en el período precompetitivo antes de unos juegos nacionales. *latreia*, 27(4), 375-385.



- Moore, K. D. (2008). *Anatomía con orientación clínica*. México: Médica Panamericana.
- Muñoz, D., Olcina, G., Timón, R., Brazo, F., Robles, M. y Maynar, M. (2010). Ejercicio físico y estrés oxidativo. *Revista Española de Educación Física y Deporte*, 93-107.
- Naranjo, J. D.-C. (2015). Heart Rate Variability: a Follow-up in elite soccer Players Throughout the Season. *International Journal of Sport Medicine*, 94(11), 36.
- Nieman, D. C. (2000). Exercise effects on systemic immunity. *Immunology and cell biology*, 78(5), 496-501.
- Nilloofari, A. S. (2014). Responses of oxidative stress indices to resistance exercise after blackberry extract supplementation. *International Journal of Biology, Pharmacy and Sciences*, 2798-2810.
- Nova, E. M. (2012). La estrecha relación entre la nutrición y el sistema inmunitario. *Soporte nutricional en el paciente oncológico*, 10-20. Obtenido de Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición.
- Padilla, J. (2017). *Planificación del entrenamiento deportivo*. Barinas-Venezuela: Ed. Episteme, c.a.
- Palacios, G. P.-C.-S.-G. (2015). Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutrición Hospitalaria*, 237-244.
- Parham, P. (2006). *Inmunología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Pavlovich, L. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.

- Peinado, L., Barriopedro, M., Á, D., Lorénzo, I., Benito, P., y Calderón, M. (2012). Parámetros bioquímicos a los largo de tres microciclos de entrenamiento intenso en triatletas de élite. *Archivos de medicina del deporte*, 594-600.
- Pérez, D., Rangel, B., Hernández, G., Aguirre, H., y Chávez, E. (2014). Control biológico en la fase de competencia y recuperación en un triatleta. *Ciencias naturales y exactas*, 81-90.
- Platanov, V. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*. Barcelona: Paidotribo.
- Plews, D. L. (2014). Heart Rate Variability and Training Intensity Distribution in elite Rowers. *International Journal of Physiology and Performance*, 1026-1032.
- Plews, J. L. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of applied physiology*, 3729-3741.
- Ramos-Campo, D. R.-A.-G.-P. (2016). Heart rate variability to assess ventilatory thresholds in professional basketball players. *Journal of Sport and Health Science*, 1-6.
- Rangel, B., Hernández, G., Ochoa, F., & Salas, O. (2011). Creatin kinasa como marcador biológico del ejercicio en triatlón durante las fases entrenamiento - competencia. *Ciencias del ejercicio*, 7.
- Rodas, G. P. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 41-47.
- Rojas, S. (2010). Effect of resistance exercise on serum levels of growth factors in humans. *Horm Metab Res*, 982-6.
- Romero, R. (2007). *Microbiología y parasitología humana. Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias*. México: Médica Panamericana.

- Roos, L. T. (2013). Monitoring of Daily Training Load and Training Load Responses in Endurance Sport: What Do Coaches Want? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 30-36.
- Rugeles, M. P. (2009). *Inmunología. Una ciencia activa*. Barcelona: Paidotribo.
- Sánchez.González, J. R.-C. (2003). Asociación de las respuestas fisiológicas a los cambios metabólicos, en el ejercicio físico extenuante. *Academia Mexicana de Cirugía*, 217-225.
- Sánchez, J. (2009). Efectos del ejercicio físico y una dieta saludable. *Nutrición clínica y Dietética Hospitalaria*, 29 (1): 46-53.
- Sanz, A. C. (2004). Inmunonutrición. *Endocrinología y nutrición*, 17.
- Sergeyevich, V. D. (2001). *Fisiología del deportista*. Barcelona: Paidotribo.
- Siff, M., y Verkhoshansky, Y. (2004). *Súper entrenamiento*. España: Paidotribo.
- Silva, L. P. (2006). Respuestas hematológicas, bioquímicas y de indicadores del perfil nutricional de los atletas fondistas después de intervención dietética. *Fitness performance*, 11-17.
- Speakman, J. S. (2011). The free-radical damage theory: Accumulating evidence against a simple link of oxidative stress to ageing and lifespan. *Bioessays*, 33(4), 255-9.
- Subiela, D. (2011). El síndrome de sobreentrenamiento: criterios diagnósticos y conductas terapéuticas. *Academia biomédica digital*, 1-10.
- Tortora, G. F. (2010). *Microbiology: an introduction*. Pearson.
- Trachootham, D., Lu, W., Ogasawara, M., Rivera-Dale Valle, N., y Huang, P. (2008). Redox regulation of cell. *Antioxidants & Redox Signaling*, 1343-1374.

- Tsatalas, T. G. (2013). Walking kinematics and kinetics following eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Electromyography and kinesiology*, 23(5), 1229-1236.
- Turner, A. (2011). The science and practice of periodization: A brief review. *Strength and Conditioning Journal*, 34-46.
- Valencia, C. G. (2013). Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 116-125.
- Valentini, M. P. (2009). Variables influencing heart rate. *Progress in cardiovascular diseases*, 11-19.
- Viru, A., & Viru, M. (2003). *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Weber, C. T.-V. (2010). Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. *European Journal of Applied Physiology*, 109(2), 201-211.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- West, N., Pyne, D., Peake, J. y Cripps A. (2009). *Probiotics, immunity and exercise: a review*. Griffith Health, Griffith University, Gold Coast Campus, Australia.
- Wilmore, J. C. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Wolach, B. (2012). Exercise and the immune system-Focusing on the effect of exercise on neutrophil functions. *Sport Medicine and Sport Injuries*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/221924968\\_Exercise\\_and\\_the\\_Immune\\_System\\_Focusing\\_on\\_the\\_Effect\\_of\\_Exercise\\_on\\_Neutrophil\\_Functions](https://www.researchgate.net/publication/221924968_Exercise_and_the_Immune_System_Focusing_on_the_Effect_of_Exercise_on_Neutrophil_Functions)

- Yfanti, C. A. (2009). Antioxidant supplementation does not alter endurance training adaptation. *Medicine and science in sport and exercise*, 1388-95.
- Zamora, J.D., (2007) Antioxidantes: micronutrientes en la lucha por la salud. *Revista chilena de nutrición*, vil 34, nº 1, Santiago de Chile.
- Zapico, A., Benito, P., Díaz, V., Ruíz, J., y Calderón, F. (s/f). *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Obtenido de Perfil de la frecuencia cardiaca en triatletas altamente entrenados: <http://cdeporte.rediris.es/revista/inpress/artperfil505.pdf>
- Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia: fundamentos, método y dirección del entrenamiento*. Barcelona: Martínez Roca.

## Anexos

### Anexo 1. Consentimiento Informado padres



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



Protocolo de Investigación Folio COBICIS-801/2015/124-01HCG

### **Efecto de la ingesta de antioxidantes sobre la respuesta inmune en atletas universitarios**

Responsable del proyecto: Dr. Germán Hernández Cruz

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Sr.: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Se extiende una invitación a mi hijo \_\_\_\_\_ a participar en el proyecto titulado "*Efecto de la ingesta de antioxidantes sobre la respuesta inmune en atletas universitarios*", el propósito de este estudio es analizar el comportamiento de los antioxidantes en el proceso de recuperación tras un entrenamiento. Para ello se realizarán una serie de evaluaciones médicas y físicas al inicio del estudio, posteriormente en los entrenamientos se controlará la frecuencia cardíaca para medir la intensidad del entrenamiento y se realizará un recordatorio de alimentación tres veces por semana, además de la aplicación de un cuestionario RESTQ-Sport con la finalidad de controlar las variables externas que pudieran afectar el propósito del estudio. Previo a los entrenamientos se le proporcionará una bebida ya sea de forma natural o comercial rica en antioxidantes (zarzamora). Para el análisis de la respuesta inmune será necesario hacer siete tomas de muestra sanguínea venosa en las fechas mencionadas en la junta informativa. Conjuntamente se me ha comunicado a detalle el objeto de la cooperación de mi hijo y al aceptar participar en este proyecto de investigación los resultados obtenidos serán manejados en forma confidencial y que en ningún momento se violará su privacidad. Entiendo también que todas las pruebas realizadas durante este estudio no implicarán ningún costo extra para mí, ni para mi hijo y que los gastos serán absorbidos por el investigador, así como entiendo que los resultados obtenidos podrán ser publicados en revistas de divulgación científica.

Entiendo que estoy en mi derecho de solicitar cualquier aclaración o información acerca de la investigación en cualquier momento del desarrollo de la misma y que mi hijo está en libertad de retirarse de este estudio en el momento que desee.

Testigo 1: \_\_\_\_\_

Nombre y firma

Testigo 2: \_\_\_\_\_

Nombre y firma

**Anexo 2. Consentimiento Informado atletas**

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



Protocolo de Investigación Folio COBICIS-801/2015/124-01HCG

## **Efecto de la ingesta de antioxidantes sobre la respuesta inmune en atletas universitarios**

Responsable del proyecto: Dr. Germán Hernández Cruz

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, \_\_\_\_\_ he sido invitado a participar en el proyecto titulado "*Efecto de la ingesta de antioxidantes sobre la respuesta inmune en atletas universitarios*", reconozco que el propósito de este estudio es analizar el comportamiento de los antioxidantes en el proceso de recuperación tras un entrenamiento. Para ello se realizarán una serie de evaluaciones médicas y físicas al inicio del estudio, posteriormente en los entrenamientos se controlará la frecuencia cardiaca para medir la intensidad del entrenamiento y se realizará un recordatorio de alimentación tres veces por semana, además de la aplicación de un cuestionario RESTQ-Sport con la finalidad de controlar las variables externas que pudieran afectar el propósito del estudio. Previo a los entrenamientos se me proporcionará una bebida ya sea de forma natural o comercial rica en antioxidantes (zarzamora). Para el análisis de la respuesta inmune será necesario que me realicen seis tomas de muestra sanguínea venosa en las fechas mencionadas en la junta informativa. Conjuntamente se me ha comunicado a detalle el objeto de la cooperación y 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 todas las pruebas realizadas durante este estudio no implicarán ningún costo extra para mí y que los gastos serán absorbidos por el investigador, así como entiendo que los resultados obtenidos podrán ser publicados en revistas de divulgación científica.

Concibo que estoy en mi derecho de solicitar cualquier aclaración o información acerca de la investigación en cualquier momento del desarrollo de la misma y que estoy en la libertad de retirarme de este estudio en el momento que desee.

Testigo 1: \_\_\_\_\_  
 Nombre y firma

Testigo 2: \_\_\_\_\_  
 Nombre y firma

**Anexo 3. Recordatorio 24 horas****Recordatorio de 24 h**

Apellido Paterno \_\_\_\_\_

Apellido Materno \_\_\_\_\_

Nombre(s) \_\_\_\_\_

N° de recordatorio	P1	P2	P3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
--------------------	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Fecha de nacimiento \_\_\_\_\_

Fecha de entrevista \_\_\_\_\_

Comida	Descripción del alimento	Donde consumió	Preparación	Porción consumida	Gramos	Código




Lugar donde come:				
¿Tuvo tiempo suficiente para consumir sus alimentos?	Si		No	
¿Este fue un día normal de consumo?	Si		No	
¿Por qué?				
¿Está tomando algún suplemento o vitamina?	Si		No	
¿Cuál?				
¿Algún alimento le causó daño?	Si		No	


NOTA:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_


Entrevistador: \_\_\_\_\_

## Anexo 4. Autorización de análisis clínicos



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



Facultad de Organización Deportiva

Oficio N° FOD-1037/2016

QFB. Pedro Araujo Moreno  
Jefe del laboratorio de Análisis Químico Clínicos  
Facultad de Ciencias Químicas  
Presente.-

Por medio de la presente me comunico con usted para brindarle un saludo y a su vez comunicarle que actualmente nos encontramos en el desarrollo de un proyecto de investigación titulado "ALIMENTOS RICOS EN ANTIOXIDANTES Y SU EFECTO SOBRE EL ESTRÉS BIOLÓGICO DURANTE LA ACTIVIDAD FÍSICA", el cual cuenta con la aprobación de nuestra institución y del comité de bioética COBICE E-801-001-2015. Para realizar dicho proyecto es necesario exámenes clínicos de biometrías hemáticas en 6 tomas durante el mes de julio, a los atletas pertenecientes al equipo de maratón de la UANL. Todos ellos son estudiantes de la Universidad y la mayoría de las tomas se realizarán en el laboratorio de Control Biológico de la FOD. Debido a esto solicitamos a usted el apoyo en la realización de estas evaluaciones, ya que por el momento no contamos con el equipamiento adecuado para realizar biometrías hemáticas en nuestro laboratorio. El listado de los atletas se adjunta a la misma.


EQUIPO REPRESENTATIVO DE ATLETISMO

ESPECIALIDAD FONDO Y CAMINATA

ENTRENADOR: LUÍS FRANCISCO IBARRA TOBIAS

QFB Pedro Araujo Moreno  
Aviso/11/Julio/2016

No.	NOMBRE			PRUEBA	CELULAR	EDAD
1	AREVALO	MATA	JUAN MANUEL	5000	8120121141	17
2	BENITEZ	CEPEDA	RAÚL	800 - 5000	8112122156	17
3	CASTILLO	CRUZ	SERGIO	10000	8118634567	20
4	CASTILLO	HERNÁNDEZ	BRAYAN ALEXIS	1500 - 5000	8121946728	19
5	CASTILLO	OVALLE	JESUS DANIEL	21 KM	8110400345	19
6	FLORES	GONZALEZ	MILTON ALBERTO	5000	8180102511	22
7	GALLEGOS	JASSO	CARLOS ALAN	5000	8188599730	16
8	GONZÁLEZ	REGALADO	CÉSAR	1500	8124342021	17
9	GONZÁLEZ	SANCHEZ	TOMAS	21 KM	8186782669	23
10	HOYOS	FLORES	JOSE RAUL	800	3461028391	23
11	LEÓN	JUAREZ	RICARDO	1500	8116525136	21



**Visión  
2020  
UANL**

"Educación de clase mundial,  
un compromiso social"

Ciudad Universitaria  
C.P. 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
Tel. (81) 1340 4450 • 1340 4451 / Fax 7540  
fod@uanl.mx



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



Facultad de Organización Deportiva

12	OVALLE	CARDIEL	CRISTOPHER EMMANUEL	5000	8114980745	17
13	PRECIADO	PEREZ	JESUS IVAN	800	8186045560	24
14	RAMIREZ	MARTINEZ	MARCO EDUARDO	3000 STP	8115197508	20
15	RAMIREZ	MARTINEZ	MAURICIO AARON	5000	8113959649	18
16	ROBLES	SANCHEZ	ANGEL DAVID	3000 STP	8112636812	17
17	RODRIGUEZ	FORTUNA	RUBEN	1500	8187077015	22
18	VAZQUEZ	MATA	ALDO ALEJANDRO	800	8712653754	23
19	VILLEGAS	OSORIO	JHONATAN ESTEBAN	800	8121604754	24

Sin más por el momento y agradeciendo las finas atenciones mostradas a la misma, me despido de usted en espera de sus comentarios.

Atentamente:

Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero  
Subdirectora de Estudios de Posgrado e Investigación  
Facultad de Organización Deportiva



DIRECCIÓN  
POSGRADO





Visión  
2020  
UANL  
"Educación de clase mundial,  
un compromiso social"

Ciudad Universitaria  
C.P. 66455, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
Tels. (81) 1340 4450 • 1340 4451 / Fax 7640  
fod@uanl.mx

## Anexo 5. Toma 1

10

# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS / Laboratorio de Análisis Químico-Clinicos "QFB. Iris Guajardo Guajardo"

## INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO-CLÍNICOS

IDENTIFICACIÓN DEL INFORME:		160704/BD1648		Muestra Número		160704/BD1648	
Fecha de Solicitud		JULIO/04/16		Fecha Informe		JULIO 05/2016	
Nombre		[REDACTED]		Edad		23 Años	
Localización		FOD		Sexo		M	

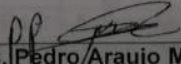
1RA. MUESTRA

Metodología		Resultado de la Prueba	Valor de Referencia
HEMATOLOGIA	Impedancia Eléctrica/Microscopia/espectrofotometría		
Serie Roja	Eritrocitos	5.0	3.9 – 5.6 mil/mm <sup>3</sup>
	Hemoglobina	15.8	12.0 – 14.0 g/dl
	Hematocrito	46	36 - 41 %
Serie blanca	Leucocitos	6.6	4.5 – 11.0 k/ul
Recuento Diferencial	Linfocitos	36	20 - 50 %
	Monocitos	3	0 - 10 %
	Neutrófilos	59	35 - 70 %
	Eosinófilos	2	0 - 5 %
	Basófilos	0	0 - 2 %
	N. Segmentados	59	35 - 70 %
	N. Banda	0	0 - 10 %
	Mielocitos	0	0%
	Metamielocitos	0	0%
	Plaquetas	230	150 - 400 mil/mm <sup>3</sup>
	V.C.M	90	75 - 100 fl
	H.C.M	31	27- 34 pg
	C.H.C.M	34	31 - 36 g/dl
Observaciones			


Este reporte no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización por escrito y firmado por los signatarios autorizados por este laboratorio.

Este reporte solo afecta la muestra sometida a prueba.

CERTIFICACIÓN ISO-9001:2008(No. DE REGISTRO 12 100 23706 TMS)



**Q.F.B. Pedro Araujo Moreno**  
Cédula Profesional 3126821  
Jefe de Laboratorio Químico Clínico




**Visión 2020 UANL**

Revisión: 00      Hoja 1 de 1      FO-SST-LAC/006

Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455  
San Nicolás de los Garza, N.L.  
Tel/Fax.: 83 29 40 00 Ext. 6328  
e-mail: laboratorio\_clinico@hotmail.com, labac.fcq@uanl.mx


## Anexo 6. Toma 2

10



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS / Laboratorio de Análisis Químico-Clinicos "QFB. Iris Guajardo Guajardo"

## INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO-CLÍNICOS

IDENTIFICACIÓN DEL INFORME:		160718/BD1943	Muestra Número		160718/BD1943
Fecha de Solicitud	JULIO/18/16		Fecha Informe	JULIO 19/2016	
Nombre			Edad	23 Años	Sexo M
Localización	FOD				

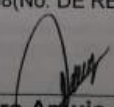
2DA. MUESTRA

HEMATOLOGIA	Metodología Impedancia Eléctrica/Microscopia/espectrofotometria	Resultado de la Prueba	Valor de Referencia
<b>Serie Roja</b>	Eritrocitos	4.7	3.9 - 5.6 mil/mm <sup>3</sup>
	Hemoglobina	15.4	12.0 - 14.0 g/dl
	Hematocrito	41	36 - 41 %
<b>Serie blanca</b>	Leucocitos	5.8	4.5 - 11.0 k/μl
<b>Recuento Diferencial</b>	Linfocitos	~32	20 - 50 %
	Monocitos	5	0 - 10 %
	Neutrófilos	63	35 - 70 %
	Eosinófilos	0	0 - 5 %
	Basófilos	0	0 - 2 %
	N. Segmentados	63	35 - 70 %
	N. Banda	0	0 - 10 %
	Mielocitos	0	0%
	Metamielocitos	0	0%
	Plaquetas	193	150 - 400 mil/mm <sup>3</sup>
	V.C.M	86	75 - 100 fl
	H.C.M	32	27- 34 pg
	C.H.C.M	37	31 - 36 g/dl
Observaciones			


Este reporte no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización por escrito y firmado por los signatarios autorizados por este laboratorio.

Este reporte solo afecta la muestra sometida a prueba.

CERTIFICACIÓN ISO-9001:2008(No. DE REGISTRO 12 100 23706 TMS)



**Q.F.B. Pedro Araujo Moreno**  
Cédula Profesional 3126821  
Jefe de Laboratorio Químico Clínico




**Visión  
2020  
UANL**

Revisión: 00      Hoja 1 de 1      FO-SST-LAC/006  
 Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455  
 San Nicolás de los Garza, N.L.  
 Tel/Fax : 83 29 40 00 Ext. 6328  
 e-mail: laboratorio\_clinico@hotmail.com, labac.fcq@uanl.mx




## Anexo 7. Toma 3

10



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS / Laboratorio de Análisis Químico-Clinicos "QFB. Iris Guajardo Guajardo"

## INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO-CLÍNICOS

IDENTIFICACIÓN DEL INFORME:		160722/BD1967		Muestra Número		160722/BD1967	
Fecha de Solicitud		JULIO/22/16		Fecha Informe		JULIO 25/2016	
Nombre		[REDACTED]		Edad	23 Años	Sexo	M
Localización		FOD					


**3ERA. MUESTRA**

HEMATOLOGIA	Metodología Impedancia Eléctrica/Microscopía/espectrofotometría	Resultado de la Prueba	Valor de Referencia
<b>Serie Roja</b>	Eritrocitos	4.9	4.5 – 6.5 mill/mm <sup>3</sup>
	Hemoglobina	15.1	13.5 – 15.5 g/dl
	Hematocrito	46	41 – 47 %
<b>Serie blanca</b>	Leucocitos	9.2	4.0 – 11.0 k/μl
<b>Recuento Diferencial</b>	Linfocitos	17	20 - 50 %
	Monocitos	4	0 - 10 %
	Neutrófilos	79	35 - 70 %
	Eosinófilos	0	0 - 5 %
	Basófilos	0	0 - 2 %
	N. Segmentados	79	35 - 70 %
	N. Banda	0	0 - 10 %
	Mielocitos	0	0%
	Metamielocitos	0	0%
	Plaquetas	225	150 - 400 mil/mm <sup>3</sup>
	V.C.M	95	75 - 100 fl
	H.C.M	31	27 - 34 pg
	C.H.C.M	33	31 - 36 g/dl
Observaciones			


Este reporte no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización por escrito y firmado por los signatarios autorizados por este laboratorio.

Este reporte solo afecta la muestra sometida a prueba.

CERTIFICACIÓN ISO-9001:2008(No. DE REGISTRO 12 100 23706 TMS)



**Q.F.B. Pedro Araujo Moreno**  
Cédula Profesional 3126821  
Jefe de Laboratorio Químico Clínico




**Visión 2020**  
**UANL**

Revisión: 00      Hoja 1 de 1      FO-SST-LAC/006

Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455  
 San Nicolás de los Garza, N.L.  
 Tel/Fax.: 83 29 40 00 Ext. 6328  
 e-mail: laboratorio\_clinico@hotmail.com, labac.fcq@uanl.mx


## Anexo 8. Toma 4

10



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS / Laboratorio de Análisis Químico-Clinicos "QFB, Iris Guajardo Guajardo"

## INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO-CLÍNICOS

IDENTIFICACIÓN DEL INFORME:		160723/BD1985		Muestra Número		160723/BD1985	
Fecha de Solicitud		JULIO/23/16		Fecha Informe		JULIO 25/2016	
Nombre				Edad	23 Años	Sexo	M
Localización		FOD					

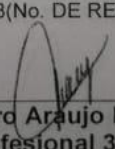
4TA. MUESTRA

HEMATOLOGIA	Metodologia	Resultado de la Prueba	Valor de Referencia
	Impedancia Eléctrica/Microscopia/espectrofotometria		
<b>Serie Roja</b>	Eritrocitos	4.5	4.5 – 6.5 mil/mm <sup>3</sup>
	Hemoglobina	15.1	13.5 – 15.5 g/dl
	Hematocrito	44	41 – 47 %
<b>Serie blanca</b>	Leucocitos	6.2	4.0 – 11.0 k/μl
Recuento Diferencial	Linfocitos	32	20 - 50 %
	Monocitos	8	0 - 10 %
	Neutrófilos	58	35 - 70 %
	Eosinófilos	2	0 - 5 %
	*Basófilos	0	0 - 2 %
	N. Segmentados	58	35 - 70 %
	N. Banda	0	0 - 10 %
	Mielocitos	0	0%
	Metamielocitos	0	0%
	Plaquetas	186	150 - 400 mil/mm <sup>3</sup>
	V.C.M	96	75 - 100 fl
	H.C.M	33	27 - 34 pg
	C.H.C.M	35	31 - 36 g/dl
Observaciones			


Este reporte no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización por escrito y firmado por los signatarios autorizados por este laboratorio.

Este reporte solo afecta la muestra sometida a prueba.

CERTIFICACIÓN ISO-9001:2008(No. DE REGISTRO 12 100 23706 TMS)



**Q.F.B. Pedro Araujo Moreno**  
Cédula Profesional 3126821  
Jefe de Laboratorio Químico Clínico




**Visión 2020 UANL**

Revisión: 00      Hoja 1 de 1      FO-SST-LAC/006

Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455  
 San Nicolás de los Garza, N.L.  
 Tel/Fax : 83 29 40 00 Ext. 6328  
 e-mail: laboratorio\_clinico@hotmail.com, labac.fcq@uanl.mx


## Anexo 9. Toma 5

10



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS / Laboratorio de Análisis Químico-Clínicos "QFB. Iris Guajardo Guajardo"

## INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO-CLÍNICOS

IDENTIFICACIÓN DEL INFORME:		160724/BD2003		Muestra Número		160724/BD2003	
Fecha de Solicitud		JULIO/24/16		Fecha Informe		JULIO 25/2016	
Nombre				Edad	23 Años	Sexo	M
Localización		FOD					


5TA. MUESTRA

HEMATOLOGIA	Metodología	Resultado de la Prueba	Valor de Referencia
	Eléctrica/Microscopia/espectrofotometría		
<b>Serie Roja</b>	Eritrocitos	4.9	4.5 – 6.5 mil/mm <sup>3</sup>
	Hemoglobina	15.2	13.5 – 15.5 g/dl
	Hematocrito	47	41 – 47 %
<b>Serie blanca</b>	Leucocitos	8.2	4.0 – 11.0 k/μl
<b>Recuento Diferencial</b>	Linfocitos	30	20 - 50 %
	Monocitos	6	0 - 10 %
	Neutrófilos	64	35 - 70 %
	Eosinófilos	0	0 - 5 %
	Bastófilos	0	0 - 2 %
	N. Segmentados	64	35 - 70 %
	N. Banda	0	0 - 10 %
	Mielocitos	0	0%
	Metamielocitos	0	0%
	Plaquetas	186	150 - 400 mil/mm <sup>3</sup>
	V.C.M	96	75 - 100 fl
	H.C.M	31	27 - 34 pg
	C.H.C.M	33	31 - 36 g/dl
Observaciones			


Este reporte no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización por escrito y firmado por los signatarios autorizados por este laboratorio.

Este reporte solo afecta la muestra sometida a prueba.

CERTIFICACIÓN ISO-9001:2008(No. DE REGISTRO 12 100 23706 TMS)



**Q.F.B. Pedro Araujo Moreno**  
Cédula Profesional 3126821  
Jefe de Laboratorio Químico Clínico



**Visión 2020 UANL**


Revisión: 00      Hoja 1 de 1      FO-SST-LAC/006

Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455  
San Nicolás de los Garza, N.L.  
Tel/Fax: 83 29 40 00 Ext. 6328  
e-mail: laboratorio\_clinico@hotmail.com, labac.fcq@uanl.mx




## Anexo 10. Toma 6

10



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS / Laboratorio de Análisis Químico-Clinicos "QFB. Iris Guajardo Guajardo"

## INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO-CLÍNICOS

IDENTIFICACIÓN DEL INFORME:		160725/BD2022		Muestra Número		160725/BD2022	
Fecha de Solicitud		JULIO/25/16		Fecha Informe		JULIO 26/2016	
Nombre		[REDACTED]		Edad		23 Años	
Localización		FOD		Sexo		M	

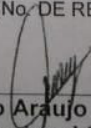
6TA. MUESTRA

HEMATOLOGIA	Metodologia	Resultado de la Prueba	Valor de Referencia
	Impedancia Eléctrica/Microscopia/espectrofotometria		
<b>Serie Roja</b>	Eritrocitos	5.0	4.5 – 6.5 mil/mm <sup>3</sup>
	Hemoglobina	15.8	13.5 – 15.5 g/dl
	Hematocrito	48	41 – 47 %
<b>Serie blanca</b>	Leucocitos	6.6	4.0 – 11.0 k/μl
<b>Recuento Diferencial</b>	Linfocitos	38	20 - 50 %
	Monocitos	5	0 - 10 %
	Neutrófilos	57	35 - 70 %
	Eosinófilos	0	0 - 5 %
	Basófilos	0	0 - 2 %
	N. Segmentados	57	35 - 70 %
	N. Banda	0	0 - 10 %
	Mielocitos	0	0%
	Metamielocitos	0	0%
	Plaquetas	207	150 - 400 mil/mm <sup>3</sup>
	V.C.M	96	75 - 100 fl
	H.C.M	32	27 - 34 pg
	C.H.C.M	33	31 - 36 g/dl
Observaciones			


Este reporte no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización por escrito y firmado por los signatarios autorizados por este laboratorio.

Este reporte solo afecta la muestra sometida a prueba.

CERTIFICACIÓN ISO-9001:2008(No. DE REGISTRO 12 100 23706 TMS



**Q.F.B. Pedro Araujo Moreno**  
Cédula Profesional 3126821  
Jefe de Laboratorio Químico Clínico



**Visión 2020 UANL**

Revisión: 00      Hoja 1 de 1      FO-SST-LAC/006

Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455  
 San Nicolás de los Garza, N.L.  
 Tel/Fax. 83 29 40 00 Ext. 6328  
 e-mail: laboratorio\_clinico@hotmail.com, labac.fcq@uanl.mx

## Anexo 11. Características descriptivas básicas



### Laboratorio de Evaluación de Rendimiento Humano

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Organización Deportiva  
Teléfono: 83-29-40-00 Ext. 7670

Ciente	Sexo	Origen	Fecha de nacimiento	Estatura	Peso	Medido
	Hombre	Hispano	22/10/1992	174.0 cm	58.0 kg	27/06/2016

#### Tendencia de forma



Esta imagen es para diagnóstico  
27/06/2016

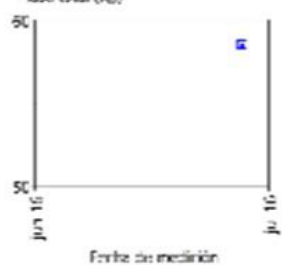


#### Historial de la composición corporal (Región: Total)

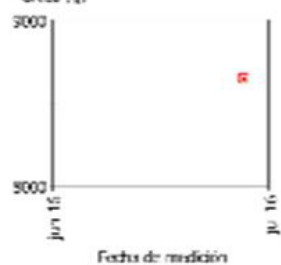
Fecha de medición	Cambio vs.			Cambio vs.			Cambio vs.			%Grasa (%)	OMD (g)
	Masa Total (kg)	Línea base (kg)	Anterior (kg)	Masa de grasa (g)	Línea base (g)	Anterior (g)	Masa magra (g)	Línea base (g)	Anterior (g)		
27/06/2016	58.5	inicio	-	8,648	inicio	-	47,214	inicio	-	15.5	2,627

OMD = Contenido mineral óseo

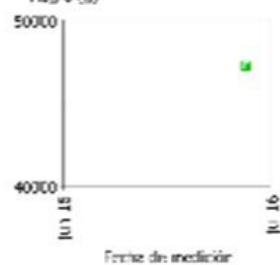
#### Tendencia de la composición: Total



#### Tendencia de la composición: Total



#### Tendencia de la composición: Total





## Laboratorio de Evaluación de Rendimiento Humano

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Organización Deportiva  
Teléfono: 83-29-40-00 Ext. 7670

Cliente	Sexo	Origen	Fecha de nacimiento	Estatura	Peso	Medido
	Hombre	Hispano	30/11/1996	174.0 cm	62.0 kg	30/06/2016

### Composición del abdomen



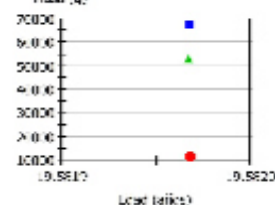
Tejido adiposo  
1 Visceral  
2 Subcutáneo

La región androide es la del abdomen y el tipo corporal con mayor grasa en esta zona suele describirse como "con forma de manzana." La región ginoide es la del abdomen y el tipo corporal con mayor grasa en esta zona suele describirse como "con forma de manzana." Comprender dónde se almacena la grasa en el cuerpo es un importante factor de predicción de los riesgos potenciales para la salud causados por la obesidad.

La opción del software CoreScan estima el contenido de TAV (tejido adiposo visceral) dentro de la región androide. El VAT es un tipo de grasa concreto que está asociado a varios tipos de enfermedades metabólicas tales como la obesidad, el síndrome metabólico y la diabetes de tipo 2. Los resultados de CoreScan han sido validados para adultos con edades comprendidas entre los 18 y los 90, y con un IMC entre 18,5 y 40.

### Total

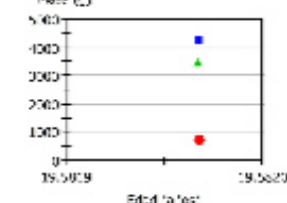
Tendencia de la composición: Total  
Masa (g)



Fecha	Edad	Masa Total (kg)	Masa magra (g)	Masa de grasa (g)
30/06/2016	19.5	67.55	52,754	11,972

### Androide / Ginoide

Tendencia de la composición: Androide  
Masa (g)



Fecha	Edad	Masa androide (kg)	Magro androide (g)	Androide Grasa (g)	Androide %Grasa	Ginoide %Grasa	Cociente A/G
30/06/2016	19.5	4.27	3,446	781	18.5	17.6	1.05

### Tejido adiposo visceral estimado (TAV)



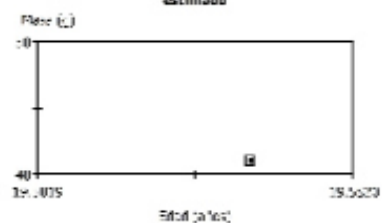
## Laboratorio de Evaluación de Rendimiento Humano

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Organización Deportiva

Teléfono: 83-29-40-00 Ext. 7670

Tendencia de la composición: Tejido adiposo visceral estimado



Fecha	Edad	Masa de grasa (g)	Volumen (cm³)
30/06/2016	19.5	41	44