



VNIVERSITATIS VALÈNCIA

**Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública, Ciències de la  
Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal**

**ESTUDIO CINEANTROPOMÉTRICO, NUTRICIONAL Y  
ERGOGÉNICO DE DEPORTISTAS DE TRIATLÓN.**

**TESIS DOCTORAL**

**3139-PROGRAMA OFICIAL DE DOCTORADO EN MEDICINA.**

**Presentada por:**

Carmen Daries Alfonso  
Licenciada en Farmacia

**Dirigida por:**

Dr. José Miguel Soriano del Castillo  
Dr. Raúl López Grueso

Valencia, septiembre 2019





VNIVERSITATIS VALÈNCIA

**F**acultat de **F**armàcia

**Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública, Ciències de la  
Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal**

**ESTUDIO CINEANTROPOMÉTRICO, NUTRICIONAL Y  
ERGOGÉNICO DE DEPORTISTAS DE TRIATLÓN.**

**TESIS DOCTORAL**

**3139-PROGRAMA OFICIAL DE DOCTORADO EN MEDICINA.**

**Presentada por:**

Carmen Daries Alfonso  
Licenciada en Farmacia

**Dirigida por:**

Dr. José Miguel Soriano del Castillo  
Dr. Raúl López Grueso

Valencia, septiembre 2019



## Agradecimientos:

- A mis directores de tesis, el Dr. José miguel Soriano del Castillo y al Dr. Raúl López Grueso, por su dedicación e infinita paciencia conmigo.
- Al Centro de Tecnificación de Cheste, por cederme sus instalaciones para la realización de las pruebas.
- A los triatletas que han sido participes de este trabajo, sin ellos no hubiera sido posible.
- A mis compañeras de farmacia: M.ª José Serra, Pilar López, M.ª José Catalá, Isabel Pastor, así como Nacho Sala, gracias por aguantarme y ayudarme con las tablas, gráficas...
- A mi jefe y amigo, el Dr. Otón Bellver Monzón por sus consejos, por su paciencia, por darme la oportunidad de trabajar con él y apoyarme.
- A mi hermano José por hacerme reír en los momentos de nerviosismo de la tesis y por apoyarme en la realización.
- Y sobre todo a mis padres, José Ramón y Lalo. Sin ellos esta tesis no hubiera sido posible. Gracias por la paciencia, los consejos y sobre todo por no dejarme tirar la toalla en más de una ocasión.
- No me puedo olvidar de dos personas, mis hijos. Diego y José. Gracias Diego por ayudarme con la bibliografía, por mantener la calma y por verlo todo de manera positiva y también a José porque eres un superviviente y nos enseñas todos los días. No cambies nunca.

Dedicada a mis padres y a mis hijos.



Dr. José Miguel Soriano del Castillo, Profesor Titular de Universidad, del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Ciencias de la Alimentación, Toxicología y Medicina Legal de la Universitat de València y Dr. Raúl López Grueso, Profesor Ayudante Doctor del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel Hernández

### **INFORMAN QUE:**

La Licenciada en Farmacia, Carmen Daries Alfonso, ha estado trabajando bajo nuestra dirección en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada “ESTUDIO CINEANTROPOMÉTRICO, NUTRICIONAL Y ERGOGÉNICO DE DEPORTISTAS DE TRIATLÓN “, razón por la cual autorizamos su presentación para optar al Grado de Doctor por la Universitat de València.

En Valencia, a 11 de septiembre de 2019



**Fdo. Dr. José Miguel Soriano del Castillo**



**Fdo. Dr. Raúl López Grueso**

La presente Tesis Doctoral se engloba dentro de las siguientes ayudas, programas y proyectos de investigación:

- Proyecto "Evaluación fisiológica y nutricional como mejora del rendimiento deportivo en deportistas" (UV-AE-20070219). Universitat de València.
- Proyecto "Efecto del café sobre la hidratación y el rendimiento deportivo" (20100915\_2/09/2010). Federación Española del Café y Fundación Española de la Nutrición.

Para la realización de la Tesis Doctoral presentada, la estudiante de doctorando Carmen Daries Alfonso ha disfrutado de una beca de investigación concedida por la Federación Española del Café y Fundación Española de la Nutrición.



# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>I.1. Historia del triatlón</b> .....	19
<b>I.2. Modalidades del triatlón</b> .....	24
<b>I.3. Reglamento</b> .....	25
<b>I.4. Evaluación cineantropométrica</b> .....	30
<b>I.5. Alimentación, nutrición e hidratación</b> .....	36
I.5.1. Alimentación y nutrición.....	36
I.5.2. Hidratación.....	43
<b>I.6. Ayudas ergogénicas</b> .....	45
I.6.1. Concepto y clasificación.....	45
I.6.2. Cafeína y café como posibles ayudas ergogénicas.....	47
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	53
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	57
<b>III.1. Muestra</b> .....	59
<b>III.2. Evaluación cineantropométrica</b> .....	59
III.2.1. Peso y altura.....	61
III.2.2. Puntos antropométricos.....	62
III.2.3. Pliegues cutáneos.....	63
III.2.4. Perímetros.....	66
III.2.5. Diámetros.....	67
III.2.6. Somatotipo.....	68
<b>III.3. Evaluación energético-nutricional de los triatletas</b> .....	69
<b>III.4. Evaluación del efecto del consumo de café y del efecto ergogénico</b> .....	70
III.4.1 Evaluación de la deshidratación por el consumo de café.....	72
III.4.1.1. Evaluación de la densidad, color de la orina, tasa de sudoración y la variación del peso corporal.....	72
III.4.1.2. Optimización y aplicación de un método cromatográfico para el análisis de cafeína en orina.....	75
III.4.2 Estimación del rendimiento aeróbico-anaeróbico metabólico (umbral láctico).....	76
<b>III.5. Análisis estadístico</b> .....	82
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	83
<b>IV.1. Evaluación cineantropométrica de los triatletas</b> .....	85
<b>IV.2. Evaluación energético-nutricional de los triatletas</b> .....	100
<b>IV.3. Evaluación de las bebidas consumidas durante la prueba de triatlón</b> .....	108
<b>IV.4. Evaluación del efecto del consumo de café y del efecto ergogénico</b> .....	110
V.4.1 Evaluación de la deshidratación por el consumo de café.....	111

V.4.1.1. Evaluación de la densidad, color de la orina, tasa de sudoración y la variación del peso corporal.....	111
V.4.1.2. Optimización y aplicación de un método cromatográfico para el análisis de cafeína en orina.....	116
<b>IV.4.2. Estimación del rendimiento aeróbico-anaeróbico metabólico (umbral láctico)</b> .....	120
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	125
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Les 3 Sports, en la década de 1920, que consistía en tres pruebas; (A) carrera inicial de 3 Km, (B) bicicleta con 12 Km y (C) nadar en el canal Marne. <sup>9</sup>	
<b>Figura 2.</b> Somatocarta.....	35
<b>Figura 3.</b> Localización de los pliegues medidos.....	65
<b>Figura 4.</b> Perímetros corporales medidos.....	67
<b>Figura 5.</b> Diámetros corporales medidos.....	68
<b>Figura 6.</b> Ejemplo de somatocarta.....	69
<b>Figura 7.</b> Valoración nutricional. Programa DIAL v1.10.....	70
<b>Figura 8.</b> Representación de escala de colores según la escala de Armstrong (2000).....	73
<b>Figura 9.</b> Centro de Tecnificación de Cheste.....	76
<b>Figura 10.</b> Tapiz rodante utilizado en el estudio.....	77
<b>Figura 11.</b> Se procede a la preparación del deportista, mediante la instalación de los electrodos para tener monitorización cardíaca del paciente en todo momento (a); la monitorización cardíaca se lleva a cabo tanto a nivel de electrocardiograma y de frecuencia cardíaca con las pulsaciones. El deportista lleva una malla a modo de camiseta para evitar que se caigan los electrodos (b) y para que no molesten los cables del registro cuando empieza la prueba (c).....	78
<b>Figura 12.</b> Deportista con la máscara para medir los gases previos (a) y durante la prueba de esfuerzo (b). Observándose los datos monitorizados en la prueba (c).....	79
<b>Figura 13.</b> Somatotipo de los triatletas estudiados.....	97
<b>Figura 14.</b> Tipos de bebidas consumidas por los triatletas estudiados antes, durante y después del entrenamiento.....	109

<b>Figura 15.</b> Temperatura a la cual consumen las bebidas los deportistas de triatlón antes, durante y después del entrenamiento.....	110
<b>Figura 16.</b> Densidad de la orina antes y después del consumo del café objeto de estudio.....	112
<b>Figura 17.</b> Tasa de sudoración de los triatletas estudiados.....	114
<b>Figura 18.</b> Pérdida de peso (pp) con y sin café en los deportistas estudiados.....	115
<b>Figura 19.</b> Cromatogramas de (A) una muestra de orina fortificada con cafeína (0,65 µg/MI) y (B) de una muestra positiva de cafeína orinada de los triatletas.....	118
<b>Figura 20.</b> Resultado de las muestras urinarias obtenidas de los triatletas.	119
<b>Figura 21.</b> Relación entre Frecuencia Cardíaca máxima (FCmax, ppm) y valores máximos de lactacidemia (mMol/l) en las pruebas de esfuerzo pre (A) y post (B) administración de los distintos tipos de café (ARA, arábica; ROB, robusta).....	121
<b>Figura 22.</b> Cociente respiratorio (RER) medio en los diferentes estadios de velocidad alcanzados en las pruebas de esfuerzo tras administrar los dos tipos de café (ARA, arábica; ROB, robusta). Los datos se presentan como media ± SD. ARA: café arábica; ROB: café robusta; ES = Tamaño del Efecto [T = Trivial (0,0-0,2), P = Pequeño (0,2-0,6), M = Moderado (0,61,2), G = Grande (1,2-2,0), MG = Muy Grande (>2,0)]. (Hopkins, 2000) .....	122

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Modalidades de triatlón reconocidas por la ITU.....	24
<b>Tabla 2.</b> Modalidades no reconocidas por la ITU.....	25
<b>Tabla 3.</b> Escala de calificación del endomorfismo y características adiposidad relativa) (Norton y Olds, 2000) .....	33
<b>Tabla 4.</b> Escala de calificación del mesomorfismo y características (robustez o prevalencia músculo-esquelética; relativa a la altura) adiposidad relativa (Norton y Olds, 2000) .....	33
<b>Tabla 5.</b> Escala de calificación del ectomorfismo y características (linealidad relativa) (Norton y Olds, 2000) .....	34
<b>Tabla 6.</b> Composición café Arábica y café Robusta.....	50
<b>Tabla 7.</b> Composición de café (infusión) (Moreiras et al., 2013) .....	51
<b>Tabla 8.</b> Signos clínicos de deshidratación.....	73

<b>Tabla 9.</b> Datos antropométricos obtenidos de los triatletas internacionales de alto rendimiento (Cabañas y Esparza, 2009) .....	85
<b>Tabla 10.</b> Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores.....	86
<b>Tabla 11.</b> Somatotipo de hombres triatletas obtenidos de otros estudios. 97	
<b>Tabla 12.</b> Somatotipo de mujeres triatletas obtenidos de otros estudios... 98	
<b>Tabla 13.</b> Valores energéticos y macronutricionales diarios de los triatletas estudiados.....	100
<b>Tabla 14.</b> Distribución porcentual energética en las comidas realizadas por los triatletas.....	101
<b>Tabla 15.</b> Valores del porcentaje energético frente a los grupos de alimento consumidos por los triatletas.....	102
<b>Tabla 16.</b> Valores de vitaminas consumidas diariamente por los triatletas estudiados.....	105
<b>Tabla 17.</b> Valores de minerales y oligoelementos consumidos diariamente por los triatletas estudiados.....	107
<b>Tabla 18.</b> Parámetros analíticos del método de análisis de cafeína en orina.....	117
<b>Tabla 19.</b> Variables fisiológicas medidas en la prueba de esfuerzo incremental pre y post administración de los diferentes tipos de café.....	121

# I. INTRODUCCIÓN

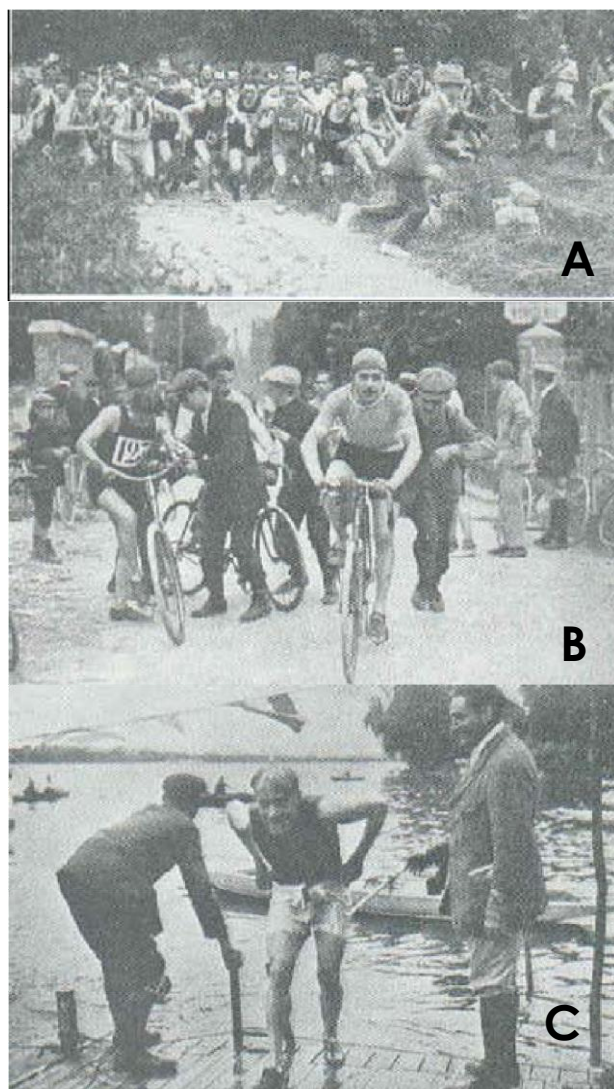
*El secreto para salir adelante es empezar. (Mark Twain).*



## I. INTRODUCCIÓN

### I.1. Historia del triatlón

El origen del triatlón se basa en una carrera popular, a partir de 1920, que se realiza en Francia y que recibe los siguientes nombres: “Les 3 Sports” (**Figura 1**), “La Course de Débrouillards” y “La Course des Touche à Tout”, es curiosa pero dicha carrera se sigue celebrando en Francia cada año en Meulan y Poissy (Hunt, 2017).



**Figura 1.** *Les 3 Sports*, en la década de 1920, que consistía en tres pruebas; (A) carrera inicial de 3 Km, (B) bicicleta con 12 Km y (C) nadar en el canal Marne (fuente: <http://users.telenet.be/TriathloNostalgie/vtdl/Nieuws/Collins.htm>)

En 1920 el periódico francés "L'Auto" informó de la carrera de "Les 3 Sports" que tenía un orden inverso al triatlón de hoy en día, una carrera inicial de 3 Km, le seguía la bicicleta con 12 Km y luego nadar en el canal Marne, las pruebas se llevaban a cabo sin interrupción. Aparecen otros artículos en distintos periódicos franceses como una carrera en Marsella en 1927, en 1934 sobre "Les Trois sports" en la ciudad de La Rochelle, en este caso la natación era de 200 metros, el ciclismo de 10 km y la carrera de 1200 metros que terminaba en el estadio de André Barbeau. Desde la década de 1930 muy poco se vuelve a saber del triatlón hasta 1974, cuando se realiza en San Diego, California la "Misión Bay Triatlón", que tiene un orden inverso al actual triatlón primero carrera, ciclismo y termina con natación. Este fenómeno está bien documentado y contó con el patrocinio del club del San Diego Track Club, donde un grupo de amigos habían comenzado a entrenar para la prueba, se encontraban nadadores, corredores y ciclistas. La prueba consistía en 10 Km de carrera, 8 Km de ciclismo y 500 metros de natación. Este fenómeno está bien documentado al contrario que los eventos franceses. La idea fue concebida y dirigida por Jack Johnstone y Don Shanahan. La primera "Misión Bay Triatlón se celebró el 25 de septiembre de 1974 y compitieron 46 atletas, esta fecha se celebra como el día en que comenzó el triatlón moderno (Carmona, 2017).

Otra teoría del surgimiento del triatlón habla de la apuesta de unos marines que se encontraban en la isla de Hawái, la prueba consistía en: la travesía a nado de la bahía de Waikiki. La vuelta ciclista a Ohau o la prueba maratón, como los participantes no se ponían de acuerdo fue el comandante John Collins el que tomó una decisión salomónica: unir las tres pruebas en una sola, se realizaría una



única carrera en tres, se realizó por primera vez en 1978 y dado la dureza de la prueba se denominó, triatlón de larga distancia popularmente llamado: Ironman surgió como deporte per se, el 18 de febrero de 1978, en medio de dicha discusión, y en donde quince atletas pagaron una inscripción simbólica de tres dólares para participar en esta competición; la cual fue muy precaria, puesto que no había zonas de avituallamiento. De hecho, John Collins paró en medio de la carrera para cenar en un pequeño restaurante. El liderazgo fue para un taxista llamado Gordon Haller, que terminó venciendo el desafío en 11 horas y 46 minutos. De los quince atletas que salieron, doce terminaron la competición (Knechtle et al, 2016).

Debido a dicha definición hay unos fundamentos de entrenamiento que son válidos generalmente para todos los triatletas, se denominan los cinco escalones para pasar de un "Don Nadie" al "Hombre de Hierro", para definir a los participantes que acababan dicha prueba. La prueba en si consistía en 3800 metros a nado, 180 km en bicicleta y 42,195 km (un maratón), prueba de gran fondo que hoy en día aún se celebra y que dio paso a la carrera denominada Ironman, las pruebas de triatlón son más humanas tenemos 1000 metros nado, 4050 km bici y 10-12 km carrera a pie (Ballesteros, 1987).

A partir de entonces surge una explosión de participantes de triatlón, se empiezan a realizar pruebas en todas partes del mundo, cuyo nexo de unión era que los corredores participaran en todas ellas, es decir, sin una base y sin nada que articulara una competición con otra, esto lleva a la necesidad de darle forma a ese cuerpo que iba creciendo y en seguida nacieron, al menos en Europa, asociaciones de triatletas (Conadet en Francia, la Comisión Española de Triatlón. En Estados Unidos siempre con el patrocinio de las marcas comerciales en este caso de Coca-Cola del triatlón). Se empezó por la asociación de triatletas y se tuvo que dar varios pasos para obtener unas federaciones, hubo un

asentamiento de clubes; aparición de entrenadores y jueces, el interés de empresas patrocinadoras y los medios de comunicación (Vodlozerov, 2016).

Con lo visto hasta ahora podemos decir que la explosión legal de triatlón fue en los años 80, en 1989 se crea la ITU (Unión Internacional de Triatlón), en la localidad francesa de Avignon y se disputaron los primeros Campeonatos del Mundo Oficiales. Se estableció que la distancia olímpica fuera de 1,5 km de natación, 40 Km de ciclismo y 10 km de carrera a pie. Por un lado, la Corporación Mundial de Triatlón (World Triathlon Corporation; WTC) que se encarga de la organización de los eventos de Ironman; siendo las etiquetas oficiales Ironman e Iron propiedad exclusiva de la WTC (Cejuela et al., 2007).

Y en 1994 se dio el paso definitivo para que el triatlón fuera reconocido como deporte en el programa de los Juegos olímpicos. En el congreso del COI celebrado en Paris, se decidió que el triatlón se incorporara dentro del programa olímpico en los juegos de Sydney 2000. En Pekín del 2008 será la tercera ocasión en el que el triatlón sea olímpico, y por supuesto en los juegos olímpicos de Londres de 2012. Hyde Park acogió a los mejores triatletas del mundo en uno de los eventos más esperados y de alto nivel en los Juegos Olímpicos de Londres 2012. La última prueba de triatlón en los Juegos Olímpicos de Río de Janeiro 2016 se realizó en el área del Fuerte de Copacabana de Río de Janeiro del 18 al 20 de agosto de 2016, en total fueron disputadas dos pruebas diferentes, una masculina y otra femenina. donde el representante español Mario mola quedo en la octava posición. Los próximos juegos olímpicos se disputarán el 2020 en Japón y la modalidad de triatlón se realiza en el parque marítimo de Odaiba.

La selección de los participantes, en las competiciones olímpicas está reguladas por el ITU. La Unión Internacional de Triatlón (en inglés, *International Triathlon Union*, o ITU) es la institución mundial que se dedica a regular las normas del triatlón a nivel competitivo, así como de celebrar periódicamente competiciones

y eventos en cada una de sus disciplinas. Fue fundada en 1989 por Les McDonald en Aviñón (Francia) y tiene su sede en Vancouver (Canadá). Cuenta en 2006 con 110 federaciones nacionales afiliadas. La presidenta es desde 2008 la española Marisol Casado Estupiñán. La ITU tiene como misión organizar y coordinar numerosas competiciones de triatlón a nivel internacional, entre las que destacan:

- Torneo de triatlón en los Juegos Olímpicos
- Campeonato Mundial de Triatlón de Distancia Sprint
- Campeonato Mundial de Triatlón
- Campeonato Mundial de Triatlón de Larga Distancia
- Campeonato Mundial de Triatlón por equipos
- Copa Mundial de Triatlón
- Campeonato Mundial de Duatlón
- Campeonato Mundial de Duatlón de Larga Distancia
- Campeonato Mundial de Acuatlón
- Campeonato Mundial de Triatlón Invernal

La estructura jerárquica de la unión está conformada por el presidente, el Comité Ejecutivo, el Cuerpo Técnico y el Congreso. La ITU cuenta en 2011 con la afiliación de 126 federaciones nacionales repartidas en cinco organismos continentales.

En España, las primeras referencias que aparecen del triatlón son del año 1963 en la ciudad de Castro Urdiales, se realizó un concurso de ciclo-nata-cross, luego ya no se vuelve a hablar del triatlón hasta 1984 en la ciudad de Guadalajara donde se organiza la primera prueba, participando en la carrera un grupo de corredores, nadadores y socorristas. Hasta 1989, no se llega a la consolidación del deporte, fecha en la que tiene lugar la creación de la Comisión Nacional de Triatlón como resultado del acuerdo entre triatletas de las comunidades autónomas más representativas y la Federación Española de Pentatlón Moderno, que ofreció cobertura legal a través del Consejo Superior de Deportes. En la

actualidad el organigrama deportivo del triatlón no depende de la Federación Española de Pentatlón Moderno, sino que es independiente. En el caso del equipo español estuvo formado por: Maribel Blanco como titular y Virginia Berasategui como reserva, la primera quedó en el puesto 24; en el caso de los hombres el equipo estaba formado por: Iván Raña, Eneko Llanos y José M.ª Merchán como titulares, en el caso de reserva José M. Barbany y Héctor Llanos. Los resultados fueron excelentes, consiguiendo diploma olímpico, 5º puesto para Iván Raña y un 23º puesto para Eneko. Posteriormente Iván Raña fue campeón europeo en el 2002/03 y campeón mundial de triatlón en el 2002, 2003 y 2004.

Actualmente uno de nuestros mejores triatletas es Francisco Javier Gómez "Noya" cinco veces campeón mundial, en los años 2008, 2010, 2013, 2014 y 2015, medalla de plata en los Juegos Olímpicos de Londres 2012, y cuatro veces campeón de Europa, en los años 2007, 2009, 2012 y 2016. Llegó a ocupar el número uno del *ranking* de la ITU al final de nueve temporadas, del año 2007 al 2016. Consiguió una medalla de oro en el Campeonato Mundial de Triatlón de Larga Distancia de 2019. Por su exitosa carrera ha recibido numerosos premios, entre los que destacan el Premio Princesa de Asturias de los Deportes en 2016, la medalla de oro de la Real Orden del Mérito Deportivo en 2013 y el Premio Nacional del Deporte Don Felipe de Borbón al mejor deportista español del año 2012. También fue finalista al Premio Príncipe de Asturias de los Deportes de los años 2013 y 2015. (ITU,2019).

## **I.2. Modalidades del triatlón**

El Triatlón es el deporte combinado, de resistencia y de las transiciones, se combinan tres deportes la natación, la bicicleta y la carrera, el paso de una a otra se denomina transición, el orden es el señalado y el cronómetro no para en ningún momento de las transiciones. La Unión Internacional de Triatlón (*International Triatlón Unión; ITU*), reconoce unas modalidades de dicho deporte como oficiales mientras que otras no, aunque se practiquen. En las modalidades reconocidas por la ITU, que se practican en España, se aplicará el reglamento de

competición que establece la Federación Española de Triatlón (FETRI). El famoso Ironman no se reconoce como modalidad oficial de la ITU, pero es necesario nombrarlo ya que forma parte de la historia del triatlón, los deportes que se practican son los mismos y con idéntico orden, pero las distancias son distintas: natación 4 Km, bicicleta 180 Km y carrera 42 Km (Scheppeler. B, 2002).

La ITU reconoce seis modalidades, las cuales se encuentran reflejadas en la **Tabla 1**. Mientras que en la **Tabla 2** se refleja las modalidades que por parte del ITU no se reconocen (ITU, 2017).

**Tabla 1.** Modalidades de triatlón reconocidas por la ITU.

<b>Nombre</b>	<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>
<b>Acuatlón</b>	2,5 km carrera	1 km natación	2,5 km carrera
<b>Duatlón</b>	10 km carrera	40 km ciclismo	5 km carrera
<b>Duatlón Larga</b> <b>Distancia</b>	20 km carrera	120 km ciclismo	10 km carrera
<b>Triatlón</b>	1,5 km natación	40 km ciclismo	10 km carrera
<b>Triatlón Larga</b> <b>Distancia</b>	3 km natación	80 km ciclismo	20 km carrera
<b>Triatlón invernal de montaña</b>	8 km carrera	12 km ciclismo de montaña	10 km esquí de fondo

**Tabla 2.** Modalidades no reconocidas por la ITU.

<b>DUATLON CROSS</b>	<b>Carrera</b>	<b>Ciclismo</b>	<b>Carrera</b>
Sprint	3 km	10 km	1,5 km
Corta	6 km	20 km	3 km
Larga	12 km	40 km	6 km
<b>TRIATLON CROSS</b>	<b>Natación 1</b>	<b>Ciclismo</b>	<b>Carrera</b>

Sprint	0,500 m	10 km	3 km	
Corta	1 km	20 km	6 km	
Larga	2,5 km	40 km	15 km	
<b>CUADRIATLON</b>	<b>Natación</b>	<b>Piragüismo</b>	<b>Ciclismo</b>	<b>Carrera</b>
Corta	1,5 km	10 km	40 km	10 km

### I.3. Reglamento

De acuerdo con la FETRI (2017) y la ITU (2017), en las competiciones cuyas distancias no se adapten a las reglamentadas, se entenderá que se encuadran en la categoría superior, cuando el segmento de natación y/o carrera superen el 10% de la longitud reglamentada, y/o el segmento de ciclismo supere el 20% de la longitud reglamentada.

Con respecto a las categorías, se establecen una masculina y una femenina. Además de la categoría absoluta, a la que pertenecen todos los atletas, éstos podrán adaptarse a las siguientes categorías, según sus edades (determinada por la edad del atleta el 31 de diciembre del año en que se celebre la competición) e independientemente de su sexo:

- Cadete: 15-16 años.
- Junior: 17-19 años.
- Sub 23: 20-23 años.
- Veterano 1: 40-49 años.
- Veterano 2: 50-59 años.
- Veterano 3: 60- o más años.

Con respecto a las competiciones aprobadas por la Federación Española de Triatlón pueden participar los deportistas que se encuentren en posesión de la licencia federativa otorgada por la FETRI o cualquier otra Federación que esté adscrita a la ITU. Los atletas que estén bajo suspensión impuesta por la FETRI, o por

el organismo nacional de triatlón de su país, no están autorizados a competir en competiciones aprobadas por la Federación Española de Triatlón.

Es responsabilidad del atleta estar bien preparado para la competición, es decir, gozar de buena salud física en general, así como tener un nivel aceptable de preparación. Los atletas deberán ser responsables de su propia seguridad y la del resto de atletas, conocer y respetar el reglamento de competiciones, conocer los recorridos, obedecer las indicaciones de los oficiales, respetar las normas de circulación, tratar al resto de atletas, oficiales, voluntarios y espectadores con respeto y cortesía, evitar el uso de lenguaje abusivo. Si son conscientes de haber infringido una norma, informar a un oficial, y, si es necesario, retirarse de la competición.

Con respecto a los apoyos o ayudas exteriores, los atletas no pueden recibir ningún tipo de ayuda externa, ni entre ellos, excepto a vituallamiento, al margen de la establecida, y en las zonas determinadas, por la organización. Además, los atletas no pueden ser acompañados ni apoyados desde embarcaciones, vehículos o a pie. Los ayudantes o entrenadores podrán dar sus consejos e informaciones situándose a los lados del recorrido, y permaneciendo quietos al paso de los atletas. El personal acreditado para el acceso a los circuitos y para el uso de los vehículos, no podrá hacer uso de éstos para dar apoyo externo o instrucciones a los atletas.

Con respecto al cronometraje y resultados, el tiempo total de cada atleta es el que se cuenta desde el momento de dar la salida hasta el final de la competición. El tiempo empleado en transiciones forma parte del tiempo total.

Los oficiales tomarán los tiempos parciales de la siguiente manera:

- Primer segmento: desde la salida hasta el final del mismo.
- Segundo segmento: desde el final del primer segmento hasta el inicio del tercero. Es decir, incluye las dos transiciones.
- Último segmento: desde su inicio hasta el final de la competición.

En caso de llegada al sprint, será la decisión del oficial de llegada la que determine el ganador. En el caso de competiciones con cronometradores electrónicos, el Delegado Técnico informará con anterioridad al Juez Árbitro para la disposición de los oficiales necesarios y validar los resultados que se den mediante este sistema. No obstante, deberá duplicarse al menos el cronometraje final. La clasificación por clubes vendrá dada por la suma de tiempos de los tres mejores atletas clasificados del club, excepto en las competiciones por equipos. Con respecto al equipamiento, el atleta es responsable de su propio equipo y ha de comprobar que sus características se ajusten al presente reglamento. Además, deberá utilizar, sin modificar, todos los dorsales y elementos de identificación proporcionados por el organizador y aprobados por el Delegado Técnico. En las competiciones de triatlón, triatlón cros y acuatlón, se recomienda marcar a los atletas, al menos, en el brazo izquierdo y en la parte frontal del muslo izquierdo, y siempre en lectura vertical, siguiendo las indicaciones del oficial responsable en éste área. Los dorsales deben ser perfectamente visibles cuando su uso sea obligatorio. No pueden estar cortados ni doblados. Su utilización en los diferentes segmentos se regula como sigue:

- Natación: No se permite el dorsal en el agua y por tanto hay que dejarlo en la transición.
- Ciclismo: Es obligatorio su uso y debe ser visible en la espalda del atleta en las competiciones en las que la normativa de uniformidad no sea de aplicación (actualmente Campeonato de España Elite de Duatlón y Triatlón).
- Carrera: Es obligatorio su uso y debe ser visible en la parte delantera del atleta en las competiciones en las que la normativa de uniformidad no sea de aplicación (actualmente Campeonato de España Elite de Duatlón y Triatlón).

Las dimensiones máximas del dorsal será 24cm (anchura) x 18cm (altura). En las competiciones de triatlón y duatlón, la bicicleta debe portar un dorsal, visible en



lectura horizontal desde la izquierda. Los atletas no podrán competir con el torso desnudo, excepto en el segmento de natación. En todo momento el torso habrá de estar adecuadamente cubierto. Los dos tirantes de la prenda que cubra el tronco deberán estar correctamente colocados sobre ambos hombros. La publicidad está permitida en la indumentaria del atleta, siempre que no interfiera las labores de identificación o control de los oficiales.

Con respecto al dopaje, éste está prohibido. Ningún deportista sancionado o que se encuentre suspendido cautelarmente por dopaje en cualquier deporte podrá participar en competiciones reconocidas por la FETRI o por las Federaciones Autonómicas, mientras dure la sanción o suspensión cautelar. El Organizador, Delegado Técnico o Juez Arbitro, podrán impedir la participación del atleta que se encuentre en las situaciones descritas anteriormente. En todo lo relacionado con el dopaje, se seguirá el reglamento antidopaje de la Comisión Antidopaje de la FETRI.

Con respecto a las sanciones, el incumplimiento, por parte de un atleta, del reglamento de competiciones, o de las indicaciones de los oficiales, será motivo de sanción. Las sanciones que se aplican son las siguientes:

- Advertencia.
- Descalificación.
- Eliminación.

Los oficiales de la competición y el Jurado de Competición, son las únicas personas o entidades autorizadas para imponer las sanciones. El Juez Árbitro de la competición publicará firmada la lista de sanciones, como máximo quince minutos después de la entrada en meta del último atleta. En la lista se reflejará la hora de publicación. Los atletas podrán apelar contra las descalificaciones como muy tarde hasta quince minutos después del más tardío de estos hechos:

- La publicación de la descalificación en el tablón de anuncios.
- La entrada en meta del atleta sancionado.

Teniendo en cuenta que el triatlón es un deporte dividido en tres, y que en esta disciplina lo más importante es la natación, empezaremos por este para hablar del reglamento de los tres deportes que comprenden el triatlón.

Con respecto a las áreas de transición, cada atleta podrá usar exclusivamente el espacio marcado con su número de dorsal, así como los pasillos de acceso y salida del mismo. El espacio individual no podrá ser marcado con elementos que ayuden a su identificación; en ese caso esos elementos serán retirados sin notificarlo al atleta. En el caso de que en el área de transición haya cajas para depositar el material, todo el equipamiento que vaya a ser utilizado puede estar colocado en el espacio del atleta, al lado de la caja. Todo el equipamiento ya utilizado debe quedar dentro de la caja, se considera que está dentro de la caja cuando una parte del equipamiento está dentro de la misma. Las bicicletas se deben dejar en el área de transición solo en la ubicación asignada y en posición vertical; no estando permitido, por ejemplo, colgarlas de lado sólo por una de las partes del manillar. Solo está permitido dejar en el espacio asignado en el área de transición, el material que vaya a ser usado durante la competición. El casco, zapatillas de ciclismo, gafas y otro equipamiento de ciclismo, puede estar colocado en la bicicleta. Los atletas deben montar en la bicicleta después de la línea de montaje, y desmontar antes de la línea de desmontaje. Todos los atletas deberán circular por las áreas de transición conforme al tráfico establecido, no estando permitido acortar el recorrido por la transición. Los atletas no pueden detenerse ni impedir el progreso de otros atletas en el área de transición. El personal de la organización y oficiales, podrán, previa autorización del Delegado Técnico, entregar y/o recoger la bicicleta y el material en el área de transición. Esta ayuda, si existe, será igual para todos los atletas.

#### **I.4. Evaluación cineantropométrica**

La cineantropometría es el área de estudio de las Ciencias del Deporte que relaciona las medidas corporales en su forma, sus proporciones y su composición, con la función (Norton y Olds, 1996). Históricamente la cineantropometría como concepto y nueva ciencia aparece en el año 1966, cuando Roch Meynard de la Universidad de Laval, Quebec (Canadá) lo introduce basándose en su raíz etimológica griega “kiné” que significa movimiento, “anthropos”, hombre y “metria”, medida. Especialización, que siguió demostrándose en la práctica con los estudios, cada vez más importantes, que se realizaron en los Juegos Olímpicos de 1968 en México, 1972 en Múnich y 1976 en Montreal. Y es en 1978 cuando es reconocida como una ciencia por la “International Council of Sport and Physical Education, N.G.O. A Level Committee, de la UNESCO”, y comenzando su consolidación a partir de la década de los 80. El 20 de Julio del año 1986 se fundó la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)* en el Jordanhill College of Education de Glasgow, Escocia, U.K. que se integró en la *International Council of Sports Science and Physical Education (ICSSPE)*. En junio del año 1987, se celebró el 1er Curso de Cineantropometría en España organizado por el Dr. Ferran Rodríguez e impartido por los profesores belgas Dr. Marcel Hebbeling y Jan Borms. En 1989, y en el seno de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE), se fundó el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) bajo la presidencia del Dr. Francisco Esparza (Cabañas y Esparza, 2009).

Las medidas antropométricas se realizan según unas medidas o parámetros corporales que son recomendados por el grupo de ISAK, siguiendo unos puntos concretos, basadas en los textos de Rose y Marfell- Jones de 1993, respaldadas por el grupo de ISAK, por el GREC- FEMEDE español con el Manual de Cineantropometría (Esparza, 1993).

La ISAK reconoce cuatro niveles jerárquicos de acreditación:

- Nivel 1: Técnico en el perfil restringido.
- Nivel 2: Técnico en el perfil completo.

- Nivel 3: Instructor.
- Nivel 4: Antropometrista de referencia o criterio.

Las medidas cineantropométricas se basan en el Protocolo de Medidas Antropométricas, que se inicia con el deportista en la posición denominada: Posición de Atención Antropométrica o Posición Estándar Erecta. El sujeto es dividido en la siguiente composición corporal:

- Piel.
- Tejido adiposo.
- Tejido muscular.
- Tejido óseo.
- Tejido residual.

El protocolo completo de medidas antropométricas:

- Talla.
- Peso.
- Envergadura.
- Diez pliegues cutáneos.
- Catorces perímetros.
- Catorce longitudes.
- Ocho perímetros.

Con estas medidas se obtiene la composición corporal del deportista. Paralelamente a estas medidas, el objetivo es realizar el somatotipo y la somatocarta. El concepto de somatotipo, lo define por primera vez el Dr. W.H. Sheldon (psicólogo estadounidense) en 1940, y se refiere a una cuantificación de los componentes primarios que determinan la estructura corporal de un individuo determinada por tres componentes, para ello tomo como referencia las tres capas embrionarias de desarrollo, que dan origen a sus propios tejidos y sistemas orgánicos (Carter, 1990), a partir de estas tres capas embrionarias: endomorfia (primer componente), mesomorfia (segundo componente) y ectomorfia (tercera componente). El método de Sheldon surgió como la necesidad de poner una escala numérica a las bases de la morfología corporal. A partir de Sheldon

aparecen otros autores que empiezan a introducir cambios hasta llegar a la técnica actual. (Parnell, 1954) introdujo conceptos que modifican el somatotipo por factores externos, sustituyendo el concepto genotípico por el fenotípico (Heath, 1967) amplían la escala de valores en muy obesos o musculosos. Finalmente, el enfoque más utilizado es el del somatotipo antropométrico de Heath- Carter. Actualmente, se sigue la idea que el somatotipo es fenotípico y por tanto susceptible de los cambios de crecimiento, envejecimiento, ejercicio y nutrición (Carter-Heath, 1990), de ahí la importancia del estudio tanto antropométrico, a nivel cineantropométrico, somatotipo y nutricional de los deportistas triatletas de este estudio. El somatotipo contiene tres componentes y se enumeran en el siguiente orden: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, que ofrecen información sobre la grasa corporal, masa magra y la linealidad.

Para la endomorfia se necesita los valores de los pliegues del tríceps, subescapular y suprailíaco, medidos en mm, para la mesomórfica, se refiere al desarrollo de la masa magra con respecto a la estatura, intervienen los diámetros y los perímetros con respecto a la talla y para la ectomorfia se basa en la linealidad relativa o delgadez de un físico. Se compone de la estatura y del peso. En las **Tablas 3, 4 y 5** se observan la escala de calificación para la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, respectivamente (Norton y Olds, 2000).

**Tabla 3.** Escala de calificación del endomorfismo y características (adiposidad relativa) (Norton y Olds, 2000).

1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----

Baja adiposidad relativa; poca grasa subcutánea; contornos musculares y óseos visibles	Moderada adiposidad relativa; la grasa subcutánea cubre los contornos musculares y óseos; apariencia más blanda	Alta adiposidad relativa; grasa subcutánea abundante; redondez en tronco y extremidades; mayor acumulación de grasa en el abdomen	Extremadamente alta adiposidad relativa; gran abundancia de grasa en la piel, grandes cantidades de grasa abdominal en el tronco; concentración de grasa en extremidades
--	---	---	--

**Tabla 4.** Escala de calificación del mesomorfismo y características (robustez o prevalencia músculo-esquelética; relativa a la altura) adiposidad relativa (Norton y Olds, 2000).

1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	
Bajo desarrollo músculo-esquelético diámetros óseos estrechos; diámetros musculares estrechos; pequeñas articulaciones en las extremidades				Moderado desarrollo músculo-esquelético relativo; mayor volumen muscular y huesos y articulaciones de mayores dimensiones					Alto desarrollo músculo-esquelético relativo, diámetros óseos grandes; músculos de gran volumen; articulaciones grandes				Desarrollo musculoesquelético relativo extremadamente alto; músculos muy voluminosos; esqueleto y articulaciones muy grandes			

**Tabla 5.** Escala de calificación del ectomorfismo y características (linealidad relativa) (Norton y Olds, 2000).

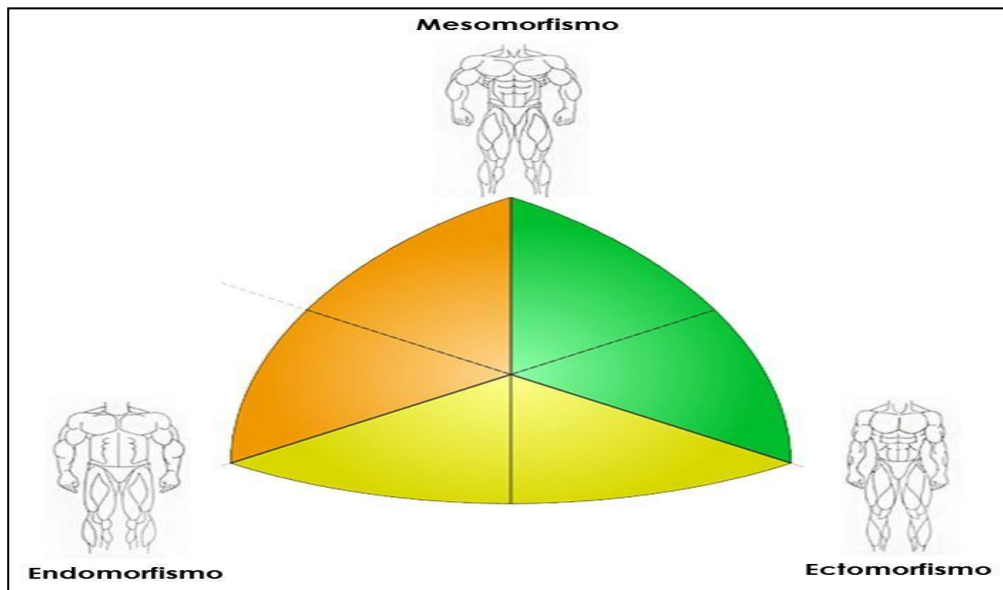
1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----

Linealidad relativa gran volumen por unidad de altura <redondo>; como una <pelota> extremidades relativamente voluminosas	Linealidad relativa moderada; menos volumen por unidad de altura más estirado	Linealidad relativa elevada; poco volumen por unidad de altura	Linealidad relativa extremadamente alta; muy estirada; delgada como un lápiz; volumen mínimo por unidad de altura
---	---	--	---

El valor del somatotipo puede ser considerado como la expresión de un punto en un sistema de tres coordenadas, donde cada eje representa la escala de un componente en particular (Duquet y Carter, 2001), sin embargo, la representación tridimensional supone una gran dificultad de representación simultánea por eso se recurre a la representación bidimensional, mediante la somatocarta. Como la somatocarta representa la representación tridimensional del somatograma sobre el plano XY, representando las proyecciones de la ectomorfia, la mesomorfia y la endomorfia, al representarlo sobre los ejes XY dividen la somatocarta en sectores, las ecuaciones que transforman dichas coordenadas tridimensionales de un somatotipo en las coordenadas X e Y son:

- $X = \text{Ectomorfia} - \text{Endomorfia}$ .
- $Y = 2 \text{ Mesomorfia} - \text{Endomorfia} - \text{Ectomorfia}$ .

En la **Figura 2** se muestra un modelo de somatocarta.



**Figura 2.** Somatocarta.

La similitud somatotípica entre un individuo y su somatotipo de referencia en el plano deportivo puede suponer una mayor probabilidad de lograr el éxito deportivo, así como una menor incidencia de lesión durante la práctica de este, también puede ser una orientación en la forma de entrenamiento de dicho deportista. Por otra parte, el atleta que muestre diferencias en cuanto a su somatotipo respecto a su modelo de referencia, el estudio del somatotipo puede ayudar a indicar las deficiencias de dicho deportista y realizar los cambios pertinentes, para mejorar dicha práctica deportiva. En relación con los atletas y los deportistas en general existe una estrecha correlación entre el éxito deportivo y el somatotipo de los atletas de elite, sentando así los aspectos biomecánicos y fisiológicos de ciertos aspectos físicos con el rendimiento deportivo, a medida que aumenta el nivel de competición como los juegos olímpicos se hace más necesario identificar un área de distribución más restringida de los somatotipos individuales para comprobar el éxito deportivo y la mejora del rendimiento



deportivo, de esta forma en ciertas modalidades se han podido establecer somatotipos bien definidos ( F. Paneque et al, 2006).

Atendiendo a la clasificación de (P. Ortega,1999) las disciplinas deportivas se pueden agrupar en deportes individuales, colectivos y de lucha, para cada una de las disciplinas se han publicado evaluaciones cineantropométricas tanto para deportistas de competición como amateurs (Cabañas y Esparza, 2009). En el caso de triatlón, y atendiendo a esta clasificación de Pino Ortega, estaría englobado dentro de los deportes individuales. De hecho, en los últimos años numerosos artículos de cineantropometría para varones (Astorino et al., 2012; Barbosa et al., 2003; Bassit; Bilgin, 2016;Canda et al., 2013;Dave et al., 2016 Fernández, 2014; Jara y Pizarro, 2016; Kandel et al., 2014; Knechtle et al., 2011; Landers et al., 2013; Malverdi, 1998; Martínez-Sanz et al., 2012; Pons et al., 2015; Rossi y Tirapegui , 2011; Skinner et al., 2014), mujeres (Bilgin, 2016; Canda et al., 2013),adolescentes femininas (Astorino et al., 2012; Dave et al., 2016; Jara y Pizarro, 2016; Knechtle et al., 2011; Landers et al., 2013; Pons et al., 2015) y triatletas han sido publicados.

## **I.5. Alimentación, nutrición e hidratación**

### **I.5.1. Alimentación y nutrición**

La alimentación de un deportista influye significativamente en su rendimiento físico, siendo similar a la establecida para la población en general, con ligeros cambios en función del deporte realizado, la mayor diferencia con respecto a las personas sedentarias es la cantidad de calorías aportadas, que es mayor y hace que se eleve más la cantidad de alimentos administrado. El triatleta debe de planificar los horarios de comida y entrenamientos, respetando un tiempo aproximado de 3 horas entre cada comida y entrenamiento intenso, así como un tiempo de una hora entre la finalización del entrenamiento y una ingesta importante de comida. Es conveniente realizar entre 4-5 comidas a lo largo del día para repartir mejor el aporte calórico (Palacios et al, 2008).

La dieta de los deportistas y en particular de los triatletas tiene que ser variada, equilibrada y aportar los requerimientos energéticos necesarios para practicar dicho deporte y que su rendimiento sea el adecuado. Debe de componerse de: cereales y derivados, verduras y hortalizas, frutas, aceite de oliva, lácteos y derivados, carnes y derivados, pescados y mariscos, huevos, legumbres y frutos secos. Aportando cada uno de los ellos los siguientes componentes nutricionales (Travis et al. 2016):

- Verduras y hortalizas. El contenido calórico es bajo 50 Kcal/100 g, y su contenido en proteínas y grasas es bajo, los hidratos de carbono son generalmente almidón y los polisacáridos que forman parte de la fibra, en general aportan un 30 %. En las verduras y hortalizas lo que más destaca es el aporte de minerales y vitaminas, en cuanto a minerales sobre todo de potasio, calcio, sodio y magnesio. Algunas de hierro como acelgas, espinacas y tomate, aunque es hierro que se absorbe en menor cantidad. Entre las vitaminas destacan la A, C, E y B1, B2.
- Frutas. Tienen poco aporte energético, a excepción del aguacate (134 Kcal/100g) y el plátano (85 kcal/100g), las demás varían entre 30-60 kcal/100g. La cantidad de agua es de 81- 93%. Y tienen poca cantidad de proteínas y de lípidos. Los hidratos de carbono se caracterizan porque son simples y contiene fibra sobre todo en la piel. Son importantes para el deportista por su contenido de vitaminas C, A y E, así como de minerales sobre todo potasio y fósforo cabe destacar que son bajas en sodio y ayudan a la hidratación del deportista por su contenido en agua.
- Aceite de oliva. La composición del aceite es muy variable dependiendo de la variedad cultivada, condiciones agroalimentarias y grado de madurez de la aceituna. Destaca sobre todo porque es la fuente principal de grasa de la dieta del deportista sobre todo por su contenido en AGI. Aporta unos 900 Kcal /100g de energía, el ácido graso mayoritario es el oleico (55-83%), contiene componentes minoritarios como la vitamina E,

compuesto fenólicos y esteroides, necesarios para el deportista por su valor antioxidante.

- Lácteos. Leche, leches fermentadas y quesos; en la leche el principal componente es el agua 87 %, dentro de los hidratos de carbono destaca la lactosa , entre los lípidos un 2,5-5 % principalmente triglicéridos , es rica en AGS, sobre todo destacamos el aporte de proteínas que representa un 3,2 % entre ellas la caseína y las proteínas del lactosuero que hacen que la leche contenga aminoácidos esenciales, entre los minerales el calcio, potasio y fósforo y las vitaminas las liposolubles (A, D y E) y en menor cantidad hidrosolubles. La leche fermentada se caracteriza porque el contenido de proteínas suele ser mayor y contiene una alta digestibilidad siendo ideal para la dieta de los deportistas porque además les aporta calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre y cinc. El queso se caracteriza por su alto valor energético variando entre 175 Kcal de los quesos fresco hasta los 400 Kcal de los curados. Es una buena fuente de proteínas, calcio, fósforo, sodio y vitaminas B1 y B2.
- Carnes y derivados. Destaca su alto contenido en proteínas 20 % de alto valor biológico y digestibilidad. Un 70 % de agua, los minerales son el hierro, cinc, fósforo, sodio y potasio, el aporte de vitaminas sobre todo del complejo B y liposolubles destacando la A. El aporte de lípidos varía entre un 5-10 % en carnes magras y un 10-20 % en carnes grasas. La importancia en el triatleta es debido a su contenido en proteínas de alto valor biológico.
- Pescados y mariscos. El contenido en agua es de 60-80 %, los que menos tienen son los azules. Los mariscos entorno a un 70 %. En cuanto a las proteínas entre un 12-20 % y un 20-22 % los mariscos y en ambos casos de alto valor biológico, la cantidad de lípidos varía en función del tipo de pescado sobre todo destacamos la cantidad de AGPI de la familia de los omega-3. Los mariscos tienen un contenido bajo de grasa, pero elevado de

colesterol, son una fuente valiosa de calcio, fósforo, hierro y cinc, elevado contenido de yodo y bajo de sodio. Los mariscos destacan sobre todo por la fuente de cinc, hierro, cobre, magnesio, yodo y selenio. En cuanto a las vitaminas, destacan las del complejo B sobre todo tiamina, niacina y B12, en los pescados grasos la A y D. La importancia en los deportistas destaca su alto valor proteico, así como el contenido de omega 3. Debe ser consumidos en mayor porcentaje que las carnes como fuente de proteínas.

- Huevos: La energía que aportan los huevos es de 72 Kcal por unidad, se caracterizan por su aporte proteico ya que es el patrón de referencia para determinar la calidad proteica de otros alimentos, la cantidad de hidratos de carbono es despreciable y en cuanto a los lípidos destaca su contenido en la yema de AGPI, AGMI y fosfolípidos. Su contenido en colesterol es grande 426 mg/100g. Aporta grandes cantidades de las vitaminas A, B2, B12, D, E, biotina y ácido pantoténico, así como minerales P, Se, I, Zn, Fe. Es interesante también el aporte de colina para los procesos metabólicos. Constituye un aporte de alto valor proteico, para los deportistas y de fácil digestión, sin despreciar su aporte de minerales y vitaminas.
- Legumbres. El valor medio de energía que aportan oscila entre 280 y 400 Kcal/100 g, tiene un bajo contenido de agua 9 %. Destacando su contenido en fibra soluble y un alto contenido en almidón, seguido de oligosacáridos. En cuanto a las proteínas aportan alrededor de un 24 % y tienen un bajo contenido de aminoácidos esenciales del azufre (metionina y cisteína) que pueden ser subsanados con la combinación de legumbres y cereales. Bajo contenido de lípidos 2-5 % a excepción de la soja 18 % destacando su contenido de AGI. Las vitaminas que poseen sobre todo la E la soja y del grupo de la B y vitamina C. Alto contenido de calcio, hierro, cinc, magnesio, y fósforo, aunque la presencia de ácido fítico disminuya la biodisponibilidad de estos minerales. Son un buen aporte de hidratos de carbono, proteínas y lípidos para los deportistas, pero después de las competiciones.

- Frutos secos. Aportan una gran cantidad de energía 550-720 Kcal/ 100g. el valor medio de las proteínas es de 16 %. Son ricos en arginina que es el aminoácido precursor del ácido nítrico protector de las enfermedades cardiovasculares. Los lípidos representan el 50 % de su peso siendo el perfil bastante correcto por su escaso contenido de AGS y aumento de AGPI y AGMI destacando la fuente de omega 3. Bajo contenido de hidratos de carbono a excepción de la castaña un 45 %. De fibra entre 4-12 g / 100 g. Con cantidades importantes de calcio (sobre todo las almendras), magnesio, fósforo, potasio, cobre, manganeso y cinc. Son ricos en vitaminas E, ácido fólico, B1, B2 y B3. La importancia en los triatletas destaca sobre todo el aporte calórico en las prácticas deportivas de bicicleta, así como el aporte nutritivo de proteínas, AGI, vitaminas destacando el ácido fólico, minerales como el calcio, magnesio y hierro.
- Cereales y derivados. Son la principal fuente de carbono y de fibra de la dieta contienen entre un 70-78 % sobre todo de los complejos destacando el almidón, bajo contenido en azúcares y fuente importante de fibra dietética sobre todo los integrales. En cuanto a proteínas suministran hasta un 20 % con la falta de algún aminoácido esencial como lisina y en el caso del maíz de triptófano, pero se pueden complementar, destacar la presencia de gluten excepto en el arroz que también por su bajo contenido en sodio y alto en potasio es ideal para personas hipertensas y celíacas. La cantidad de lípidos es de 1-7% de los que destacan los AGI 72-85 % sobre todo en la avena. Destacan las vitaminas hidrosolubles del grupo B, en el maíz y el trigo integral. Los minerales más abundantes son el fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y selenio sobre todo en el salvado. Hay que hacer una mención a la patata ya que representa una importante fuente de hidratos de carbono básicamente de almidón, así como de proteínas y fibra. El aporte calórico es de 78 Kcal/ 100g, la piel de la patata contiene potasio y es rica en vitamina C. Este grupo de alimentos debe constituir la

base de la alimentación del deportista, siendo necesaria el consumo de 611 raciones para cumplir las recomendaciones dietéticas (55-60 % de hidratos de carbono) y de esta la mitad se debe de realizar con productos integrales y así quedan cumplimentadas las de fibra.

Con respecto a la nutrición de los triatletas, debería incrementarse en 55-65 % del aporte calórico con respecto al requerimiento de los demás deportistas debido a que es un deporte de alta intensidad y larga duración. Una dieta adecuada, en términos de cantidad y calidad, antes, durante, y después de un entrenamiento o una competición de estas características, optimizará los depósitos de glucógeno, así como de todos los demás nutrientes y garantiza, con ello, el rendimiento físico del deportista. Los hidratos de carbono son la fuente principal de glucógeno en el deportista, deben de estar presentes en las dietas de precompetición. Cuando la ingesta se realiza 4 horas antes de la práctica deportiva se determina un consumo de 4-5 g de carbohidratos por kg de peso. La comida debe ser rica en hidratos de carbono complejo donde encontramos vitaminas, minerales y fibra, con menor contenido de grasa que los hidratos sencillos. Si el consumo se realiza una 1 hora antes del ejercicio, la ingesta recomendada es de 1-2 g de carbohidratos por kg de peso. Si el consumo lo realizamos de 10-15 minutos antes, lo ideal sería tomarse una solución al 45-50 % de 50-60 g de polímeros secos de glucosa. Durante la práctica deportiva de duración más de dos horas, la ingesta de hidratos de carbono debe realizarse cada 20-30 minutos y es de 20-60 g por hora de hidratos de carbono. Se debe acompañar de una solución al 5-10% con 15-20 g de hidratos de carbono cada 20 minutos aproximadamente. La concentración no debe de ser superior al 10 % para evitar la aparición de vaciado gástrico. El uso de bebidas deportivas es una buena estrategia para aportar la cantidad de hidratos de carbono necesarios, así como el consumo de geles de carbohidratos o plátanos que pueden consumirse durante la fase de ciclismo y pueden transportarse junto al contenedor personal de líquidos. Al

finalizar la práctica deportiva, se produce un desgaste energético, así como una depleción de los depósitos de glucógeno. La dosis aceptada de hidratos de carbono es de 8-10 g /kg. En los triatlones olímpicos puede llegar a 14 g /kg. Es muy importante la recarga de glucógeno para evitar la aparición de la fatiga temprana, en los primeros minutos-horas tras los entrenamientos que se realizará con carbohidratos de alto índice glucémico.

Las proteínas deben de representar el 12-15 % de la ingesta calórica diaria total en la dieta del deportista. Sus funciones principales son: la reparación tisular, transporte de sustancias o la síntesis de hormonas, enzimas y anticuerpos. No obstante, en determinadas condiciones de stress metabólico intenso con depleción de hidratos de carbono como sustratos energético principal pueden utilizarse las proteínas como fuente energética alternativa pudiendo llegar a rendir un 10-20 % de la energía necesaria en estos casos. La ingesta proteica debería situarse en un rango entre los 0,8 g/kg /día hasta los 2 g/ kg /día en deportes intensos. En los deportes de resistencia el rango es de 1,2 y 1,4 g/kg/diarios y quizá un poco mayor para aquellos que participan en eventos y programas de entrenamiento en los que se producen gastos energéticos extremos. Las principales fuentes de obtención de proteínas están en las carnes, pescados, huevos, leche y sus derivados. Una buena combinación de aminoácidos procedentes de alimentos de origen vegetal también permite un adecuado incremento de la masa muscular (Delgado et al., 1997).

Las grasas son sustancias que almacenan y suministran energía a la población en general como a los deportistas, la cantidad recomendada es de 30-35 %. Las funciones principales a parte de la de suministrar energía son: transporte de vitaminas liposolubles, protección de órganos vitales y aislamiento térmico. Dentro de los distintos tipos de grasa que existen, se producirá una disminución de la grasa saturada (está no debe de ser mayor del 7-8 % de la energía total de la

dieta). Se aumentará el consumo de grasas monoinsaturadas entre un 15-20 % con el aumento del aceite de oliva.

En este tipo de deporte aeróbico de larga duración uno de los micronutrientes más importante es el hierro, así como las vitaminas del grupo B, fundamentalmente la tiamina. En este sentido es importante la alimentación suplementada con hierro en las temporadas de entrenamientos intensivos, pre- y post competiciones. También es importante la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes naturales (vitaminas E, C y A, sobre todo). Así como en la alimentación cotidiana se cuidará la ingesta de metionina y lisina, precursores de la carnitina, transportadores clave del ácido graso al interior de la mitocondria, lugar de la célula muscular en el cual se produce la oxidación de los ácidos grasos y la obtención de ATP en las reacciones aeróbicas. Según Ecónomos et al. (1993), las carencias nutricionales más comunes que se pueden encontrar en deportistas de elite son de: zinc, hierro, magnesio, cobre, calcio; y vitaminas B1, B2, B12, B6 y D. Concretamente, se ha visto que pequeños estados carenciales de vitamina B1, B2, B6 y C, en sujetos sanos, se acompaña de un descenso del umbral anaeróbico y del  $VO_2$  máx. Un déficit de hierro y/o magnesio, por otro lado, da lugar a una disminución del  $VO_2$  máx. Invirtiéndose esta situación con el aumento de estos nutrientes.

Con todos estos nutrientes el deportista debe realizar un aporte adecuado de ellos para que el aumento del volumen e intensidad del trabajo realizado durante los entrenamientos sea el correcto para su buena práctica, siendo necesario destacar que las dos fuentes principales de energía durante un ejercicio físico son los carbohidratos y la grasa; y que, en principio, las reservas corporales de estos sustratos son limitadas para los hidratos de carbono e ilimitadas para la grasa.

### **1.5.2. Hidratación**

Se debe conseguir que los deportistas estén bien hidratados antes del comienzo de los entrenamientos o competiciones. Se puede emplear la variación del peso corporal como indicador de una hidratación adecuada. Las recomendaciones



para realizar el programa de prehidratación para estos deportistas puede ser extraído de varios autores, incluyendo el Colegio Americano de Medicina del Deporte (*American College of Sports Medicine*, 2007), Brouns 1995, Shirreffs et al. 2011), siendo básicamente los siguientes puntos:

- Beber lentamente de 5 a 7 ml/kg en las 4 horas anteriores a iniciar el ejercicio. Si el individuo no puede orinar o si la orina es oscura o muy concentrada se debería aumentar la ingesta, añadiendo de 3 a 5 ml/kg más en las últimas 2 horas antes de ejercicio.
- Las bebidas con 20-50 mEq/L de sodio y comidas con sal suficiente pueden ayudar a estimular la sed y a retener los fluidos consumidos.
- En ambientes calurosos y húmedos, es conveniente tomar cerca de medio litro de líquido con sales minerales durante la hora previa al comienzo de la competición, dividido en cuatro tomas cada 15 minutos (200 ml cada cuarto de hora). Si el ejercicio que se va a realizar va a durar más de una hora, también es recomendable añadir hidratos de carbono a la bebida, especialmente en las dos últimas tomas.
- No es recomendable la ingestión previa al ejercicio de agua junto con glicerol, ya que no mejora el rendimiento deportivo y puede producir efectos secundarios como: náuseas, molestias gastrointestinales, cefalea y aumento del peso corporal. Además, la hiperhidratación que produce aumenta el riesgo de hiponatremia.
- Mejorar el sabor de los fluidos es una forma de promover su consumo. El sabor va a depender en gran medida de la temperatura (15-21°C), de la cantidad de sodio que contenga y del tipo de hidrato de carbono utilizado.

Durante el ejercicio el método de hidratación se basa en las recomendaciones de Hew-Butler et al. (2006), el cual indica que se recomienda beber entre 6 y 8 ml de líquido por kilogramo de peso y hora de ejercicio (aproximadamente 400 a 500 ml/h o 150-200 ml cada 20 minutos). No es conveniente tomar más fluido del necesario para compensar el déficit hídrico. Estas cifras se basan en la gran

cantidad de agua retenida por el glucógeno muscular y hepático, que se libera al consumir el glucógeno y se elimina por el sudor y por tanto no debe contabilizarse en el balance hídrico, lo mismo que el agua obtenida de las oxidaciones de los principios inmediatos. La temperatura ideal de los líquidos debe oscilar entre 15-21 grados. Bebidas más frías enlentecen la absorción y en ocasiones pueden provocar lipotimias y desvanecimientos, mientras que las bebidas más calientes no son apetecibles, por lo que se beberá menos cantidad. En cuanto a la carga calórica que deben tener las bebidas de los deportistas, utilizadas durante los entrenamientos o en la propia competición deben tener un nivel calórico de entre 80 kcal/1000 ml y 350 kcal/1000 ml, de las cuales, al menos el 75% debe provenir de una mezcla de carbohidratos de alto índice glucémico como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y fructosa (Brouns, 1995).

Durante el postejercicio, la rehidratación debe iniciarse tan pronto como finalice el ejercicio. El objetivo fundamental es el restablecimiento inmediato de la función fisiológica cardiovascular, muscular y metabólica, mediante la corrección de las pérdidas de líquidos y solutos acumuladas durante el transcurso del ejercicio. Si la disminución de peso durante el entrenamiento o la competición ha sido superior al 2% del peso corporal, conviene beber, aunque no se tenga sed y salar más los alimentos. Se recomienda ingerir como mínimo un 150% de la pérdida de peso en las primeras 6 horas tras el ejercicio, para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina y de esta manera recuperar el equilibrio hídrico. Las bebidas de reposición, utilizadas después del entrenamiento o la competición, deben tener un contenido calórico entre 300 kcal/1.000 ml y 350 kcal/1.000 ml, de las cuales al menos el 75% deben provenir de una mezcla de carbohidratos de alta carga glucémica como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y fructosa (Burke, 2001).

## **I.6. Ayudas ergogénicas**

### **1.6.1. Concepto y clasificación**

El término de ayuda ergogénica alude al uso de aquellas sustancias que pueden incrementar la capacidad de trabajo físico y mental, especialmente eliminando la sensación de fatiga. Las primeras ayudas ergogénicas aparecen en los juegos olímpicos de Grecia de 776 a.C. Aparecen datos de regímenes específicos de los deportistas en los que se utilizaban hongos alucinógenos y semillas de sésamo para mejorar el rendimiento. Se decía que Milón de Crotona, famoso luchador de los Juegos Olímpicos tomaba diariamente 20 libras de carne, otras tanta de pan y 15 litros de vino. Los griegos trataron de mejorar los récords por medio del consumo abundante de carne, utilizando la más adecuada para cada especializada: carne de cabra para saltadores, de toro para corredores o de cerdo para luchadores y gladiadores, en aquella época como observamos ya se empezaban a utilizar las ayudas ergogénicas. En los años 1940, los deportistas comenzaron a tomar esteroides y anabolizantes para aumentar la masa muscular. Durante la década de los 50 y 60, la utilización de estas sustancias y de las anfetaminas fue extendiéndose. Ante este hecho el Comité Olímpico Internacional (COI) prohibió su uso por los deportistas olímpicos a principios de 1960, las pruebas antidopaje formales se pusieron en marcha en los juegos de 1968 (Schubert y Astorino, 2012).

La clasificación más habitualmente utilizada es la de Bernadot (2006) y contiene la siguiente clasificación:

- *Ayudas ergogénicas mecánicas o biomecánicas.* Para incrementar la eficiencia energética con el fin de proporcionar una mayor ventaja como, por ejemplo: Pesos libres para desarrollar la fuerza, desde zapatillas de correr lastradas, tirar nasales para mejorar el flujo de aire a los pulmones, bañadores enteros en los chicos entre otros.
- *Ayudas ergogénicas farmacológicas.* Son medicamentos diseñados para influir en los procesos fisiológicos o psicológicos a fin de incrementar la potencia física o la fuerza mental, encontramos: Hormonas de esteroides,

androgénicas y sus precursores, suplementos nutricionales a altas dosis (vitaminas y minerales), sustancias cuasi nutrientes que producen un efecto farmacológico.

- *Ayudas ergogénicas fisiológicas.* Diseñadas para aumentar los procesos fisiológicos naturales a fin de incrementar la fuerza física, tales como el dopaje sanguíneo, saunas, masajes, y otras formas de fisioterapia.
- *Ayudas ergogénicas nutricionales.* Son nutrientes diseñados para influir en los procesos fisiológicos y psicológicos y así incrementar la potencia física y la mental, como: sobrecarga de hidratos de carbono, bebidas deportivas, ingesta de cafeína, y consumo de otras sustancias disponibles habitualmente en fuentes alimenticias, aminoácidos ramificados (valina, leucina, isoleucina), creatina, taurina, entre otros.
- *Ayudas ergogénicas psicológicas.* Planteadas para mejorar los procesos psicológicos durante la realización de la prueba deportiva a fin de incrementar la fuerza mental, aparece la: hipnosis, técnicas de relajación, técnicas de visualización, técnicas de motivación.

Las sustancias ergogénicas más utilizadas por los triatletas son las nutricionales, la utilización de los suplementos nutricionales tiene las siguientes funciones (Jeukendrup, 2005):

- Realización de actividades prolongadas y de entrenamientos.
- Acelerar procesos de recuperación.
- Regulación hidroeléctrica y termorregulación.
- Corrección de la masa corporal.
- Orientar el desarrollo de la masa muscular.
- Reducir el volumen de la ración diaria durante la competición.
- Orientación cualitativa de la ración precompetición.
- Aplicables en situaciones de gran estrés.

### **1.6.2. Cafeína y café como posibles ayudas ergogénicas**

La cafeína propicia en los deportistas que lo consumen los siguientes efectos; movilización de grasas del tejido adiposo y células musculares, cambios en la contractibilidad muscular, alteraciones en el sistema nervioso central que modifican las percepciones del esfuerzo o la fatiga, la estimulación de la liberación y actividad de la adrenalina, y efectos sobre el musculo cardiaco (Davis, et al, 2003). La cafeína se encuentra naturalmente en las hojas, frutos secos y semillas de varias plantas. Las principales fuentes dietarias de cafeína, como el té, el café, el chocolate y las bebidas de cola, aportan típicamente 30 a 200 mg de cafeína por porción (Burke, 2008). Otras formas de administración de la cafeína son: en cápsulas, bebidas deportivas, geles, barritas. Chicles, enjuagues bucales y aerosoles (Wickham et al, 2018).

Existe todavía la creencia de que el consumo de cafeína induce un estado agudo de deshidratación. Sin embargo, esta situación no es así en la práctica deportiva. El primer estudio se realizó en 1928 por Eddy y Downs, los cuales examinaron la posibilidad de la cafeína como inductora de la deshidratación, y aunque sus resultados así lo demostraron, es cierto que el número de personas con las cuales se estudio era muy limitado (tres) y no realizaban ninguna actividad deportiva (Maughan y Griffin 2003) concluyen que el estado de hidratación individual durante el tiempo de la ingestión de la cafeína puede afectar a la respuesta, pero que muchos de los estudios realizados tienen errores en su diseño experimental y metodológico (Falk et al. 1990) no encontraron diferencias significativas entre la pérdida de agua y el consumo de una dosis de cafeína sobre la medida del rendimiento deportivo sobre tapiz rodante, sin embargo, su estudio no se realizó frente a un placebo(Wemple et al., 1997) investigó los efectos de una bebida de reposición electrolítica con cafeína y sin cafeína demostrando que no hay diferencias significativas en el volumen urinario total ( Kovacs et al. 1998) estudiaron el rendimiento deportivo en ciclistas y el consumo de cafeína a varias dosis añadidas a una solución electrolítica

carbohidratada, observándose una mayor efectividad a partir de 225 mg de cafeína (Grandjean et al. 2000) midió el volumen de orina de 24 horas entre deportistas que consumen agua y cafeína (en un rango de 114-253 mg/día) no encontrando diferencias significativas entre ellos (Fiala et al. 2004) investigó la rehidratación con el uso de una conocida bebida de cola con cafeína (741 mg/día) y sin ella, y no observó diferencias significativas en las medidas de variación de plasma o en la sudoración (Roti et al. 2006) examinó los efectos de suplementar cafeína a diferentes concentraciones (0, 3 y 6 mg/Kg) durante un largo periodo de tiempo y no observó diferencias significativas entre los grupos en relación a la pérdida de sudor (Millard-Stafford et al. 2007) estudió los efectos del ejercicio en grupos que ingirieron tres diferentes de bebidas; un placebo, bebida electrolítica carbohidratada al 6 y 7% que contenía vitaminas (B3, B6 y B12), carnitina, taurina y 195 mg/L cafeína no observando diferencia significativa en la pérdida de sudor entre los diferentes grupos e incluso reflejó un aumento de la intensidad del ejercicio para el grupo que además consumía cafeína. Estos y otros estudios reflejan que la cafeína en la práctica deportiva no afecta a la deshidratación y en algunos casos pueden mejorar el rendimiento deportivo. De hecho, el 11 de enero de 2004 la cafeína se eliminó de la lista de sustancias prohibidas de la Agencia Mundial Antidopaje (*World Anti-Doping Agency, WADA*), permitiéndole a los deportistas que compiten en disciplinas que cumplen con la WADA consumir cafeína en su dieta habitual o con el objetivo específico de mejorar el rendimiento, sin temor a sanciones.

Sin embargo y a pesar de todo, se está estudiando (Clarke N.D., 2018 y Marqués A.C., 2018), con cierto interés el café, para su uso como ayuda ergogénica. La planta del café, el cafeto, pertenece a la familia *Rubiaceae*, que engloba unas 6000 especies. Las que tienen más importancia comercial son: *Coffea arábica* y *Coffea canephora* (Robusta). Definimos el café como la bebida realizada con agua hirviendo (infusión) que se obtiene a partir de las semillas tostadas y molidas de los frutos de la planta de café (*Coffea*). La bebida es altamente estimulante,

pues contiene cafeína, aparte de otras sustancias. Desde el punto de vista organoléptico, se distinguen por la intensidad del sabor y la acidez, siendo el Arábica más ácido y menos amargo y el Robusta por tener más sabor, más cuerpo; desde el punto de vista nutricional, se diferencian en el contenido de cafeína y polifenoles, en los que es superior el Robusta (*International Coffee Organization*, 2010). En la **Tabla 6** se aprecia la diferencia entre el Arábica y el Robusta con respecto a alguno de sus componentes. El café Robusta contiene más cantidad de cafeína, hidratos de carbono, así como de ácido clorogénico que es una sustancia antioxidante característica del café (Panusa et al. 2017). La proporción de proteínas y minerales es la misma en los dos tipos de café. Destaca el café Arábico por tener más cantidad de lípidos (Alharbi W.D.M. et al. 2018.).

**Tabla 6.** Composición café Arábica y café Robusta.

	<b>Arábica</b>	<b>Robusta</b>
<b>Lípidos (g)</b>	17	11
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	38	41,5
<b>Proteínas (g)</b>	10	10
<b>Cafeína (% vol.)</b>	1,3	2,4
<b>Ácido clorogénico (g de ácido Clorogénico/100g)</b>	2,7	3,1

En la actualidad, se han identificado unas 2000 sustancias en el café, que además de cafeína contiene vitaminas, principalmente las vitaminas del complejo B, y sales minerales, como potasio, fósforo, magnesio y calcio, siendo estas las más abundantes. El grano de café contiene, además, compuestos nitrogenados, lípidos, azúcares y polisacáridos, así como polifenoles. El aporte energético del café tostado (expresó) o soluble solo (sin adición de leche ni

azúcar) es despreciable, ya que una taza contiene entre 2 y 5 kcal. No obstante, la composición nutricional del café varía en función de la especie del grano como hemos visto antes (según sea robusta o arábica), la cantidad de café verde, el proceso de transformación, el grado de tostado y molido, el método de preparación, el tipo de agua utilizada y el volumen de bebida. En la **Tabla 7** se presenta la composición a nivel de micronutrientes en mayoritaria minerales, siendo prácticamente despreciable el contenido de vitaminas tanto hidrosolubles, como de las liposolubles, siendo el contenido cero.

**Tabla 7.** Composición de café (infusión) (Moreiras et al., 2013)

CAFÉ	POR 100 g DE PORCIÓN COMESTIBLE	POR TAZA PEQUEÑA 50 g
Energía (Kcal)	4	2
Proteínas (g)	0,3	0,2
Lípidos (g)	0	0
Hidratos de carbono (g)	0,8	0,4
Fibra (g)	0	0
Ca (mg)	5	2,5
Fe (mg)	0,2	0,1
Mg (mg)	6	3
Na (mg)	3,5	1,8
K (mg)	66	33
Tiamina (mg)	0,01	0,01



Riboflavina (mg)	0,01	0,01
------------------	------	------

## II. OBJETIVOS

*Uno es valiente cuando, sabiendo que ha perdido ya antes de empezar, empieza a pesar de todo y sigue hasta el final pase lo que pase. Uno vence raras veces, pero alguna vez vence. (Matar un ruiseñor, Lee Harper).*

El objetivo general de esta tesis doctoral es evaluar el estado cineantropométrico, nutricional e hídrico, así como determinar las repercusiones del consumo de café sobre el efecto de deshidratación y de ayuda ergogénica. Para conseguirlo, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar el estado cineantropométrico de los triatletas de la Comunidad Valenciana.
2. Evaluar la ingesta alimentaría y los hábitos dietéticos de los deportistas sometidos a este estudio, mediante una encuesta alimentaría y la posterior evaluación con el programa informático DIAL.
3. Estudiar el impacto de la ingesta de la bebida de café tanto a nivel de deshidratación como de ayuda ergogénica.
4. Evaluar la información de las pruebas de rendimiento metabólico y respiratorio de dichos deportistas cuando se les administra dicha bebida de café, considerada como ayuda ergogénica.

### III. METODOLOGÍA

*El espíritu de marcha: Jamás un legionario dirá que está cansado, hasta caer reventado; será el cuerpo más veloz y resistente. (Credo legionario).*



### **III.1. Muestra**

23 triatletas cumplirán criterios de inclusión del estudio (la utilización de broncodilatadores por enfermedad de asma, alergias, problemas de salud, como afecciones pulmonares) y se calculó el tamaño de muestra teniendo en cuenta un IC 90 % y un margen de error del 10 % (Andres y Fornas, 2010). Siendo el tamaño de muestra de 19 triatletas. Se evaluó un grupo de 19 deportistas varones de triatlón, de la Federación de Triatlón de la Comunidad Valenciana, con una media (DE) de edad de 25,0 (6,5) años. A cada participante se le explicó la naturaleza y propósito del estudio, obteniendo de todos ellos el consentimiento informado tras su aprobación por el Comité Ético de la Universitat de València (número de procedimiento H1493041948693).

### **III.2. Evaluación cineantropométrica**

Para la realización de las medidas cineantropométricas se emplearon los siguientes equipos:

- Lápiz demográfico. Para la señalización de los puntos anatómicos y referencias antropométricas.
- Banco antropométrico.
- Báscula. Para la obtención del peso corporal se utilizó un modelo SECA 700 (Seca Corporation, Hanover, MD, EE. UU.) con una precisión de 100 g.
- Tallímetro. Para medir la estatura se aplicó un modelo SECA 220 con una precisión de 1 mm.
- Compás de pliegues cutáneos. Para medir el espesor del tejido adiposo subcutáneo se utilizó un modelo Holtain (Holtain Ltd, Crymich, Reino Unido) con una precisión de 0.2 mm
- Cinta antropométrica. Se usó un modelo (Cescorf,) con precisión de 1 mm.
- Paquímetro. Para la obtención de los diámetros articulares, mediante un paquímetro Holtian y con una precisión de 1 mm.

Las variables antropométricas analizadas fueron realizadas por un antropometrista acreditado con ISAK nivel 1 en las instalaciones del Complejo Deportivo de Chestre. La valoración antropométrica se realizó de acuerdo con el protocolo restringido ISAK-GREC-Femede (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*/Grupo Español de Cineantropometría-

Federación Española de Medicina del Deporte) (Cabañas y Esparza, 2009; Esparza, 1993; Marfell-Jones et al., 2006). El %ETM intra-evaluador establecido en sus niveles máximos es 7,5% en pliegues y 1,5% en el resto de las medidas, mientras que el %ETM inter-evaluador establecido en sus niveles máximos es 10% en pliegues y 2% en el resto de las medidas (Marfell-Jones et al., 2006). La exploración antropométrica se realizó en una estancia suficientemente amplia, confortable, ventilada, con luz natural y a una temperatura climatizada, encontrándonos entre 22° y 24°. Los sujetos estudiados permanecieron descalzos y con pantalón corto o bañador en el caso para permitir la realización de las mediciones de la manera más confortable posible. Las medidas se tomaron en el lado derecho, siguiendo la escuela canadiense, de EE. UU. y del GREC, independientemente del lado predominante del sujeto de estudio (Cabañas y Esparza, 2009). Las medidas de peso corporal y estatura sufren variaciones a lo largo del día (Sumner y Whitacre, 1931) por lo que se realizaron por la mañana y en la misma franja horaria para todos los participantes.

En la sesión de toma de datos se procedió al marcado de los puntos anatómicos y las referencias antropométricas necesarias para el estudio. El material fue calibrado y comprobada su exactitud antes de iniciar la toma de las medidas, siguiendo el protocolo definido por el ISAK (Cabañas y Esparza, 2009, ISAK., 2001).

Las variables antropométricas básicas registradas han sido:

- Peso en kg.
- Talla en cm.
- 8 pliegues cutáneos (mm): tricipital, subescapular, bicipital, ileocrestal o supracrestal, supraespinal o suprailíaco anterior, abdominal, muslo anterior y pierna medial.
- 5 perímetros (cm): brazo relajado, brazo contraído y flexionado, cintura mínima, glúteo máximo y pierna o gemelar.
- 2 diámetros (cm): condíleo-trocLEAR humeral y bicondíleo fémur.

### **III.2.1. Peso y altura**

Para el cálculo del peso, el sujeto se situó en bipedestación (de pie) con los dos pies apoyados en la báscula, distribuyendo el peso de forma homogénea en ambas piernas, los brazos colgando a lo largo del cuerpo evitando tocar nada que pueda inferir en el cálculo final del peso, la medición se realizó con los deportistas descalzos y en bañador o pantalón corto ligero.

Para la estatura, teniendo en cuenta que es la distancia que existe entre el vértex, punto más superior del cráneo cuando la cabeza está mirando al frente, lo que se denomina plano de Frankfort y el plano de apoyo o sustentación. Los sujetos se colocaron en bipedestación y descalzos sobre la plataforma del tallímetro, los bordes internos de ambos pies deben formar un ángulo de unos 60°, los talones colocados juntos y apoyados en el tope posterior del estadiómetro, los pies apoyados totalmente sobre la plataforma y completamente estirado, las nalgas y la columna dorsal apoyadas en la tabla vertical del tallímetro. Se coloca la cabeza del sujeto en el plano de Frankfort, realizando una suave tracción desde las apófisis mastoides, con los dedos medios y la palma de la mano recogiendo la mandíbula y los dedos pulgares apuntan hacia el ángulo externo del ojo. Se invita



al sujeto a realizar una inspiración profunda, asegurándose que mantiene la postura anterior y sin levantar los pies de la plataforma, se desciende la plataforma horizontal del tallímetro hasta contactar con la cabeza del deportista, ejerciendo una ligera presión para minimizar el efecto del pelo.

### **III.2.2. Puntos antropométricos**

Estos puntos de referencia deberán ser localizados con gran exactitud, siendo aconsejable para ello seguir los siguientes pasos:

- Localización del punto anatómico que nos interesa mediante la palpación de los dedos pulgar e índice de la mano.
- Relocalización de dicho punto con la uña de otro dedo.
- Marcar el punto con una cruz con la ayuda de un lápiz demográfico.
- Comprobar una vez marcado que el punto ha sido señalado correctamente.

Los puntos utilizados a la hora de hacer las mediciones de este estudio han sido los siguientes.

- Línea íleo-axilar: es la línea vertical imaginaria que une el punto medio de la axila con el borde lateral superior del ilion del lado derecho. Se localiza con el brazo del sujeto en una abducción de 90°, ubicamos el borde lateral superior del ilion derecho utilizando la mano derecha, y el punto medio de la axila. La línea será la que une estos dos puntos descritos.
- Abdominal: es el punto marcado 3-5 cm a la derecha del punto umbilical, ayudándonos de la cinta métrica. Sirve como punto anatómico de referencia a la hora de tomar el pliegue abdominal.
- Subescapular: es el punto más bajo del ángulo inferior de la escapula que se localizara con el dedo pulgar de la mano izquierda. Se marcará con el lápiz demográfico 2cm por debajo del punto descrito, siguiendo las líneas de la piel, quedando el punto por tanto ligeramente a la

derecha, afuera y abajo. Sirve como punto anatómico de referencia a la hora de tomar el pliegue subescapular.

- Ileoespinal o Suprailíaco: es el punto que se localiza en la espina iliaca anterosuperior. El antropometrista sujeta la cadera con su mano izquierda y localiza con su dedo pulgar el borde superoexterno del íleon, y siguiendo una dirección anterior e inferior a lo largo de la cresta iliaca hasta que la prominencia del íleon se sitúa dorsalmente. Sirve como punto anatómico de referencia a la hora de tomar el pliegue suprailíaco.
- Punto pantorrilla o medial pierna: es el punto marcado en la cara medial de la pierna tras medir la circunferencia de la pierna, sin retirar la cinta métrica por su borde inferior, se marca una cruz con el lápiz en el mismo sentido. Sirve como punto anatómico de referencia a la hora de medir el pliegue medial de la pierna.
- Punto medio Acromio-Rádiale: se mide la distancia lineal entre la marca del acromion y la marca radial con el brazo relajado y extendido. Se realiza una marca con el lápiz en medio de la distancia entre estos 2 puntos descritos. Esta marca se proyecta en el plano horizontal hacia ventral y hacia dorsal del brazo. Estos puntos anatómicos de referencia nos servirán para la medición del pliegue bicipital y tricipital respectivamente. También nos servirán para determinar el perímetro del brazo relajado y del brazo contraído.

### **III.2.3. Pliegues cutáneos**

Se definen como “el espesor del pliegue de la piel expresado en milímetros, incluyendo en él la doble capa de piel y tejido adyacente subcutáneo, excluyendo el músculo” (Cabañas y Esparza, 2009). Para realizar su medida, el pliegue cutáneo se toma con los dedos índice y pulgar de la mano izquierda,

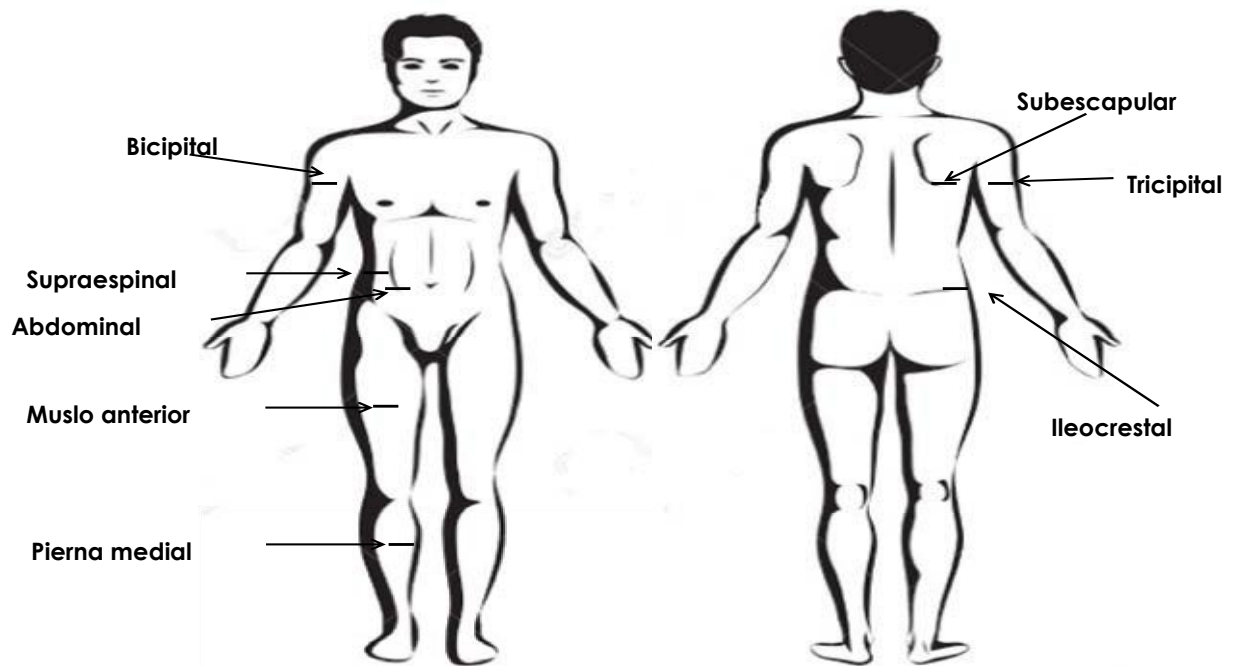
abriendo una pinza de unos 8 cm. Se eleva una doble capa de piel y su tejido adiposo subyacente en la zona señalada, efectuando una pequeña tracción hacia afuera para que se forme bien el pliegue y queden ambos lados paralelos, y se mantiene hasta que termine la medición. Con la mano derecha se aplica el compás, colocándolo a 1 cm del lugar donde se toma el pliegue, perpendicular al sentido de este y en su base. La lectura se efectúa aproximadamente a los dos segundos después de colocar el compás, cuando se enlentece el descenso de la aguja.

Los pliegues cutáneos se medirán en lado derecho, dando el valor medio de tres mediciones, pudiendo descartar las claramente erróneas. Las repeticiones no se harán pliegue a pliegue, sino tras terminar todos los pliegues incluidos en el estudio, evitando así comprimir la zona. Los pliegues medidos son los siguientes:

- Bicipital. Situado en el punto medio acromio-radial, en la parte anterior del brazo. El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo.
- Tricipital. Situado en el punto medio acromio-radial, en la parte posterior del brazo. Es un pliegue vertical, paralelo al eje longitudinal del brazo.
- Subescapular. Está situado a dos centímetros del ángulo inferior de la escápula, en dirección oblicua, hacia abajo y hacia fuera, formando un ángulo de 45° con la horizontal. Para realizar esta medida, se palpa el ángulo inferior de la escápula con el pulgar izquierdo, situamos en ese punto el dedo índice y desplazamos hacia abajo el dedo pulgar rotándolo ligeramente en el sentido horario, para así tomar el pliegue de manera oblicua a 45° con la horizontal.
- Ileocrestal. Localizado justo encima de la cresta ilíaca, en la línea medio axilar. El pliegue ha de formar un ángulo aproximado de 45° con la horizontal. El sujeto debe colocar su mano derecha a través del pecho.
- Supraespinal. Está localizado en la intersección formada por la línea del borde superior del íleon y una línea imaginaria que va desde la espina ilíaca anterior-superior derecha hasta el borde axilar anterior. Se sigue la línea

natural del pliegue hacia abajo, formando un ángulo aproximado de 45° con la horizontal. En adultos, este punto suele estar entre unos 5-7 centímetros (cm) por encima de la espina ilíaca anterior-superior.

- Abdominal. Situado lateralmente a la derecha, junto a la cicatriz umbilical en su punto medio. El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del cuerpo. No se debe coger la cicatriz umbilical cuando tomamos el pliegue.
- Muslo anterior. Está localizado en el punto medio de la línea que une el pliegue inguinal y el borde proximal de la rótula, en la cara anterior del muslo. El pliegue es longitudinal, a lo largo del fémur. Existen distintas formas de tomar este pliegue. Se le puede pedir al sujeto que se siente, o que extienda la pierna, apoyando el pie en un banco manteniendo la rodilla flexionada. En cualquier caso, lo más importante será que el cuádriceps esté relajado. En algunos casos, cuando el pliegue es muy grande, cuando existe mucho tono muscular en el cuádriceps o cuando existe mucha sensibilidad o dolor en la zona, se le puede pedir al sujeto que se sujete él mismo el pliegue mientras se realiza la medición.
- Pierna medial. Localizado a nivel de la zona donde el perímetro de la pierna es máximo, en su cara medial. Es vertical y paralelo al eje longitudinal de la pierna. En este caso, para realizar esta medición, el sujeto podrá estar sentado o de pie con la rodilla flexionada en ángulo recto y la pierna completamente relajada (apoyada sobre el banco antropométrico). En la **Figura 3** se muestran la localización de los pliegues medidos.



- **Figura 3.** Localización de los pliegues medidos.

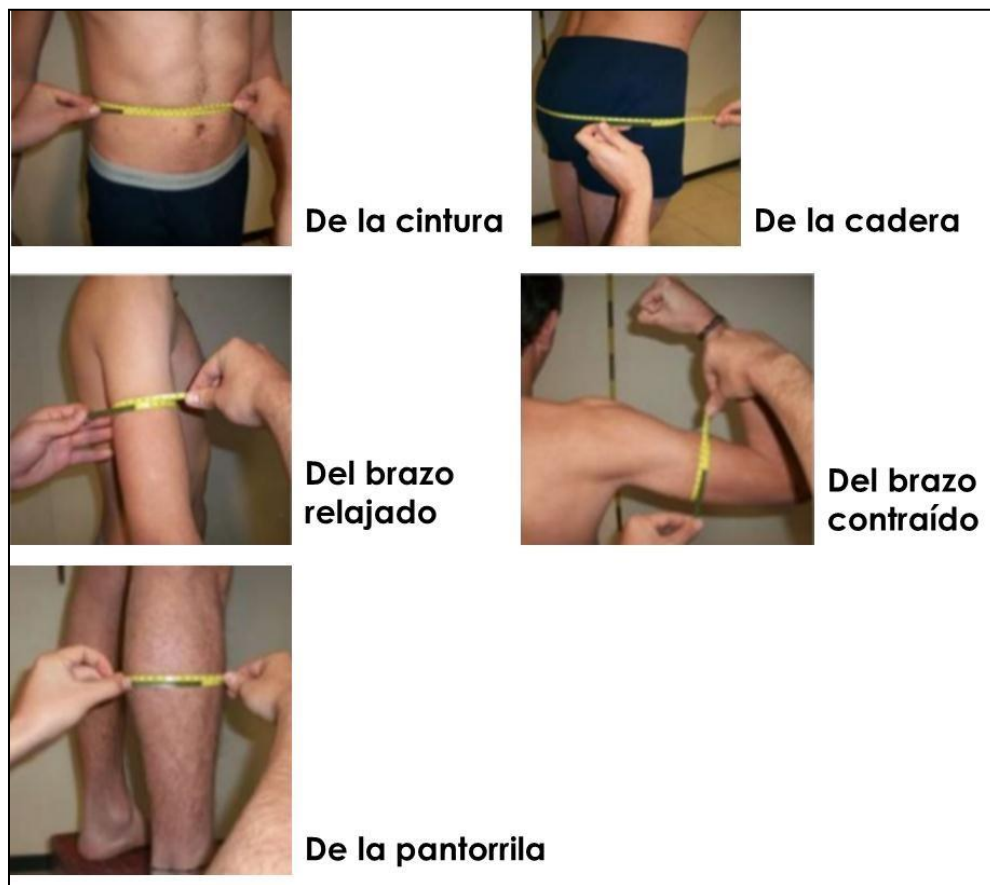
### **III.2.4. Perímetros.**

Con la cinta métrica flexible e inextensible se realiza la medida de los siguientes perímetros:

- De la cintura. Se ha medido a partir del punto medio entre la cresta iliaca y la última costilla. Corresponde al menor contorno del abdomen.
- De la cadera. Es el contorno máximo de la cadera, aproximadamente a nivel de la sínfisis púbica y cogiendo el punto más prominente de los glúteos. El sujeto cruzará los brazos a la altura del pecho y no contraerá los glúteos.

- Del brazo relajado. Se ha realizado en el brazo derecho, en el punto medio de la distancia acromio-radial, con el brazo relajado al lado del cuerpo.
- Del brazo flexionado y tenso. Es el contorno máximo del brazo contraído voluntariamente. El sujeto deberá colocar el brazo en abducción y en la horizontal. El antebrazo debe estar en supinación y con una flexión de codo de 45°. El antropometrista debe animar a realizar una contracción máxima de bíceps mientras se realiza la medición.
- De la pantorrilla. Es el máximo contorno de la pierna. Se localiza en el punto medio del gemelo.

En la **Figura 4** se muestran la localización de los perímetros medidos.



**Figura 4.** Perímetros corporales medidos

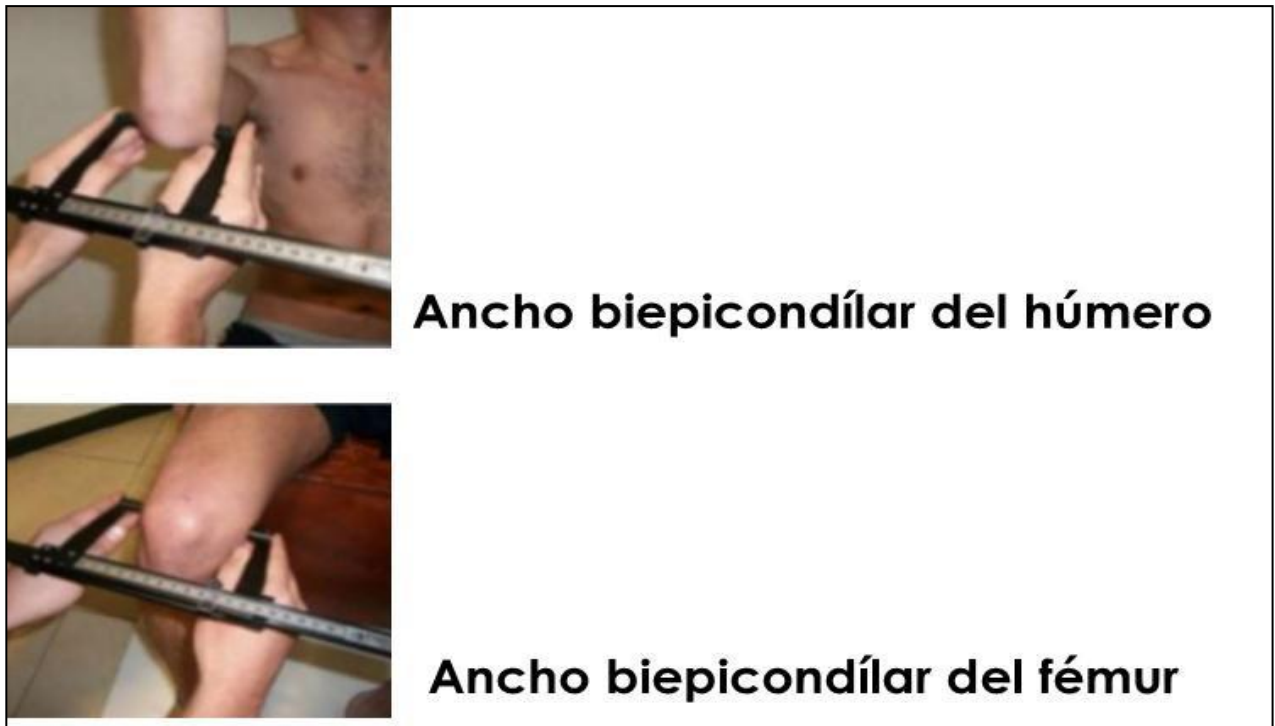
### III.2.5. Diámetros

La definición de diámetro es la distancia entre dos puntos anatómicos expresado en centímetros (cm). Se miden mediante un gran compás, un antropómetro o un paquímetro, en función de la magnitud del mismo y su localización. Los diámetros medidos son:

- Ancho biepicondílar del húmero. Es la distancia entre el epicóndilo y la epitroclea del húmero, que son el cóndilo lateral y medial del húmero, respectivamente. El brazo se colocará en horizontal al cuerpo, formando un grado de 90° para facilitar la medida. Fue medido con el brazo horizontal en antepulsión y el antebrazo flexionado a 90° y en supinación.
- Ancho biepicondílar del fémur. Es la distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El individuo estará sentado para su medición, formando

un ángulo de 90° la pierna con el músculo sin que los pies toquen el suelo.

En la **Figura 5** se muestran la localización de los diámetros medidos.



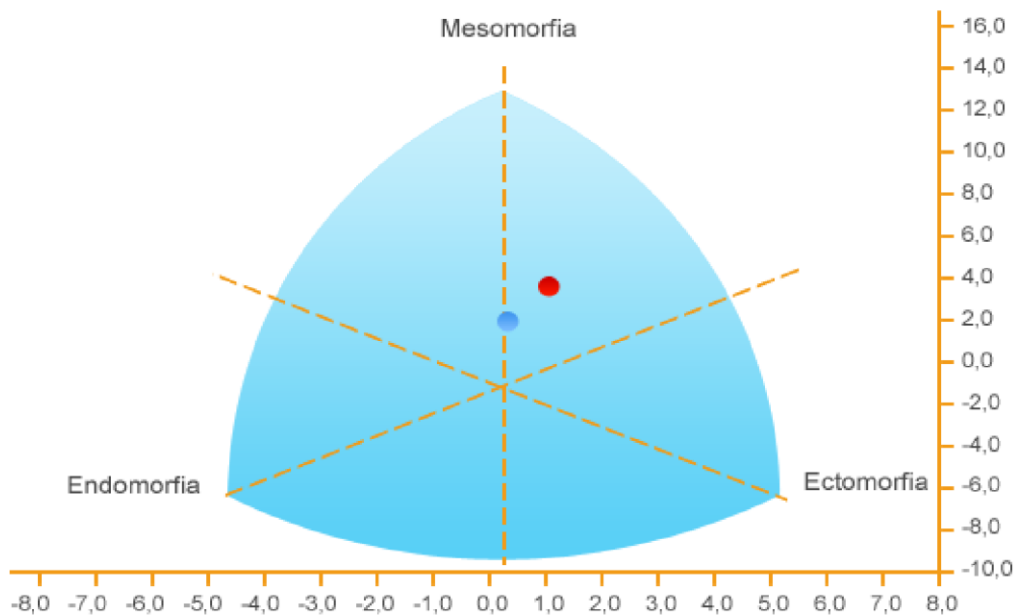
**Figura 5** diámetros corporales medidos.

### **III.2.6. Somatotipo**

El somatotipo se calculó de acuerdo con el documento consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (Alvero Cruz et al., 2009), expresado mediante tres componentes numéricos, que representan en su orden el contenido adiposo grueso (endomorfia), la musculatura (mesomorfia) y la linealidad relativa (ectomorfia). Uno de los puntos más importantes después de la toma de medidas cineantropométricas es el somatotipo. Según (Mathews y Fox 1979), “el somatotipo es usado para describir el tipo físico más susceptible a determinar enfermedades, y como medio de relacionar el tipo corporal con éxito en varias



modalidades deportivas". Cada deportista se clasifica con tres cifras que representan grados de manifestación de la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia. Para el cálculo de dichos componentes se utilizó el Programa Oficial ISAK; la cual se encuentra disponible en la web del GREC (<http://www.femede.es/page.php?/Secciones/Cineantropometria>). Una vez obtenidos los valores de los componentes del somatotipo que son transferidos a la somatocarta (**Figura 6**) (Martínez, 2012).



**Figura 6.** Ejemplo de somatocarta

### III.3. Evaluación energético-nutricional de los triatletas.

Para evaluar la energía y nutrientes consumidos, así como relacionar los grupos de alimentos frente al valor energético aportado por cada uno de los triatletas, se utilizó cinco recordatorios de 24 horas; correspondientes a tres días de

entrenamiento, uno de competición o entrenamiento más fuerte y otro postcompetición o entrenamiento suave. Para completarlos se entrevistó a todos los jugadores a solas por triplicado registrando todos los alimentos y bebidas que habían ingerido el día anterior a la entrevista, siempre asegurando que consideraran como “normal en su forma de comer” el mismo. Para ayudar a los entrevistados a cuantificar las cantidades físicas de alimentos y bebidas que habían consumido se utilizó el libro de imágenes de raciones (Vargas et al., 2008). Se registró, tanto el tipo de alimento como la cantidad consumida del mismo, la forma de preparación, ingredientes y la marca comercial y la composición del alimento en los casos que fue necesario. Así mismo, se anotaron el lugar y la hora de consumo. Los datos obtenidos se trataron mediante el programa DIAL versión 1.10 (ALCE Ingeniería, Madrid, España). Hallamos así la ingesta de energía y nutrientes a partir de los datos obtenidos por los cuestionarios realizados a los jugadores que, como se ha señalado, reflejaron el consumo de alimentos de estos. Además, se obtuvo el valor del agua aportado por las bebidas y el consumo diario acuoso. La **Figura 7** muestra la presentación típica de los datos que se obtienen al valorar nutricionalmente menús con el programa DIAL.

A:P	Alimento o Plato	g:R	Cantidad	Comida
A	LECHE	g	250	Desayuno
A	ZUMO DE NARANJA	g	200	Desayuno
A	PAN BLANCO	g	50	Desayuno
A	MEFRELADA DE ALBARICOQUE Y MELOCOTON	g	15	Desayuno
P	PAELLA VALENCIANA	R	1,5	Almuerzo
P	ENSALADA MIXTA	R	1	Almuerzo
A	NARANJA	g	225	Almuerzo
A	PAN BLANCO	g	60	Almuerzo
P	ENSALADA DE PASTA CON ATUN	R	1	Cena
A	JAMON SERRANO	g	80	Cena
A	PAN BLANCO	g	60	Cena
A	YOGUR ENTERO CON FRUTA	g	125	Cena

Nutriente	Aporte/día
Energía	2674
Agua	1707
Alcohol	0
Proteínas	114
Hidratos Carbono	328
Azúcares sencillos	80,8
Almidón	224
Fibra vegetal	25,1
Fibra soluble	6,3
Fibra insoluble	12,3
Lípidos	93
AGS	21,6
AGM	50,1

**Figura 7.** Valoración nutricional. Programa DIAL v1.10.

### III.4. Evaluación del efecto del consumo de café y del efecto ergogénico

Para realizar este estudio se estudiaron dos tipos de café frente a un placebo. La bebida placebo utilizada fue, la sugerida por el grupo de investigación de Denadai y Denadai (1995), consistente en 150 ml de agua conteniendo 5 g de café descafeinado, lo que implicaría una cantidad de cafeína ingerida inferior de 0,01 mg/kg pc., demostrada tras el análisis en el laboratorio de acuerdo con el método de Bispo et al. (2002). Previamente a este estudio se estudió con los deportistas, el tipo de bebida de café más aceptada y la cantidad máxima de volumen de la bebida de café que podrían ingerir, a raíz de esto se planteó ingerir 150 ml, tanto para el placebo como para las otras bebidas de café, con el objetivo de que no existiera una nueva variable (volumen) que pudiera afectar a los resultados. De los dos cafés estudiados se utilizaron bebidas de café Arábica y Robusta, y a un volumen de 150 ml. A ninguna de las bebidas de estudio, ni al placebo, se le añadió azúcar porque la presencia de azúcar puede interferir en el efecto ergogénico, de hecho, los hidratos de carbono afectan a la carga de trabajo, al inicio del acumulo de lactato en sangre (*Onset of Blood Lactate Accumulation; OBLA*), y el  $VO_2$  (Yoshida, 1987), es por eso por lo que se llevó el estudio con dos bebidas de café, sin azúcar.

Las bebidas objeto de estudio tenían una cantidad de cafeína de 117 mg en 150 ml para el café Arábica, mientras que la de origen Robusta proporcionó una cantidad de cafeína de 234 mg de cafeína también en 150 ml, siendo cuantificado este valor de acuerdo con el método de Bispo et al. (2002). En el proyecto original se planteó suministrar 3 mg/Kg de peso corporal en una primera toma y luego a la siguiente semana 9 mg/kg de peso y luego 13 mg/kg de peso, pero a nivel de campo se observó que esta metodología era imposible ya que por un lado hay que someter a los deportistas a muchas pruebas de esfuerzo. Además, un mes antes de la prueba se realizó un estudio preliminar para verificar

cuál sería el volumen óptimo para consumir observándose que no podían realizar en una toma la bebida que les proporcionara 9 y 13 mg de cafeína/kg p.c., es por eso por lo que se trabaja con 150 ml y con los tipos de café explicados más arriba, y ninguno de ellos tuvo molestias gastrointestinales ni reflejo gastro-cólico posterior a su consumo. Pasada esta primera fase del estudio se procedió a realizar las pruebas. Además, se realizó el procedimiento sugerido por Bell y McLellan (2002) para deshabituarse previamente a los deportistas de cafeína (puesto que hay algunos con consumo habitual y otros no), para conseguir esto se realizó previamente una etapa de deshabitación de la cafeína, de al menos una semana tal y como sugieren estos autores. En base al placebo y a las dos bebidas de café se procedió a estudiar el efecto ergolítico por efecto de la deshidratación debido a su consumo y el análisis aeróbico-anaeróbico metabólico (umbral láctico) y del rendimiento respiratorio como determinantes del potencial efecto ergogénico por su consumo.

### **III.4.1 Evaluación de la deshidratación por el consumo de café**

#### **III.4.1.1. Evaluación de la densidad, color de la orina, tasa de sudoración y la variación del peso corporal**

Se clasificó, al deportista como hidratado o deshidratado (Rivera Cisneros *et al.*, 2008), siendo este último criterio cuando cumple con los siguientes criterios:

- Porcentaje de pérdida de peso mayor o igual a 1%. Medido con la báscula de la Marca SECA 220, citado anteriormente el en apartado de la evaluación cineantropométricamente.
- Densidad específica urinaria mayor a 1,020 g/L. Se utilizaron tiras reactivas (Medi-Test Combi 10 SGL), que presentan un área para medir densidad urinaria mediante una escala de 1000-1030, con variación de color en intervalos de 0,005 unidades. La prueba se basa en el cambio de pKa de ciertos polielectrolitos pretratados en relación con la concentración iónica

de la orina, lo cual está relacionado con el peso específico. Las tiras se colocan en la orina recientemente obtenida y se leen 45-60 seg después de sumergidas. Los colores del área varían desde el azul al verdoso intenso, en orinas de baja concentración iónica, al amarillo-verdoso, en orinas de mayor concentración. La lectura de la densidad mediante tiras reactivas fue realizada visualmente.

- Escala de color urinario mayor a 3. Se utilizó una escala de color para evaluar la concentración de la orina (Armstrong, 2000) (**Figura 8**), la cual va de 1 a 8, siendo 1 la orina más clara y 8 la más oscura. Cuando más clara es la orina más diluida con lo cual menos concentrada.



**Figura 8.** Representación de escala de colores según la escala de Armstrong (2000).

Presencia de signos clínicos de deshidratación. En la **Tabla 8** se muestran dichos signos dependiendo del estado de hidratación del triatleta.

**Tabla 8.** Signos clínicos de deshidratación

<b>Estado</b>	<b>Hidratado</b>	<b>Deshidratación leve</b>	<b>Deshidratación grave</b>
Boca y lengua	Húmeda	Seca	Muy seca
Ojos	Normal	Hundidos	Muy hundidos y secos
Piel (signo del paño húmedo)	Retracción rápida	Retracción lenta	Retracción muy lenta

- Tasa de sudoración o ritmo de sudoración. La medición del peso corporal antes y después del ejercicio para determinar las tasas de sudoración es una propuesta simple y válida para estimar las pérdidas de sudor. Para calcular las tasas de sudoración se asume que 1 ml de sudor perdido representa a 1g de peso corporal perdido. Para su cálculo necesitaremos los siguientes parámetros:
  - El peso del deportista antes del ejercicio.

- El peso del deportista post-ejercicio.
- Las pérdidas de orina en ml.
- El volumen de líquido en ml, durante el ejercicio.
- Tiempo de ejercicio en minutos.

La tasa de sudoración se mide en ml/h y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

*Tasa de sudoración: diferencia de peso (kg) + volumen líquido (ml) – pérdida de orina (ml) / tiempo de ejercicio (min) \* 60.*

*Donde; Diferencia de peso = Peso antes – Peso después*

La tasa de sudoración va a depender de las condiciones climáticas, el peso del deportista, así como el tipo de deporte práctica, resulta difícil encontrar unas tablas que permitan identificar unos valores exactos de tasa de sudoración para los triatletas, nos movemos en unos márgenes que van desde los 0,4 l/h hasta los 0,8 L/h. Intentando no sobrepasar los 2l/h.

#### III.4.1.2. Optimización y aplicación de un método cromatográfico para el análisis de cafeína en orina

Se requiere la determinación de cafeína urinaria para verificar que los deportistas antes del estudio no habían consumido dicho compuesto. Para ello se procede a optimizar y aplicar un método para determinar cafeína urinaria. La cafeína y  $\beta$ -hidroxiteofilina (como estándar interno) se adquirieron en SigmaAldrich (Madrid, España). Metanol y tetrahidrofurano (THF) se compró a Merck (Darmstadt, Alemania). Los cartuchos de Sep Pak C18 se adquirieron a WatersMillipore (Milford, MA, EE. UU.). Agua desioizada fue obtenida utilizando el sistema de purificación de agua Milli-Q (Millipore Ibérica, Barcelona, España). Una

solución stock de cafeína y  $\beta$ -hidroxiteofilina se prepararon en metanol a una concentración de 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Todas las soluciones stock se almacenaron a 4°C.

El análisis se realizó con un cromatógrafo líquido Jasco PU-2089 con bomba de gradiente cuaternaria, un inyector modelo 7725i (loop de 20  $\mu\text{L}$ ), y un detector de ultravioleta L-7400 LaChrom de Merck; con el que se trabajó a 278 nm.

La cafeína y la  $\beta$ -hidroxiteofilina se eluyeron con una columna Luna C18 (250 mm x 4,6 mm D.I., con tamaño de partícula de 5 micrometros de Phenomenex (Madrid), precedida por una precolumna de C18 (4 mm x 2 mm D.I.). La fase móvil incluye metanol (solvente A) y metanol: THF: agua (10:0,5:89,5) (solvente B). El flujo fue de 0.8 ml/min y la separación se optimizó en condiciones isocráticas con 10% del solvente A (90% solvente B) durante 20 min. Los resultados de los análisis se expresaron como  $\mu\text{g}/\text{ml}$  en orina.

Las muestras de orina recogidas se almacenaron a -20°C antes de su análisis, y cuando este se realizó se tuvo la precaución de homogenizar la orina con un sonicador. La cafeína se extrajo de la orina, previa adición del patrón interno, mediante los cartuchos de Sep Pak C18; el cual se acondicionó antes de su uso con 1 ml de metanol, seguido de 5 ml de agua destilada. 100  $\mu\text{L}$  de tampón amonio pH 9.5 y 50  $\mu\text{L}$  de estándar interno se añadieron a 2 ml de orina. La mezcla se cargó sobre los cartuchos de Sep Pak C18 eluyéndose a un flujo de 2 ml/min, posteriormente se lavó el cartucho con 10 ml de agua destilada, 5 ml de una mezcla de agua con 0,5 % THF y 1 ml de solvente B con 1% de tampón amonio a un pH 9,5 para eliminar las interferencias. Luego se eluyó la cafeína y el estándar interno con 1 ml de solvente B: metanol (40:60 v/v) y directamente inyectado en el sistema cromatográfico de acuerdo con las condiciones anteriormente citadas.



### **III.4.2 Estimación del rendimiento aeróbico-anaeróbico metabólico (umbral láctico)**

Se realizó la prueba de esfuerzo en el Centro de Tecnificación de Cheste (Figura 9).



**Figura 9.** Centro de Tecnificación de Cheste.

Para ello se contó con siguiente material:

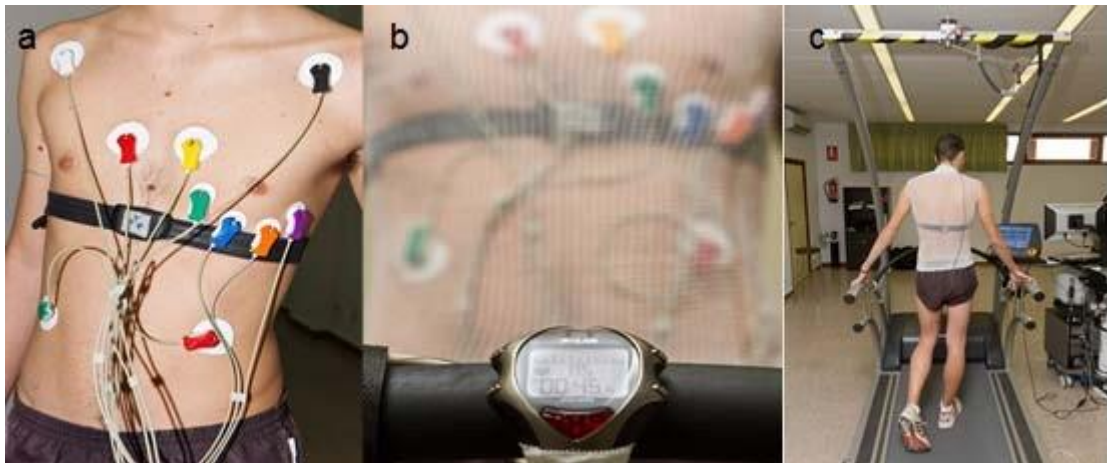
- Electrocardiógrafo marca "Quest. Exercise Stress System" (Burdick, Inc). Sistema de electrocardiógrafo y monitor que puede registrar en papel 12 derivaciones de manera continua durante el desarrollo de la prueba.
- Tapiz rodante Marca HP-Cosmos, Modelo Pulsar 3P (**Figura 10**). Con velocidad y pendiente graduables. El intervalo de velocidad se sitúa desde 0,1 a 40 Km/h, siendo el intervalo mínimo de velocidad de 0,1 km/h. Nos permite controlar la velocidad Km/h, m/min, metros/seg. El intervalo de pendiente oscila entre 0% y 25%, con un intervalo mínimo de 0,1%. La cinta posee dos sistemas de parada automático, para el investigador y para el deportista, así como un sistema de arnés de seguridad y una longitud y anchura suficientes para garantizar la seguridad del deportista evaluado. La cinta lleva incorporado un monitor que nos permite conocer en todo momento la velocidad, la pendiente, la distancia recorrida, la energía

consumida en Mets y la frecuencia cardíaca (**Figura 11**). Podemos ir aumentando los escalones de manera manual o programar previamente el protocolo a realizar. El deportista en todo momento está al tanto de la velocidad, distancia que recorre, pulsaciones y puede detener la prueba, apretando el botón rojo del equipo.

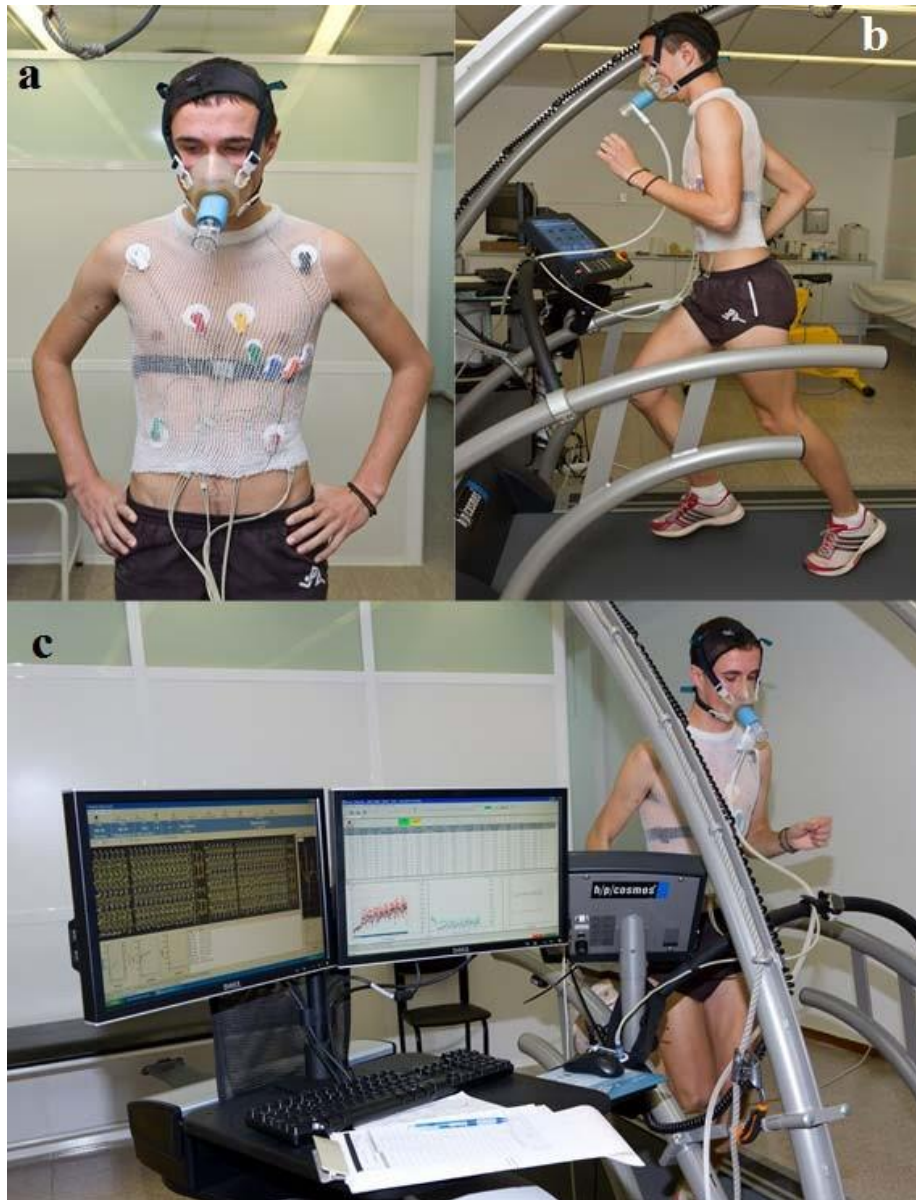


**Figura 10.** Tapiz rodante utilizado en el estudio.

**Figura 11.** Se procede a la preparación del deportista, mediante la instalación de los electrodos para tener monitorización cardíaca del paciente en todo momento (a); la monitorización cardíaca se lleva a cabo tanto a nivel de electrocardiograma como la frecuencia cardíaca con las pulsaciones. El deportista lleva una malla a modo de camiseta para evitar que se caigan los electrodos (b) y para que no molesten los cables del registro cuando empieza la prueba (c)



- Analizador de gases marca “Vmax” (Sensor Medics) (**Figura 12**). Se trata de un sistema integrado en el que existe una cámara de analizador de gases, donde se analiza continuamente la fracción de CO<sub>2</sub> (por infrarrojos) y la fracción de O<sub>2</sub> (mediante célula de circonio) y un neumotacógrafo que mide los flujos espiratorios. El aparato ofrece toda la serie de parámetros ergoespirométricos en cada respiración durante la prueba y nos permite la realización de una espirometría basal o durante el esfuerzo con curvas de flujo-volumen. Al mismo tiempo es capaz de procesar la señal analógica procedente del registro electrocardiográfico para el cálculo de la frecuencia cardiaca. El “software” permite el análisis de los datos, respiración a respiración, o a intervalos de tiempo determinados, así como la conversión de los parámetros analizados a condiciones STPD (Standard Temperature Pressure Dry: 37°C, 760 mmHg, saturación de vapor de agua a 37°C para el volumen respiratorio) y BTPS (0°C, 760 mmHg y sequedad en cuanto a la medición del volumen de oxígeno consumido). También permite la representación gráfica de los parámetros analizados a lo largo de la prueba de esfuerzo.



**Figura 12.** Deportista con la máscara para medir los gases previos (a) y durante la prueba de esfuerzo (b). Observándose los datos monitorizados en la prueba (c)

- Desfibrilador marca "Lite" (Medical Research Laboratorios Inc). Es un desfibrilador de carga inmediata, con selección manual digital de la carga cuyo rango oscila entre 2 y 360 Julios. Permite la descarga de modo sincronizado o asincrónico. Permite la monitorización del paciente a través de una pantalla y la posibilidad de imprimir el registro.

- Carro de paradas, material clínico y farmacológico complementario según las normas clásicas conjuntas de la *American Collage of Physicians*, *American Collage of Cardiology* y *American Heart Association* (Schlant et al., 1990) y las normas recientes de resucitación cardiopulmonar (Nolan et al., 2005).
- Estación meteorológica: barómetro de termómetro, presión e higrómetro. Las condiciones del laboratorio en el momento de realizar las pruebas fueron: temperatura 20°C, presión 745 mmHg/mbar y humedad 65%.

La realización de las pruebas de esfuerzo en el tapiz rodante se inició a 8 Km/h como periodo de adaptación durante 5 minutos, posteriormente empieza la prueba con incrementos de velocidad de 1 Km/h cada 2 minutos hasta el agotamiento. Este procedimiento se ha seleccionado como "gold standard" según recomendaciones de la Federación Española de Medicina del Deporte (González Iturri, 1999). La velocidad máxima alcanzada fue de 20 Km/h, con respecto a la duración de la prueba osciló entre los 14 y 17 minutos.

El rendimiento anaeróbico metabólico, rendimiento metabólico o umbral láctico se define como el punto en que el lactato sanguíneo comienza a acumularse por encima de los niveles de reposo durante el ejercicio de intensidad creciente. Este rendimiento metabólico se empieza a conseguir cuando se sobrepasa el llamado punto de referencia, conocido como OBLA (*Onset of Blood Lactate Accumulation*), el cual está establecido en torno a los 4 mmol/L (Bowers y Fox, 1995). Siendo un valor que utilizan los especialistas en Medicina Deportiva para recomendar intensidades de entrenamiento y valorar la capacidad de adaptación del deportista al ejercicio. Para calcular el OBLA implica que hay que realizar medidas puntuales y seguidas a lo largo de toda la prueba, siendo utilizado en test de campo, sin embargo en nuestro caso el trabajar con ergómetro en condiciones estandarizadas implica que es preferible realizar la determinación del lactato al principio y al final de realizar la prueba para no interferir en otros parámetros, esto implica que cuando se observa que el



deportista empieza la fase de agotamiento que se observa cuando se determina el cociente respiratorio a un valor de 1, esto implica que el deportista está entrando en la fase anaeróbica, punto de partida de la disminución del rendimiento.

La determinación de ácido láctico en sangre se realizó por medio de un analizador de micromuestras de sangre, marca Lactate Pro® LT-1710 (Arkray Inc., Japan), lanceta automática para micropunción y capilares de vidrio de para colección de las muestras, de acuerdo con Robergs *et al.* (1990). El analizador precisa la concentración del lactato de acuerdo con el principio de determinación enzimática por reflexión fotométrica, en un tiempo de 60 s por dato, con un rango de medición en sangre de 0,8 a 22 mmol L<sup>-1</sup>.

Con respecto a la estimación del rendimiento deportivo siguiendo el umbral aeróbico y el anaeróbico, hay que tener en cuenta que desde hace varias décadas la determinación de la transición aeróbica-anaeróbica se realiza de manera rutinaria en las pruebas de esfuerzo, con el fin de evaluar la condición física (capacidad funcional aeróbica) así como valorar los efectos del programa de entrenamiento de forma individualizada del deportista y en este caso para describir la capacidad ergogénica de la bebida de café.

La determinación de la transición aeróbica-anaeróbica en el test de esfuerzo, representa posiblemente hoy en día el mejor método para determinar la capacidad de resistencia (Davis *et al.*, 1983; Pette, 1984), en este sentido el VO<sub>2</sub> máx. expresa la máxima capacidad del organismo para captar, transportar y consumir oxígeno, y fue considerado durante mucho tiempo como la mejor manera de determinar la capacidad de resistencia, hoy se sabe que es verdaderamente importante en ejercicios que llevan al agotamiento en 3-15 min. Para realizar la prueba de esfuerzo trabajamos con el protocolo de Wasserman (1994), mientras que para los criterios ventilatorios para la determinación de los umbrales aeróbicos y anaeróbicos se utilizan dos metodologías. El método de equivalentes respiratorios (Davis, 1985) junto con el del cociente de intercambio

respiratorio (R) en función del  $\text{VO}_2$  (Navarro y Ruiz, 1996). El comienzo del aumento de R coincide con el inicio del aumento de la pendiente del  $\text{VCO}_2$  en función del  $\text{CO}_2$  (Navarro y Ruiz, 1996). En cuanto al método de Davis (1985), el umbral aeróbico lo obtenemos con en el punto más bajo del equivalente de  $\text{O}_2$  cuando el equivalente de  $\text{CO}_2$  permanece constante o disminuye, también se puede definir como el incremento sistemático del equivalente de  $\text{O}_2$  sin un incremento concomitante del equivalente de  $\text{CO}_2$ . Para el umbral anaeróbico, en el comienzo de aumento del equivalente de  $\text{CO}_2$  cuando el de  $\text{O}_2$  ya ha comenzado su aumento.

Para obtener respuestas sobre la bebida de café como ayuda ergogénica en el rendimiento deportivo nos basamos en las pruebas de esfuerzo.

### **III.5. Análisis estadístico**

Previo al análisis estadístico, la normalidad de los datos fue asegurada usando el estadístico Shapiro-Wilkes. Las diferencias observadas entre la valoración pre y post administración de las dos bebidas estudiadas se evaluaron mediante el test t-Suden. Todos los datos son reflejados como medias  $\pm$  DE. Se ha tomado como valor de significación  $p < 0,05$ . El cálculo del tamaño del efecto (ES) fue utilizado para examinar la magnitud de cambio (en rendimiento o adaptaciones/cambios fisiológicos-metabólicos) tras la administración de los dos tipos de café (Cohen, 1988). El tamaño del efecto se calculó como cambio absoluto de ROB (café robusta) – cambio absoluto ARA (café arábica) /SD ARA, corregido por BIAS de Hedges e interpretado de acuerdo con: [T = Trivial (0,0-0,2), P = Pequeño (0,2-0,6), M = Moderado (0,6-1,2), G = Grande (1,2-2,0), MG = Muy Grande (>2,0)]. (Hopkins, 2000).





## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*El miedo a las alturas es ilógico. El miedo a caer, por otro lado, es prudente y evolucionista (Sheldon Cooper, Big Bang Theory).*

#### IV.1. Evaluación cineantropométrica de los triatletas

En la **Tabla 9** se demuestran los valores de referencia de los triatletas internacionales (Cabañas y Esparza, 2009) y en la **Tabla 10** aparece reflejado los valores obtenidos en esta tesis y los resultados de otros estudios antropométricos sobre triatletas.

**Tabla 9.** Datos antropométricos obtenidos de los triatletas internacionales de alto rendimiento (Cabañas y Esparza, 2009)

Parámetros	Senior	Senior	Junior	Junior
Sexo (número de sujetos)	♂ (182)	♀ (116)	♂ (22)	♀ (22)
Peso (kg)	73,9	59,3*	66,7	58,8
Talla (cm)	180,0	167,5*	176,5	168,4
Pliegue bicipital (mm)	NRE	5,3	NRE	NRE
Pliegue tricipital (mm)	NRE	11,9	NRE	NRE
Pliegue subescapular (mm)	NRE	9,5	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	NRE	8,1	NRE	NRE
Pliegue abdominal (mm)	NRE	13,5	NRE	NRE
Pliegue del muslo (mm)	NRE	20,4	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	NRE	12,3	NRE	NRE
Perímetro del brazo relajado (cm)	NRE	26,4	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	NRE	28,0	NRE	NRE
Perímetro de la pierna (cm)	NRE	35,0	NRE	NRE
Díámetro del húmero (cm)	NRE	6,2	NRE	NRE
Masa magra (kg)	NRE	NRE	65,5	NRE
Masa grasa (%)	7,9	16,5	8,2	10,4
Endomorfia	NRE	2,5	NRE	NRE
Mesomorfia	NRE	4,2	NRE	NRE
Ectomorfia	NRE	2,8	NRE	NRE

\* Valores obtenidos de 199 triatletas

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores

Parámetros/Referencias	Datos de esta tesis doctoral	Astorino et al. (2012)	Skinner et al. (2014)	Barbosa et al. (2003)
Sexo (número de sujetos)	♂ (19)	♂ (8) ♀ (1)	♂ (14)	♂ (10)
Edad (años)	25,0±6,5	27,4 ± 5,9	31,0±5,2	28,1 ± 5,6
Peso (kg)	69,4±11,1	72,7 ± 6,9	75,4±5,7	68,3 ± 6,0
Talla (cm)	172,4±6,3	177,7 ± 6,2	180,0±5,6	176,1 ± 3,4
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,4±4,1	NRE	23,3±1,6	NRE
Pliegue bicipital (mm)	4,5±2,1	NRE	NRE	NRE
Pliegue tricipital (mm)	8,4±3,1	NRE	NRE	NRE
Pliegue subescapular (mm)	10,6±3,9	NRE	NRE	NRE
Pliegue cresta íliaca (mm)	13,6±6,2	NRE	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	9,7±3,9	NRE	NRE	NRE
Pliegue abdominal (mm)	14,3±5,8	NRE	NRE	NRE
Pliegue del muslo (mm)	12,9±6,9	NRE	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	8,8±3,8	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo relajado (cm)	30,6±2,9	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	31,7±2,8	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la cintura (cm)	70,9±18,5	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la cadera (cm)	82,4±21,4	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la pierna (cm)	36,4±2,3	NRE	NRE	NRE
Diámetro del húmero (cm)	5,9±0,5	NRE	NRE	NRE
Diámetro del fémur (cm)	9,8±0,9	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (kg)	7,1±3,0	NRE	11,3±3,0	NRE
Masa grasa (%)	10,3±3,1	10,2 ± 3,6	14,7±3,1	4,8±1,4
Endomorfia	1,50±0,55	NRE	NRE	1,5± 0,6
Mesomorfia	4,41±0,50	NRE	NRE	4,2± 0,4
Ectomorfia	2,30±0,54	NRE	NRE	2,9± 0,5

NRE: No reflejado en el estudio

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Parámetros/Referencias	Bassit y Malverdi (1998)	Bassit y Malverdi (1998)	Bilgin (2016)	Bilgin (2016)
Sexo (número de sujetos)	Amateurs ♂ (19)	Profesionales ♂ (12)	♂ (26)	♀ (17)
Edad (años)	16-35	16-35	22,8±2,1	21,4±2,6
Peso (kg)	NRE	NRE	69,9±8,3	56,8±6,4
Talla (cm)	NRE	NRE	175,3±19,7	168,8±6,6
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	NRE	NRE	21,4±1,3	19,8±1,4
Pliegue bicipital (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue tricipital (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue subescapular (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue cresta íliaca (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue abdominal (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue del muslo (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo relajado (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la cintura (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la cadera (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la pierna (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Diámetro del húmero (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Diámetro del fémur (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (kg)	9	7,7	5,7±1,9	7,4±1,9
Masa grasa (%)	NRE	NRE	8,3±2,8	12,9±2,2

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Endomorfia	NRE	NRE	NRE	NRE
Mesomorfia	NRE	NRE	NRE	NRE
Ectomorfia	NRE	NRE	NRE	NRE

NRE: No reflejado en el estudio

<b>Parámetros/Referencias</b>	<b>Canda et al. (2013)</b>	<b>Canda et al. (2013)</b>	<b>Canda et al. (2013)</b>	<b>Canda et al. (2013)</b>
Sexo (número de sujetos)	Senior ♂ (65)	Junior ♂ (43)	Senior ♀ (26)	Junior ♀ (19)
Edad (años)	26,0 ± 4,3	18,7 ± 0,8	25,6 ± 4,3	18,5 ± 0,9
Peso (kg)	68,5 ± 5,0	65,3 ± 5,0	53,8 ± 3,8	55,6 ± 4,5
Talla (cm)	178,0 ± 5,2	175,8 ± 5,8	163,2 ± 5,4	166,5 ± 5,5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue bicipital (mm)	3,0 ± 0,5	3,4 ± 0,7	4,2 ± 1,3	5,0 ± 1,5
Pliegue tricipital (mm)	5,7 ± 1,3	7,0 ± 1,7	10,0 ± 2,8	12,1 ± 2,4
Pliegue subescapular (mm)	7,1 ± 1,1	7,4 ± 1,1	7,4 ± 1,4	8,3 ± 1,7
Pliegue cresta íliaca (mm)	6,7 ± 1,8	7,8 ± 2,2	8,6 ± 2,6	11,4 ± 3,2
Pliegue supraespinal (mm)	5,4 ± 1,0	6,4 ± 1,8	6,5 ± 1,6	8,3 ± 2,3
Pliegue abdominal (mm)	7,4 ± 2,2	8,1 ± 2,6	9,2 ± 3,8	12,3 ± 4,3
Pliegue del muslo (mm)	8,0 ± 2,5	9,4 ± 2,4	14,1 ± 4,8	17,9 ± 4,9
Pliegue de la pierna (mm)	5,1 ± 1,3	6,5 ± 1,7	7,9 ± 3,2	10,1 ± 2,7
Perímetro del brazo relajado (cm)	29,0 ± 1,4	28,3 ± 1,5	26,3 ± 1,3	26,2 ± 2,1
Perímetro del brazo flexionado (cm)	31,4 ± 1,5	30,7 ± 1,4	27,6 ± 1,2	27,4 ± 1,9
Perímetro de la cintura (cm)	76,2 ± 3,0	75,1 ± 2,8	67,4 ± 2,4	68,3 ± 3,5
Perímetro de la cadera (cm)	91,9 ± 3,2	91,5 ± 3,1	88,5 ± 3,5	90,7 ± 3,3
Perímetro de la pierna (cm)	36,6 ± 1,53	36,4 ± 1,6	34,1 ± 1,6	34,2 ± 1,7
Diámetro del húmero (cm)	7,0 ± 0,3	6,9 ± 0,2	6,0 ± 0,3	6,1 ± 0,3

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Diámetro del fémur (cm)	9,9 ± 0,4	9,8 ± 0,4	9,0 ± 0,4	9,0 ± 0,3
Masa grasa (kg)	14,1 ± 1,9	14,7±1,7	13,9±2,6	16,8±2,9
Masa grasa (%)	20,5 ± 2,1	22,5±2,3	25,8±3,9	30,1±3,7
Endomorfia	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,5	2,5 ± 0,6	3,0 ± 0,6
Mesomorfia	4,7 ± 0,8	4,7 ± 0,8	4,0 ± 0,6	3,6 ± 1,0
Ectomorfia	3,3 ± 0,6	3,4 ± 0,8	3,1 ± 0,8	3,4 ± 1,0

<b>Parámetros/Referencias</b>	<b>Rossi y Tirapegui (2011)</b>	<b>Dave et al. (2016)</b>	<b>Dave et al. (2016)</b>
Sexo (número de sujetos)	♂ (8)	♀ (5)	♂ (6)
Edad (años)	35,3 ± 8,0	16,8	17,4
Peso (kg)	76,0 ± 8,3	54,4	63,9
Talla (cm)	178,6 ± 5,5	166,8	176,4
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,8 ± 1,7	19,78	20,67
Pliegue bicipital (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue tricpital (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue subescapular (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue cresta íliaca (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue abdominal (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue del muslo (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo relajado (cm)	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	NRE	26,6	28,8
Perímetro de la cintura (cm)	NRE	64,4	72,3
Perímetro de la cadera (cm)	NRE	87,8	88,9
Perímetro de la pierna (cm)	NRE	33,7	35,3

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Diámetro del húmero (cm)	NRE	6,1	7,1
Diámetro del fémur (cm)	NRE	8,6	9,5
Masa grasa (kg)	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (%)	15,4 ± 1,5	NRE	NRE
Endomorfia	NRE	NRE	NRE
Mesomorfia	NRE	NRE	NRE
Ectomorfia	NRE	NRE	NRE

NRE: No reflejado en el estudio

<b>Parámetros/Referencias</b>	<b>Fernández (2014)</b>	<b>Jara y Pizarro (2016)</b>	<b>Jara y Pizarro (2016)</b>
Sexo (número de sujetos)	♂ (1)	♂ (14)	♀ (13)
Edad (años)	25	14,7 ± 0,8	15,1 ± 0,8
Peso (kg)	67	51,3 ± 7,8	49,6 ± 7,2
Talla (cm)	170	164,2 ± 6,8	155,3 ± 7,7
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,2	NRE	NRE
Pliegue bicipital (mm)	5	NRE	NRE
Pliegue tricipital (mm)	7	6,8 ± 1,5	11,2 ± 2,9
Pliegue subescapular (mm)	9	7,6 ± 1,3	9,6 ± 2,2
Pliegue cresta íliaca (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	8	8,0 ± 3,2	14,6 ± 7,2
Pliegue abdominal (mm)	17	8,7 ± 3,5	15,5 ± 3,8
Pliegue del muslo (mm)	8	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	5	6,6 ± 1,8	11,7 ± 3,1
Perímetro del brazo relajado (cm)	30,7	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	34	26,2 ± 2,2	24,7 ± 2,1
Perímetro de la cintura (cm)	27,1	NRE	NRE
Perímetro de la cadera (cm)	91,3	NRE	NRE
Perímetro de la pierna (cm)	34,5	31,4 ± 1,9	32,1 ± 1,9

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Diámetro del húmero (cm)	7,5	6,4 ± 0,4	5,6 ± 0,3
Diámetro del fémur (cm)	9,9	8,8 ± 1,1	8,4 ± 0,5
Masa grasa (kg)	8,26	NRE	NRE
Masa grasa (%)	12,32	NRE	NRE
Endomorfia	2,4	2,3 ± 0,6	3,9 ± 1,0
Mesomorfia	6,3	3,5 ± 0,8	3,4 ± 0,9
Ectomorfia	2,1	3,8 ± 0,6	2,4 ± 1,0

NRE: No reflejado en el estudio

<b>Parámetros/Referencias</b>	<b>Kandel et al. (2014)</b>	<b>Landers et al. (2013)</b>	<b>Landers et al. (2013)</b>
Sexo (número de sujetos)	♂ (165)	1997 junior ♂ (29)	2011 junior ♂ (28)
Edad (años)	24-60	18,6 ± 1,1	18,1 ± 1,0
Peso (kg)	NRE	67,0 ± 6,3	65,8 ± 6,4
Talla (cm)	NRE	175,7 ± 5,6	178,4 ± 5,5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	NRE	NRE	NRE
Pliegue bicipital (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue tricpital (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue subescapular (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue cresta íliaca (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue abdominal (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue del muslo (mm)	NRE	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo relajado (cm)	NRE	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	NRE	NRE	NRE



**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Perímetro de la cintura (cm)	NRE	74,9± 3,7	73,5 ± 3,4
Perímetro de la cadera (cm)	NRE	91,0 ± 3,6	90,1 ± 4,0
Perímetro de la pierna (cm)	NRE	35,8 ± 2,0	35,7 ± 2,2
Diámetro del húmero (cm)	NRE	7,0 ± 0,4	6,8 ± 0,3
Diámetro del fémur (cm)	NRE	9,7 ± 0,4	9,4 ± 0,5
Masa grasa (kg)	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (%)	NRE	NRE	NRE
Endomorfia	2,4 ± 0,8	2,4 ± 1,1	2,1 ± 0,7
Mesomorfia	5,4 ± 1,0	4,7 ± 0,9	3,7 ± 1,1
Ectomorfia	2,2 ± 0,9	3,1 ± 0,9	3,8 ± 1,0

NRE: No reflejado en el estudio

<b>Parámetros/Referencias</b>	<b>Landers et al. (2013)</b>	<b>Landers et al. (2013)</b>	<b>Martínez-Sanz et al. (2012)</b>
Sexo (número de sujetos)	1997 junior ♀ (20)	2011 junior ♀ (14)	♂ universitarios (39)
Edad (años)	18,5 ± 1,5	17,7 ± 1,0	24,0 ± 4,5
Peso (kg)	56,7 ± 5,4	52,8 ± 6,4	70,6 ± 6,0
Talla (cm)	164,9 ± 7,2	167,3 ± 5,4	177,0 ± 7,0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	NRE	NRE	NRE
Pliegue bicipital (mm)	NRE	NRE	3,8 ± 1,4
Pliegue tricipital (mm)	NRE	NRE	7,4 ± 2,4
Pliegue subescapular (mm)	NRE	NRE	8,4 ± 1,8
Pliegue cresta íliaca (mm)	NRE	NRE	11,8 ± 4,1
Pliegue supraespinal (mm)	NRE	NRE	7,4 ± 2,5
Pliegue abdominal (mm)	NRE	NRE	11,4 ± 5,3
Pliegue del muslo (mm)	NRE	NRE	11,4 ± 4,2
Pliegue de la pierna (mm)	NRE	NRE	8,1 ± 4,9
Perímetro del brazo relajado (cm)	NRE	NRE	29,7 ± 1,4
Perímetro del brazo flexionado (cm)	NRE	NRE	31,8 ± 1,3

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

Perímetro de la cintura (cm)	67,6 ± 2,7	66,5 ± 3,3	NRE
Perímetro de la cadera (cm)	89,9 ± 3,0	87,5 ± 3,6	NRE
Perímetro de la pierna (cm)	33,6 ± 3,2	33,9 ± 1,8	36,8 ± 2,3
Diámetro del húmero (cm)	6,1 ± 0,3	6,0 ± 0,3	NRE
Diámetro del fémur (cm)	9,0 ± 0,3	8,6 ± 0,3	NRE
Masa grasa (kg)	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (%)	NRE	NRE	10,2 ± 2,9
Endomorfia	3,5 ± 0,6	3,3 ± 1,5	3,6 ± 0,6
Mesomorfia	3,5 ± 1,1	3,0 ± 0,7	3,6 ± 1,0
Ectomorfia	2,9 ± 0,7	4,1 ± 1,4	2,7 ± 0,8

NRE: No reflejado en el estudio

**Tabla 10.** Datos antropométricos obtenidos en los triatletas estudiados en esta tesis doctoral y de otros autores (Continuación).

<b>Parámetros/Referencias</b>	<b>Knechtle et al. (2011)</b>	<b>Knechtle et al. (2011)</b>	<b>Pons et al. (2015)</b>	<b>Pons et al. (2015)</b>
Sexo (número de sujetos)	♂ (27)	♀ (16)	♂ (22)	♀ (21)
Edad (años)	39,2 ± 9,2	36,6 ± 7,0	23,6 ± 7,2	20,3 ± 5,5
Peso (kg)	77,7 ± 9,8	59,7 ± 6,1	67,4 ± 4,6	52,9 ± 5,9
Talla (cm)	178,0 ± 6,0	166,0 ± 6,0	176,2 ± 4,5	163,7 ± 4,8
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,3 ± 2,2	21,5 ± 1,0	21,7 ± 1,3	19,7 ± 1,5
Pliegue bicipital (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue tricipital (mm)	6,9 ± 2,7	9,2 ± 2,0	NRE	NRE
Pliegue subescapular (mm)	9,9 ± 5,2	7,7 ± 1,7	NRE	NRE
Pliegue cresta íliaca (mm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Pliegue supraespinal (mm)	13,8 ± 7,9	13,1 ± 6,0	NRE	NRE
Pliegue abdominal (mm)	10,1 ± 9,8	11,8 ± 3,6	NRE	NRE
Pliegue del muslo (mm)	11,5 ± 6,1	19,8 ± 8,5	NRE	NRE
Pliegue de la pierna (mm)	7,5 ± 3,3	13,0 ± 5,1	NRE	NRE
Perímetro del brazo relajado (cm)	31,5 ± 2,9	26,7 ± 1,9	NRE	NRE
Perímetro del brazo flexionado (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la cintura (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la cadera (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Perímetro de la pierna (cm)	38,1 ± 2,4	36,4 ± 2,1	NRE	NRE
Diámetro del húmero (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Diámetro del fémur (cm)	NRE	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (kg)	NRE	NRE	NRE	NRE
Masa grasa (%)	14,4 ± 4,8	22,8 ± 4,8	10,1 ± 1,1	10,9 ± 1,0
Endomorfia	NRE	NRE	1,7 ± 0,5	2,4 ± 0,5
Mesomorfia	NRE	NRE	4,6 ± 0,9	3,2 ± 0,8

Ectomorfia	NRE	NRE	3,1 ± 0,7	3,4 ± 0,8
------------	-----	-----	-----------	-----------

NRE: No reflejado en el estudio

Los datos antropométricos se muestran de gran importancia para los triatletas, pues los atletas con longitudes corporales mayores en las extremidades de brazos y piernas pueden tener alguna ventaja sobre los atletas con longitudes corporales menores, promoviendo así una mejor capacidad de desplazamiento por amplitud de movimientos mayores (Townsend, 1995). Landers et al. (1999) sugiere de la importancia de tener segmentos largos y longilíneos para el rendimiento en el segmento de natación. El IMC tiene una influencia desigual en triatlón, es relevante en corredores kenianos, pequeño en corredores africanos e irrelevante en corredores caucásicos (Bosch et al. 1990; Noakes 1998; Weston et al., 1997; 1999; 2000). El aumento del volumen corporal provoca en el atleta un aumento en la superficie corporal, generando una resistencia al desplazamiento, y por tanto a la velocidad de desplazamiento (Hauswirth et al., 1999). Para Sleivert (1996), los triatletas ideales deberían ser altos, de bajo peso y porcentaje de grasa, que permita tener una buena relación peso-potencia. (Zampani et al. 2008) determinó que en nadadores de élite en largas distancias sólo la altura y la edad son predictores de un alto rendimiento sobre todo en natación de larga distancia.

Ackland et al. (1997) realizó el estudio sobre los triatletas del Campeonato del Mundo de Triatlón celebrado en Perth (Australia) en 1997 y obteniendo una altura media para los hombres de 180,1 cm. De hecho, la bibliografía nos indica en estos deportistas la altura media es 179 cm con un rango de peso entre 68-76 kg (Bonsignore, 1998; Cabañas y Esparza, 2009; Cejuela, 2009; Denadai, 1995; Devito, 1995; Hauswirth, 1999), siendo valores de peso similares, pero con valores superiores en la altura, a los de esta tesis doctoral.

Con respecto a la grasa corporal el % graso de referencia en triatletas élite internacional (Cabañas y Esparza, 2009) es de 7,9%, valores superiores a éste

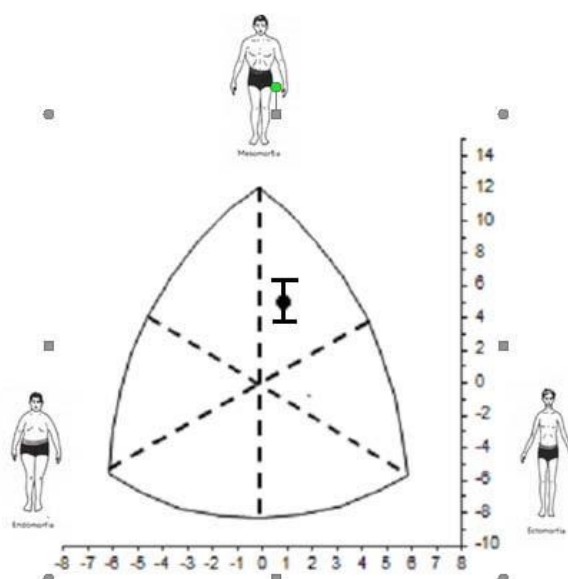
ha sido obtenido para estos deportistas en otros estudios (Knechtle, 2011; Martínez-Sanz et al. 2012), mientras que Cejuela (2008) y Sleivert et al. (1996) obtuvieron un valor entre 5-12%, rango donde se sitúa de manera más cercana el valor de esta tesis doctoral. De hecho, hay que tener en cuenta que estos valores son obtenidos de fórmulas que no han sido validadas en triatletas tal y como constata Martínez-Sanz et al. (2009).

Fernández Paneque y Alvero Cruz (2006) realizaron una recopilación de valores de composición corporal y somatotipo de las publicaciones españolas desde el año 1984 hasta el 2005 y solo encontraron un solo artículo (Gutiérrez et al., 1991) referente al deporte objeto de estudio de este trabajo, sin embargo no presentan datos del somatotipo sino del valor de materia grasa mediante la fórmula propuesta por Faulkner (1968), de acuerdo a los criterios establecidos en la metodología del GREC (Esparza, 1993) y consensuada por la FEMEDE en su Documento Consenso de la FEMEDE (Alvaro Cruz et al., 2010). En este último Documento se deriva que dicha ecuación proviene de la fórmula de Yuhasz (1974), puesto que la modifica tras estudiar a un grupo de nadadores, siendo muy utilizada tanto en España y en los países de América Latina, sin embargo, Neto y Glaner (2007) comprobaron que la ecuación de Faulkner no fue desarrollada para los nadadores y plantean el uso de la ecuación de Yuhasz para estimar el % de grasa corporal en hombres jóvenes deportistas. En esta tesis doctoral se optó por esta última opción y se utilizó la ecuación de Yuhasz, puesto que es la utilizada en la mayoría de los cálculos para obtener el porcentaje de grasa corporal y que se refleja en la **Tabla 10**. Pons et al. (2015) recopiló los datos del CAR de San Cugat, entre los años 1989 a 2013, y usó para el cálculo del % de grasa, para los triatletas estudiados, tres ecuaciones (Faulkner, Yuhasz y Drinkwater); de sus datos se refleja que para los varones el porcentaje de grasa fue mayor con la ecuación de Faulkner seguido por la de Drinkwater y la de Yuhasz, mientras que para las mujeres el porcentaje de grasa mayor se obtuvo con la de Yuhasz seguido por la de Drinkwater y por último de la de Faulkner.

La grasa corporal tiene una influencia en el rendimiento en los corredores, debido al hecho de que un exceso de tejido adiposo requiere un mayor esfuerzo muscular y por lo tanto un mayor gasto energético (Legaz y Eston, 2005). Es por esta razón que se plantea para los deportistas de triatlón un rendimiento físico negativo cuando hay más grasa corporal, mientras que el rendimiento aumentaría cuando aumenta la masa muscular esquelética. Esta idea sigue establecida para estos deportistas, pero se podría pensar que deberíamos de tener cierta atención con la grasa corporal, puesto que, en una de las actividades realizadas en triatlón, como es la natación, el tener una pequeña proporción de grasa corporal podría ser un elemento importante en el rendimiento debido al aislamiento térmico con el agua, así como que ayudaría a una mayor flotabilidad. Esto que resulta obvio podría ser contradictorio para el resto de las actividades (carrera y ciclismo) realizadas en este deporte. Sin embargo, y de acuerdo a esta tesis doctoral, la propuesta es que se tenga baja cantidad de grasa corporal, puesto que para los factores de aislamiento térmico en agua y de la flotabilidad de este componente corporal se ve resuelto con el uso del traje de neopreno, que además de contrarrestar los efectos de antes, permite disminuir la resistencia en el agua (Bentley et al., 2002), ese aumento de la mejora del rendimiento está en un 7% de grasa corporal (Cordain y Kopriva 1991). Para Millet et al. (2000) indican que mejoras en natación se deben fundamentalmente al perfeccionamiento técnico, en detrimento de las mejoras del rendimiento en los segmentos de ciclismo y carrera los cuales se justifica fundamentalmente a mejoras en la condición física. Recientemente, Bilgin (2016) realizó un estudio de la composición corporal sobre el tiempo de carrera en triatletas y observó que el tiempo de carrera tanto en ciclismo como en carrera se ve correlacionado con el éxito de la competición, mientras que el tiempo de natación carece de poca importancia en el éxito de este deporte.

Con respecto a los perímetros, y en caso del perímetro del brazo, Knechtle et al. (2008) observó una asociación entre este perímetro y el tiempo total de carrera en ultramaratón.

Por otro lado, si tenemos en cuenta el somatotipo estudiado en esta tesis (**Figura 13**) se clasificarían a los triatletas como meso-ectomórfico.



**Figura 13.** Somatotipo de los triatletas estudiados.

En las **Tablas 11** y **12** se presentan los somatotipos de los varones y mujeres triatletas de otros estudios.

**Tabla 11.** Somatotipo de hombres triatletas obtenidos de otros estudios

Somatotipo	Referencia
Endomorfo-mesomorfo	Martínez-Sanz et al. (2012)
Mesomorfismo balanceado	Fernández (2014), Kandel et al. (2014)
Meso-ectomórfico	Barbosa et al. (2003), Canda et al. (2012), Landers et al. (2013), Pons et al. (2015)
Ectomorfo-mesomorfo	Jara y Pizarro (2016), Landers et al. (2013)

**Tabla 12.** Somatotipo de mujeres triatletas obtenidos de otros estudios

<b>Somatotipo</b>	<b>Referencia</b>
Central	Canda et al. (2013)
Endomorfo-mesomorfo	Jara y Pizarro (2016), Landers et al. (2013)
Meso-ectomórfico	Canda et al. (2013)
Ectomorfo-mesomorfo	Pons et al. (2013)
Ectomorfismo balanceado	Landers et al. (2013)

El somatotipo de esta tesis se corresponde con el predominantemente obtenido de otros estudios. Mientras que en el caso de las mujeres triatletas es mayoritariamente endomorfo-mesomorfo.

Lago (2002) indica la importancia de cada segmento en el resultado final de la competición, para de esta forma, otorgar un grado de importancia a cada una de las características antropométricas del triatleta, calculando para ello la importancia de cada segmento en el resultado global teniendo en cuenta únicamente el tiempo empleado en la competición. De hecho, trabaja con los vencedores de triatlón de los Juegos Olímpicos del año 2000 celebrados en Sídney y determina que la importancia de cada segmento es del 30, 25 y 45% para natación, ciclismo y carrera, respectivamente. Lo que indica que el perfil antropométrico de un triatleta debería de acercarse al de un corredor de fondo, seguido de un nadador y de un ciclista. De sus conclusiones destaca que el perfil adecuado, para obtener mayores momentos de fuerza, pasa por tener piernas largas y rodillas prominentes, mientras que para desplazar mayor cantidad de agua debería ser con los brazos largos para una brazada larga y manos grandes, y todo acompañado de bajo peso y de bajo porcentaje de grasa. La imagen que trasmite el autor es que el triatleta ideal sería más alto que los corredores, pero menos que los nadadores habituales, e indicando



que las características antropométricas más cercanas al ideal sería la de un corredor de 10.000 metros. En los mismos Juegos Olímpicos, Rodríguez Biehn (2000) estudian las características de los triatletas que participaron obteniendo una media de altura para los finalistas de 177 cm y un peso de 70 Kg de peso. Sus conclusiones reflejan que los triatletas presentan un somatotipo similar a los nadadores y ciclistas y superan en peso y talla a los de los corredores.

Las medidas de los pliegues cutáneos son, junto con el tipo, la frecuencia y números de años de entrenamiento, unos buenos predictores de rendimiento y éxito a partir de deportes donde se realizan carreras con una distancia mínima de 10.000 m (Arrese y Ostariz, 2006). Los ultraatletas parecen tener más grasa que los corredores que realizan distancias más cortas. Guillén Rivas et al. (2015) realizan el estudio cineantropométrico sobre triatletas universitarios observando una desviación media de la talla baja, así como valores bajos en la desviación media de los pliegues cutáneos subescapular, supraespinal, tricipital y bicipital, un porcentaje de masa muscular ( $45,27 \pm 3,29\%$ ), de masa grasa ( $10,22 \pm 2,92\%$ ) y de masa ósea ( $16,65 \pm 1,34\%$ ) y un somatotipo en el que predomina la mesomorfía.

Knechtle et al. (2007) reflejó que, en la Ultratriatlón, el IMC, la altura corporal, los pliegues cutáneos, la circunferencia de las extremidades, la masa del músculo esquelético y la grasa corporal no influyen en el rendimiento de estos deportistas, y observa que el rendimiento total de la carrera se asocia con el rendimiento en ciclismo y carrera, no en natación. Además, estos autores indican que la temperatura y la nutrición podrían ser más importantes en competiciones extremas de resistencia que en carreras de distancia más corta.

Un deportista que desee conseguir grandes resultados en las distintas modalidades del triatlón debe de reunir una serie de características psicológicas, fisiológicas y antropométricas determinadas, para hallar esta selección antropométrica nos tenemos que basar sobre todo en el peso,

porcentaje de grasa y talla por su importancia en el rendimiento final del triatlón. De ellas la variable peso es la que se puede modificar afectando al porcentaje de grasa, la altura no. Conocer estas variables, así como el resto de las variables antropométricas nos sirven en el proceso de selección y detección de talentos para las distintas disciplinas.

## IV.2. Evaluación energético-nutricional de los triatletas

En la **Tabla 13** se muestra los valores energéticos y de los macronutrientes consumidos por los triatletas estudiados. La energía consumida se encuentra aproximadamente en un 53,8% de la recomendada para la población española, teniendo en cuenta para ello población que realiza actividad moderada. Sin embargo, Bassit y Malverdi (1998) estiman un gasto energético medio de 1400 a 1700 kcal para triatletas de modalidad olímpica. Valores superiores del consumo energético obtenido en ese estudio situándose entre las 3000 y 3800 kcal/día para triatletas amateurs y profesionales, respectivamente.

**Tabla 13.** Valores energéticos y macronutricionales diarios de los triatletas estudiados.

	Datos de esta tesis doctoral	Valores de referencia
Energía (Kcal)	1939,5 ± 460,7	3600,0 <sup>a</sup>
Proteínas (g)	94,2 ± 27,5 (≈20,0% VET)	56,0 <sup>b,c</sup>
Hidratos de carbono (g)	199,9 ± 50,1 (≈42,5% VET)	100,0 <sup>c</sup> /50-55%VET <sup>d</sup>
Fibra dietética (g)	21,6 ± 6,0	38,0 <sup>c</sup> /35,0 <sup>d</sup>
Grasa total (g)	78,2 ± 21,6(≈37,5% VET)	74,7,0 <sup>c</sup> /30-35%VET <sup>d</sup>
AGS (g)	22,5 ± 6,5(≈10,4% VET)	25,6/7-8%VET <sup>d c</sup>
AGM (g)	34,5 ± 11,6(≈16,0% VET)	28,7 <sup>c</sup> /20%VET <sup>d</sup>
AGP (g)	11,3 ± 4,1(≈5,2% VET)	5%VET <sup>d</sup>
AGP/AGS	0,5 ± 0,1	-
[AGP+AGM]/AGS	2,0 ± 0,5	-
Colesterol (mg)	320,9 ± 148,8	256,0 <sup>c</sup> / $<300^d$

Agua (L)	1328,9 ± 289,3	3700,0 <sup>c</sup>
----------	----------------	---------------------

<sup>a</sup> De acuerdo con las ingestas diarias recomendadas de energía para la población española (Moreiras et al. 2016) se indica que para actividad física alta (como es el caso de los triatletas estudiados en esta tesis) hay que aumentar en un 20% las necesidades energéticas referentes a la actividad moderada (3000 kcal) con respecto a su edad y sexo. <sup>b</sup> Ingestas diarias recomendadas para la población española (Moreiras et al. 2016).

<sup>c</sup> Valores de referencia del Institute of Medicine (2005). <sup>d</sup> Valores de referencia de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) (Aranceta y Serra-Majem, 2011).

La distribución energética a lo largo del día se observa en la **Tabla 14**, la cual se puede comparar con las pautas establecidas para la población general, 4 ó 5 comidas distribuyendo el total calórico en: 25% desayuno, 30%-35% comida, 15% merienda y 25-30% cena; 20% en desayuno, 10-15% almuerzo de media mañana, 25-35% comida, 10-15% merienda y 25% cena. De acuerdo con estos valores, los triatletas estudiados no alcanzan el porcentaje energético para el desayuno, merienda, mientras que el valor de la cena es superior a las pautas establecidas para la población en general.

**Tabla 14.** Distribución porcentual energética en las comidas realizadas por los triatletas

	Datos de esta tesis doctoral
Desayuno	14,8%
Mitad de mañana	13,5%
Comida	32,8%
Merienda	8,8%
Cena	30,1%

En la **Tabla 15** se muestra la distribución porcentual energética consumida por los triatletas y distribuida por grupos de alimentos de acuerdo con la clasificación de la FAO (2014).

**Tabla 15.** Valores del porcentaje energético frente a los grupos de alimento consumidos por los triatletas.

<b>Grupo de alimentos</b>	<b>% energético/grupo de alimento</b>
Cereales	31,2±1,9
Legumbres	0,5±0,1
Verduras	6,9±0,4
Frutas	14,2±0,9
Lácteos	13,4±0,8
Carnes	14,7±0,9
Pescados	6,3±0,4
Huevo	1,0±0,1
Azúcar	0,3±0,1
Aceites	10,5±0,6
Bebidas	0,3±0,1
Platos preparados	0,2±0,1
Aperitivos	0
Salsa	0,4±0,1

Los cinco grupos de alimentos consumidos que aportan un porcentaje energético mayor son, por orden decreciente, cereales, carnes, frutas, lácteos y aceites. Siendo similares estos resultados al estudio de Kanno et al. (2009).

Con respecto a las proteínas el consumo es superior al recomendado por el IOM (2005). Bassit y Malverdi (1998) estiman un consumo de proteínas de 168 y 195 g/día para triatletas amateurs y profesionales, respectivamente. En apariencia el

porcentaje de consumo de hidratos de carbono consumidos es inferior a los Objetivos Nutricionales finales establecidos por la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (Aranceta y Serra-Majem, 2011), pero atendiendo a los valores de las Ingestas Recomendadas (*Recommended Dietary Allowances; RDA*) (IOM, 2005) su consumo es adecuado. El consumo de fibra dietética se encuentra por debajo de las recomendaciones internacionales (IOM, 2005) y de los Objetivos Nutricionales finales (Aranceta y Serra-Majem, 2011). Bassit y Malverdi (1998) estiman un consumo de hidratos de carbono de 405 y 600 g/día para triatletas amateurs y profesionales, respectivamente, los cuales son valores muy superiores a los deportistas objeto de esta tesis. Kimber et al. (2002) estima que los triatletas que compitieron en un Ironman en Nueva Zelanda consumían aproximadamente 4000 kcal/día ( $\approx 1000$  g/día) de hidratos de carbono. Varios autores (Burke, 2006; Laursen, 2011; Rauch et al. 1995) recomiendan ingestas de carbohidratos entre 10-12 g·kg<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup> sobre las 36-48 horas que conducen a la competición puesto que mejoran el rendimiento en triatletas. En los triatletas estudiados en esta tesis, los valores obtenidos son relativamente inferiores (2,9 g·kg<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>).

Con respecto al consumo de grasa se puede indicar que es adecuado de acuerdo con los valores de referencia, sin embargo, el desglose del consumo de los ácidos grasos representa una aparente disparidad, puesto que los AGS y los AGM están por encima y por debajo, respectivamente, de los Objetivos Nutricionales finales en España (Aranceta y Serra-Majem, 2011), mientras que el valor porcentual de los AGP sería el adecuado. Si se observa con atención el valor en gramos de estos ácidos grasos se aprecia que el consumo de AGS es inferior, mientras que los AGM y AGP son superiores a los Objetivos Nutricionales finales en España (Aranceta y Serra-Majem, 2011). Esta situación puede favorecer, que como el consumo de AGS es inferior y que es alto la ingesta de los ácidos grasos insaturados, la prevención de trastornos cardiovasculares y otras enfermedades. Es importante destacar el papel de la calidad de la grasa, además del perfil lipídico y en donde se utiliza las fracciones de los diferentes ácidos grasos. La bibliografía (Moreiras et al., 2013; SENC, 2011) indica que la

fracción  $[AGP+AGM]/AGS$  debe ser superior o igual a 2 y la fracción  $AGP/AGS$  superior o igual a 0,5, como es el caso de los triatletas estudiados. Para el estudio de Bassit y Malverdi (1998) se observan valores de grasas de 106 y 124 g/día para triatletas amateurs y profesionales, respectivamente.

Con respecto al consumo de agua reflejado en la **tabla 13**, se observa que el consumo diario está por debajo de las recomendaciones (1328,9 versus 3700,0 L).

Es por ello por lo que es de vital importancia aumentar su consumo, y en las competiciones es uno de los componentes que requiere un mayor interés. En el apartado siguiente se valorará el valor de la hidratación antes, durante y después de la competición teniendo en cuenta el consumo del café como ayuda ergogénica y su posible efecto de deshidratación.

En la **Tabla 16** se muestra los valores de las vitaminas consumidas por los triatletas estudiados. De las trece, cinco de ellas presentan valores medios inferiores a los recomendados. Es por ello por lo que debe ser un objetivo prioritario alcanzar los valores necesarios puesto que participan en diferentes funciones en el organismo; la biotina está envuelta en la producción energética durante el ejercicio (Driskell, 2006) y el ácido fólico en la producción de glóbulos rojos, síntesis proteica y en la reparación y mantenimiento tisular y del sistema nervioso central (Lukaski, 2004; Woolf y Manore, 2006). Para el caso de la biotina se recomendó el consumo de frutos secos, fresas, plátano, salmón, aguacate y yema de huevo, entre otros alimentos para poder alcanzar las recomendaciones, mientras que en el caso del ácido fólico se orientó al consumo de hígado y verduras de hoja verde y legumbres.

**Tabla 16.** Valores de vitaminas consumidas diariamente por los triatletas estudiados

	Datos de esta tesis doctoral	Valores de referencia
Vitamina B1 (mg)	1,6 ± 0,5	1,2 <sup>a,b</sup>
Vitamina B2 (mg)	1,8 ± 0,5	1,8 <sup>a</sup> /1,3 <sup>b</sup>
Niacina (mg)	41,7 ± 12,3	20,0 <sup>a</sup> /16,0 <sup>b</sup> /100,0 <sup>c</sup>
Ácido pantoténico (mg)	5,7 ± 1,6	5,0 <sup>d</sup>
Vitamina B6 (mg)	2,7 ± 0,8	1,8 <sup>a</sup> /1,7 <sup>b</sup>
Biotina (µg)	27,0 ± 10,3	30,0 <sup>d</sup>
Ácido fólico (µg)	318,0 ± 93,3	400,0 <sup>a,b</sup> /100,0 <sup>d</sup>
Vitamina B12 (µg)	6,1 ± 3,7	2,0 <sup>a</sup> /2,4 <sup>b</sup>
Vitamina C (mg)	192,7 ± 48,4	60,0 <sup>a</sup> /90,0 <sup>e</sup> /2000,0 <sup>f</sup>
Vitamina A (µg)	988,3 ± 338,6	1000,0 <sup>a</sup> /900,0 <sup>b</sup> /3000,0 <sup>c</sup>
Vitamina D (µg)	3,5 ± 2,2	15,0 <sup>a</sup> /50,0 <sup>c</sup>
Vitamina E (mg)	9,7 ± 3,0	12,0 <sup>a</sup> /15,0 <sup>d</sup> /1000,0 <sup>c</sup>
Vitamina K (µg)	100,1 ± 25,3	120,0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ingestas diarias recomendadas de energía para la población española (Moreiras et al. 2016).

<sup>b</sup> Valores de Ingestas Recomendadas (*Recommended Dietary Allowance; RDA*) del Institute of Medicine (1998).

<sup>c</sup> Valores de Ingesta Máxima Tolerable (*Tolerable Upper Intake Levels; UL*) del Institute of Medicine (1998). <sup>d</sup>

Valores de Ingestas Adecuadas (*Adequate Intake; AI*) del Institute of Medicine (1998).

<sup>e</sup> Valores de Ingestas Recomendadas (*Recommended Dietary Allowance; RDA*) del Institute of Medicine (2000).

<sup>f</sup> Valores de Ingesta Máxima Tolerable (*Tolerable Upper Intake Levels; UL*) del Institute of Medicine (2000).

El caso de la vitamina D merece especial atención (Ogan y Pritchett, 2013) puesto que cuando la vitamina D es baja, la hormona paratiroidea (PTH) aumenta para activar la reabsorción ósea con el fin de satisfacer la demanda del cuerpo de calcio. La baja vitamina D aumenta el *turnover* óseo, lo que aumenta el riesgo de

una lesión ósea, como una fractura por estrés (Lappe et al., 2008). Además, algunos autores (Cannell et al., 2009; Ceglia y Harris, 2013) ven con interés la suplementación con vitamina D en individuos con bajo nivel de vitamina D para mejorar la fuerza muscular. Se cree que esto se debe a un aumento en el tamaño y la cantidad de las fibras musculares de tipo II (contracción rápida) que viene asociado con la suplementación de vitamina D. De hecho, la distancia desde el ecuador, la estación y la hora del día determinan si la vitamina D estará disponible. La producción de vitamina D por efecto solar también está dictada por la cobertura de nubes, la contaminación, cremas solares, pigmento de la piel y la edad. Durante los meses de verano, la radiación UVB del sol puede ser absorbida en cantidades adecuadas para sintetizar la vitamina D (Holick, 2008). Sin embargo, durante los meses de invierno, el ángulo del sol impide que la radiación UVB alcance las latitudes mayores de 35-37° (los deportistas estudiados en esta tesis doctoral viven en Valencia; que se encuentra a una latitud de 39°28'11"), por lo tanto, la vitamina D no se puede sintetizar en estas áreas (Cannell et al., 2009). A esto hay que sumar que muchos triatletas entrenan al aire libre y evitan las horas pico de la luz solar, optando por practicar temprano en la mañana o tarde en la noche, lo que reduce en gran medida la exposición UVB, poniéndolos en riesgo considerable de insuficiencia de vitamina D. Varios estudios han encontrado que muchos atletas tienen un alto riesgo de insuficiencia de vitamina D (Hamilton et al., 2009; Halliday et al., 2010; Willis et al. 2012; Storlie et al. 2011).

Para las otras vitaminas liposolubles (E y K), cabe destacar que la primera de ellas sigue siendo contradictoria en su papel para reducir la inflamación y el dolor muscular durante la recuperación de un ejercicio intenso. De hecho, el potencial ergogénico de la vitamina E en cuanto al rendimiento físico no ha sido claramente documentado, los atletas de resistencia pueden tener una mayor necesidad de esta vitamina. Por ejemplo, se ha demostrado que la suplementación con vitamina E reduce la oxidación lipídica durante el ejercicio aeróbico/de resistencia y tiene un efecto limitado con el entrenamiento de



fuerza. Existe alguna evidencia de que la vitamina E puede atenuar el daño inducido por el ejercicio y mejorar la recuperación en ciertos individuos activos (Takanami et al., 2000). Lo que sí se debe aconsejar a los triatletas no exceder la ingesta máxima tolerable (*Tolerable Upper Intake Levels; UL*) porque las dosis más altas podrían ser pro-oxidativas con efectos negativos potenciales. Nieman et al. (2004) analizó la influencia de la ingestión de vitamina E sobre el estrés oxidativo y los cambios inmunológicos durante el Campeonato Mundial de Triatlón en Kona (Hawaii) y después de una ingesta de 800 UI durante dos meses se observó que promovía la peroxidación de los lípidos e inflamación durante el ejercicio.

En la **Tabla 17** se muestra los valores de los minerales y oligoelementos consumidos por los triatletas estudiados. De los ocho, cinco de ellas presentan valores medios inferiores a los recomendados.

**Tabla 17.** Valores de minerales y oligoelementos consumidos diariamente por los triatletas estudiados

	Datos de esta tesis doctoral	Valores de referencia
Calcio (mg)	666,6 ± 181,6	1000,0 <sup>a,b</sup> /2500,0 <sup>c</sup>
Hierro (mg)	15,4 ± 4,4	10,0 <sup>a</sup> /8,0 <sup>d</sup> /45,0 <sup>c</sup>
Yodo (µg)	93,8 ± 35,9	140,0 <sup>a</sup> /150,0 <sup>d</sup> /1100,0 <sup>c</sup>
Magnesio (mg)	297,8 ± 75,2	350,0 <sup>a</sup> /400-420 <sup>d</sup>
Zinc (mg)	9,7 ± 2,7	15,0 <sup>a</sup> /11,0 <sup>d</sup> /40,0 <sup>c</sup>
Sodio (mg)	2104,2 ± 1077,6	1200,0-1500,0 <sup>b</sup> /2300,0 <sup>c</sup>
Potasio (mg)	3273,2 ± 686,8	3500,0 <sup>a</sup> /4700,0 <sup>b</sup>
Fósforo (mg)	1461,2 ± 404,2	700,0 <sup>a,d</sup> /4000 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Ingestas diarias recomendadas de energía para la población española (Moreiras et al. 2016). <sup>b</sup> Valores

de Ingestas Adecuadas (*Adequate Intake; AI*) del Institute of Medicine (2005). <sup>c</sup> Valores de Ingesta

Máxima Tolerable (*Tolerable Upper Intake Levels; UL*) del Institute of Medicine (2005).

<sup>d</sup> Valores de Ingestas Recomendadas (*Recommended Dietary Allowance; RDA*) del Institute of Medicine (2005).

El calcio es especialmente importante para el crecimiento, el mantenimiento y la reparación del tejido óseo, el mantenimiento de los niveles de calcio en la sangre,

la regulación de la contracción muscular, la conducción nerviosa y la coagulación normal de la sangre. El calcio dietético y la vitamina D inadecuados aumentan el riesgo de una baja densidad mineral ósea y fracturas por estrés (Lukaski, 2004). En los triatletas estudiados para esta tesis doctoral se suman la deficiencia de estos dos nutrientes, lo que debe de alertar para implementar medidas de corrección nutricionales que puedan revertir el efecto.

El magnesio desempeña una diversidad de funciones en el metabolismo celular (glicólisis, grasa y metabolismo de las proteínas) y regula la estabilidad de la membrana y las funciones neuromusculares, cardiovasculares, inmunológicas y hormonales. La deficiencia de magnesio afecta el rendimiento de resistencia aumentando los requerimientos de oxígeno para alcanzar el ejercicio submáximo (Lukaski, 2004).

Con respecto al zinc, éste desempeña un papel en el crecimiento, la construcción y la reparación del tejido muscular, la producción de energía y el estado inmunológico. Se ha demostrado (Volpe, 2006) que el estado de zinc afecta directamente los niveles de hormona tiroidea y el uso de proteínas. Afectan negativamente la salud y el rendimiento físico. El impacto de las bajas ingestas de zinc en el estado de zinc sigue siendo difícil de medir debido a que no se han establecido criterios de evaluación claros y las concentraciones plasmáticas de zinc pueden no reflejar cambios en el estatus del zinc en su totalidad (Micheletti et al., 2001).

Por otro lado, no hay que olvidar que el potasio es importante para el equilibrio de líquidos y electrolitos, la transmisión nerviosa y los mecanismos activos de transporte. Durante el ejercicio intenso, las concentraciones plasmáticas de potasio tienden a disminuir en un grado menor que el sodio. Una dieta rica en una variedad de verduras frescas, frutas, nueces/semillas, productos lácteos, carnes magras y granos enteros se considera, generalmente, adecuada para mantener el estado normal de potasio entre los triatletas (Burke y Deakin, 2006).

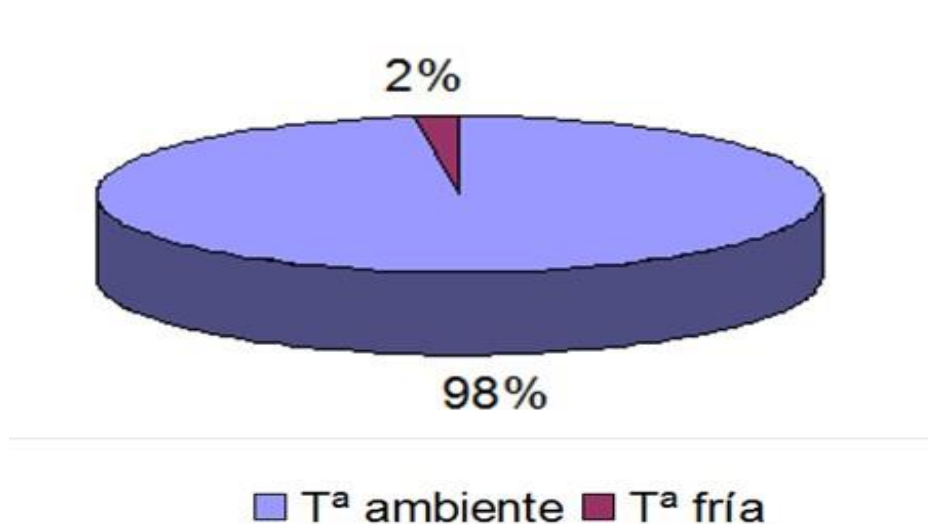
### IV.3. Evaluación de las bebidas consumidas durante la prueba de triatlón

En la **Figura 14** se observa el tipo de bebida consumida por los deportistas estudiados antes, durante y después del entrenamiento, siendo el agua la bebida predominante en las tres etapas. El mayor consumo de agua se realiza después del entrenamiento (99%) frente al 95% durante el entrenamiento. Las otras bebidas deportivas consumidas son las que contienen minerales e hidratos de carbono (99%) y refrescos naturales (1%), manteniéndose este porcentaje en todas las tres etapas del entrenamiento. El mantenimiento de la hidratación normal es difícil en los triatletas. Quizás, el factor más importante relacionado con el rendimiento para los triatletas sea crear una estrategia para mantener el estado de hidratación durante este deporte.



**Figura 14.** Tipos de bebidas consumidas por los triatletas estudiados antes, durante y después del entrenamiento

En cuanto a la temperatura de la bebida el 98% de las bebidas consumidas se encontraban a temperatura ambiental (**Figura 15**) La temperatura ideal de los líquidos debe oscilar entre 15-21°C. Bebidas más frías enlentecen la absorción y en ocasiones pueden provocar lipotimias y desvanecimientos, mientras que las bebidas más calientes no son apetecibles, por lo que se beberá menos cantidad (Brouns, 1995).



**Figura 15.** Temperatura a la cual consumen las bebidas los deportistas de triatlón antes, durante y después del entrenamiento

#### **IV.4. Evaluación del efecto del consumo de café y del efecto ergogénico**

En este apartado se estudia el efecto del consumo de café sobre el posible efecto de deshidratación de los deportistas mediante el análisis de la densidad y color urinario, tasa de sudoración, variación del peso corporal, y posteriormente se calcula la presencia de cafeína en orina, previa optimización y aplicación de un método cromatográfico. La deshidratación tendría un efecto ergolítico sobre los triatletas estudiados. Por último, en este apartado se estudió el efecto ergogénico del consumo del café se estimó mediante el rendimiento aeróbico anaeróbico metabólico (umbral láctico) y el rendimiento respiratorio.

### **V.4.1 Evaluación de la deshidratación por el consumo de café**

#### **V.4.1.1. Evaluación de la densidad, color de la orina, tasa de sudoración y la variación del peso corporal**

A nivel deportivo, un valor en la densidad urinaria superior a 1,020 g/L y un nivel en la escala de color mayor a 3 y la variación de 1% en el peso corporal se consideraron como alteraciones en el estado de hidratación (Rivera Cisneros et al., 2008). Una vez se comprobó que los deportistas realizaban los protocolos adecuados para la hidratación y rehidratación se procedió a realizar el estudio con las bebidas de café y el placebo realizándose la medida de la densidad y color de orina y la variación del peso corporal.

Con respecto a la densidad urinaria, los sujetos del estudio antes de la prueba de esfuerzo sin café obtuvieron densidades mínimas de 1,005 g/L y máximas de 1,030 g/L; al finalizar la rutina no se pudo obtener muestra de orina de un sujeto en estudio. El promedio de la densidad de orina al iniciar la prueba de esfuerzo sin café fue de 1,005, 1,015, 1,020 hasta 1,025 g/L y al finalizarla la prueba de esfuerzo sin café es de 1,020 g/L. En la **Figura 16** se observan los siguientes datos:

- 7 deportistas están en 1,020 g/L.
- 2 lo sobrepasan.
- 4 deportistas en 1,010 g/L.
- 4 deportistas en 1,015 g/L.
- 1 deportista entre 1,005 g/L.
- 1 deportista en 1 g/L.

Aproximadamente un 53 % de los deportistas estaban hidratados antes del consumo del café tras realizar la prueba.

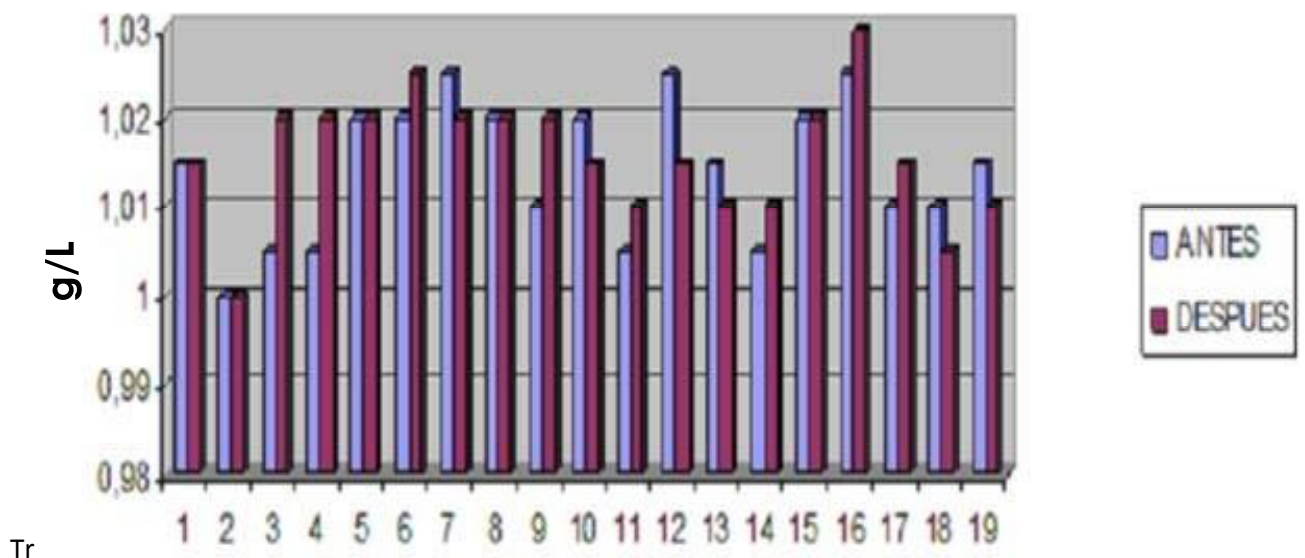
Tras la administración del café y realizando la prueba tenemos los siguientes valores:

- 7 deportistas con 1,020 g/L.
- 4 deportistas con 1,015 g/L.
- 4 deportistas con 1,010 g/L.

- 1 deportista en 1,005 g/L.

- 1 deportista en 1 g/L.

Con lo cual el consumo de café no influye en la deshidratación tras la administración de este antes de realizar la prueba de esfuerzo.



### Triatletas

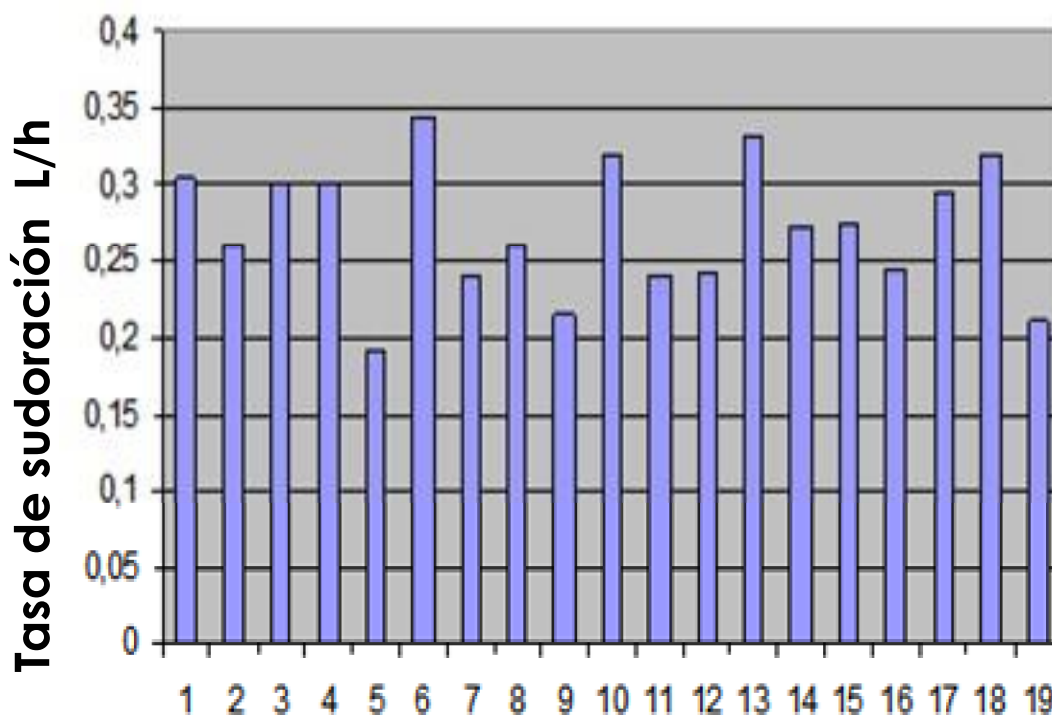
**Figura 16.** Densidad de la orina antes y después del consumo del café objeto de estudio

En los deportistas estudiados y con las bebidas ingeridas (placebo y las dos bebidas de café) se observó que todos los valores de densidad urinaria eran inferiores a 1,020 g/L, el color urinario era inferior a 3 y no hubo variación del 1% en el peso corporal, siendo considerado que no existe alteración en el estado de hidratación. Estos datos son similares al estudio de Mayol Soto y Aragón Vargas (2002).

El color de la orina puede verse alterado por enfermedades, el consumo de suplementos vitamínicos y medicamentos. Además, se pueden presentar colores exóticos de orina (por ejemplo, rosa, rojo, verde, azul, negro) como resultado de pigmentos fisiológicos en concentraciones anormales, aditivos de los alimentos y crecimiento de bacterias en muestras almacenadas. En el presente estudio se

controló que los sujetos no consumieran suplementos vitamínicos ni medicamentos durante el estudio, además de que ninguno presentó enfermedades, ni se observaron colores exóticos de orina; por otra parte, las muestras fueron analizadas en los 30 min siguientes a su recolección, por lo que se puede indicar que los resultados obtenidos a partir de este indicador son válidos. Armstrong *et al.* (1998) mencionan que las diferencias en la composición de los líquidos que se utilizan para la rehidratación pueden alterar tanto el volumen como la osmolalidad de la orina, y ponen como ejemplo los estudios de González-Alonso *et al.* (1992), y Maughan *et al.* (1994), donde se refleja que las bebidas que contienen cloruro de sodio o cloruro de potasio disminuyen el volumen y aumentan la osmolaridad de la orina, en comparación con el agua pura.

En cuanto a la tasa de sudoración se observa (**Figura 17**) que los triatletas están por debajo del rango de 0,4 a 0,6 L/h. No llegando ninguno a tener valores que indiquen una deshidratación.



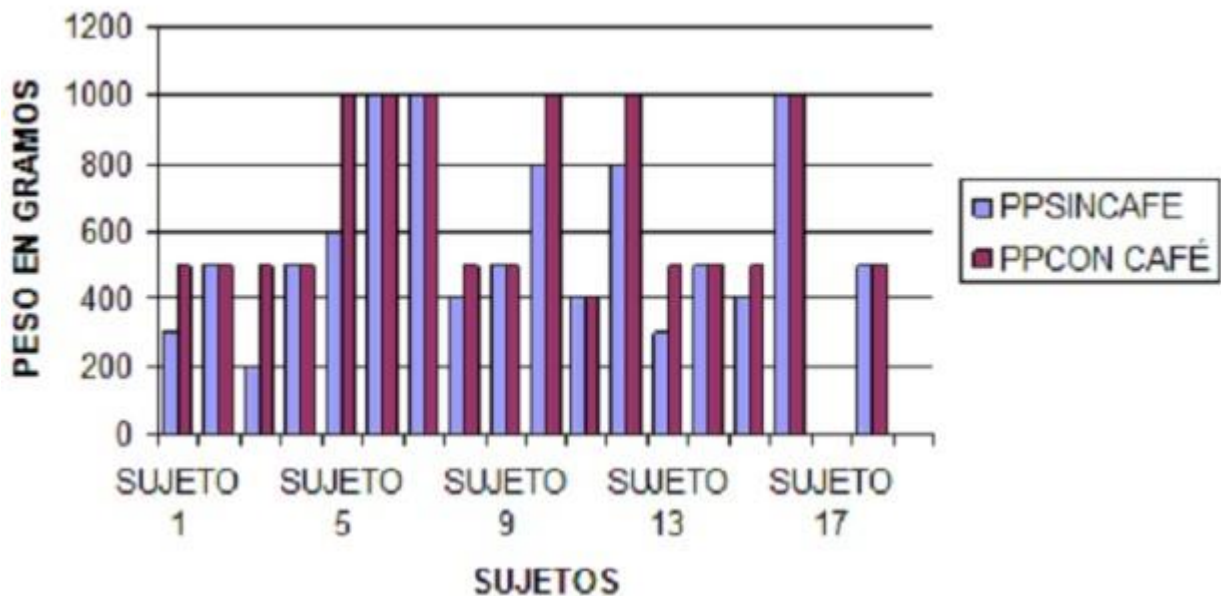
## Triatletas

**Figura 17.** Tasa de sudoración de los triatletas estudiados

Para estimar la variación del peso corporal se procedió a medirlo antes y después del consumo de la bebida de café. Se considera que un sujeto está correctamente hidratado si su peso por la mañana en ayunas es estable: varía menos del 1% día a día (Opliger y Bartok, 2002). Cheuvront *et al.* (2002) propuso que los cambios agudos en el peso corporal durante el ejercicio pueden utilizarse para calcular las tasas de sudoración y las variaciones en el estado de hidratación que ocurren en diferentes ambientes. Este enfoque asume que 1 ml de sudor perdido representa a 1 g de peso corporal perdido (esto es, que la gravedad específica del sudor es 1,0 g mL<sup>-1</sup>). Ninguno de los deportistas, en este



trabajo, varió su peso en más de un 1% después de consumir la bebida de café (Figura 18).



**Figura 18.** Pérdida de peso (pp) con y sin café en los deportistas estudiados

Hay que asumir que otros factores que no son de sudoración pueden contribuir a la pérdida del peso corporal durante el ejercicio, como son el agua perdida por respiración y el intercambio de carbono. Esto implicaría que ignorar estos dos factores puede sobreestimar la tasa de sudoración modestamente (~5–15%) pero generalmente, tal y como apunta Cheuvront *et al.* (2002), no se requiere corrección para ejercicios con duración <3 h, como es nuestro caso. El Colegio Americano de Medicina del Deporte (*American College of Sports Medicine, 2007*) estableció en su Documento Consenso que los marcadores biológicos simples; como son la orina y el peso corporal, por sí solos tienen marcadas limitaciones; pero cuando estos indicadores se utilizan juntos, pueden aportar una valiosa aproximación. La deshidratación será mínima con una pérdida del 1 al 3% del peso corporal, moderada entre el 3 al 5%, y severa si es mayor al 5% (Casa *et al.*, 2000). Para rehidratar durante el ejercicio se verificó, de acuerdo a Hew-Butler *et al.* (2006) si ingerían entre 6 y 8 ml de líquido/Kg peso y hora de ejercicio (aproximadamente 400 a 500 ml/h o 150-200 ml cada 20 minutos). Con respecto a la hidratación después del ejercicio se tuvo en cuenta que si la disminución de

peso durante el entrenamiento o la competición ha sido superior al 2% del peso corporal, conviene beber aunque no se tenga sed y salar más los alimentos (Burke, 2001). El documento consenso sobre bebidas para el deportista de la FEMEDE (Palacios Gil-Antuñano, 2008) recomienda ingerir como mínimo un 150% de la pérdida de peso en las primeras 6 horas tras el ejercicio, para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina y de esta manera recuperar el equilibrio hídrico. Los valores sugeridos son de 0,5 L a 1 L (Kory y Seabourne, 1999), reflejándose en el estudio de Lorraine-Lichtenstein *et al.* (2010) dos casos de hiponatremia por consumo de más de 1 litro para este deporte. Goulet *et al.* (2008) observó que se debería de realizar la recomendación antes del ejercicio mediante el consumo de 16,1 ml/Kg p.c. Los sujetos mejor preparados desarrollan sistemas de refrigeración (sudoración) más eficientes, por lo que deberán consumir más líquido. Todos los sujetos estudiados en este trabajo presentaban una correcta hidratación puesto que las directrices en su entrenamiento vienen marcadas por la Federación de Triatlón de la Comunidad Valenciana y esta a su vez se basa en las pautas anteriormente citadas. Con estos datos se refleja que las bebidas de café estudiadas no originan un estado de deshidratación.

#### V.4.1.2. Optimización y aplicación de un método cromatográfico para el análisis de cafeína en orina

Para verificar la eficacia de la bebida de café, es importante comprobar mediante los recordatorios de 24 horas si estos deportistas consumen o no cafeína antes de la prueba de esfuerzo. De los datos obtenidos se refleja que no hay consumo de este compuesto, sin embargo, para verificar si ese dato es real, se requiere realizar una determinación de cafeína en orina antes del ensayo, y aquellos deportistas en los cuales se detectará como positivo en orina se descartarían del estudio posteriormente. Para realizar esta determinación se debe de proceder previamente a optimizar un método de determinación de la

cafeína, para posteriormente aplicarlo a las muestras urinarias de los deportistas estudiados.

La curva de calibración se obtuvo mediante el empleo de orina humana libre de cafeína a la cual se le añadió concentraciones conocidas de cafeína (15, 10, 5, 2,5, 1,25, 0,65, 0,1 y 0,05  $\mu\text{g/ml}$ ) e igual concentración de estándar interno. A partir de las áreas obtenidas cromatográficamente de la cafeína y del estándar interno ( $\beta$ -hidroxiteofilina), se calcula la relación entre las áreas, las cuales, se representan frente a la concentración de cafeína. La recuperación de cafeína (92,8%) y del estándar interno (96,1%) se midió por comparación del área del pico del extracto con respecto a la inyección directa de una solución acuosa conteniendo la misma concentración. En la **Tabla 18** se aprecian los resultados de otros parámetros analíticos que fueron considerados para optimizar el método; estos parámetros fueron el límite de detección y cuantificación, y variación inter e intradía. En la **Figura 19** se observa los cromatogramas de una muestra de orina fortificada con cafeína.

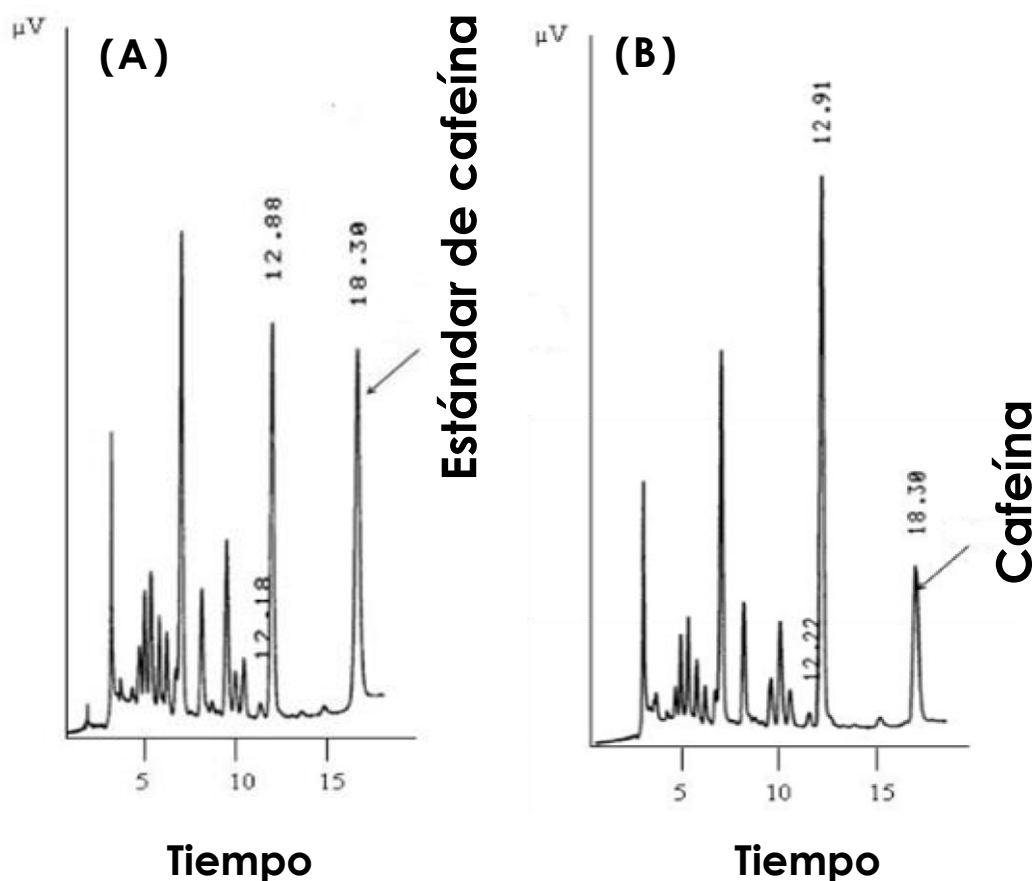
**Tabla 18.** Parámetros analíticos del método de análisis de cafeína en orina

Parámetro analítico	Valor
Límite de detección ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,05
Límite de cuantificación ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,1
Variación inter-día (%)	6,8
Variación intra-día (%)	5,1

<sup>a</sup> Muestras de orina fortificadas con 0,65  $\mu\text{g/ml}$

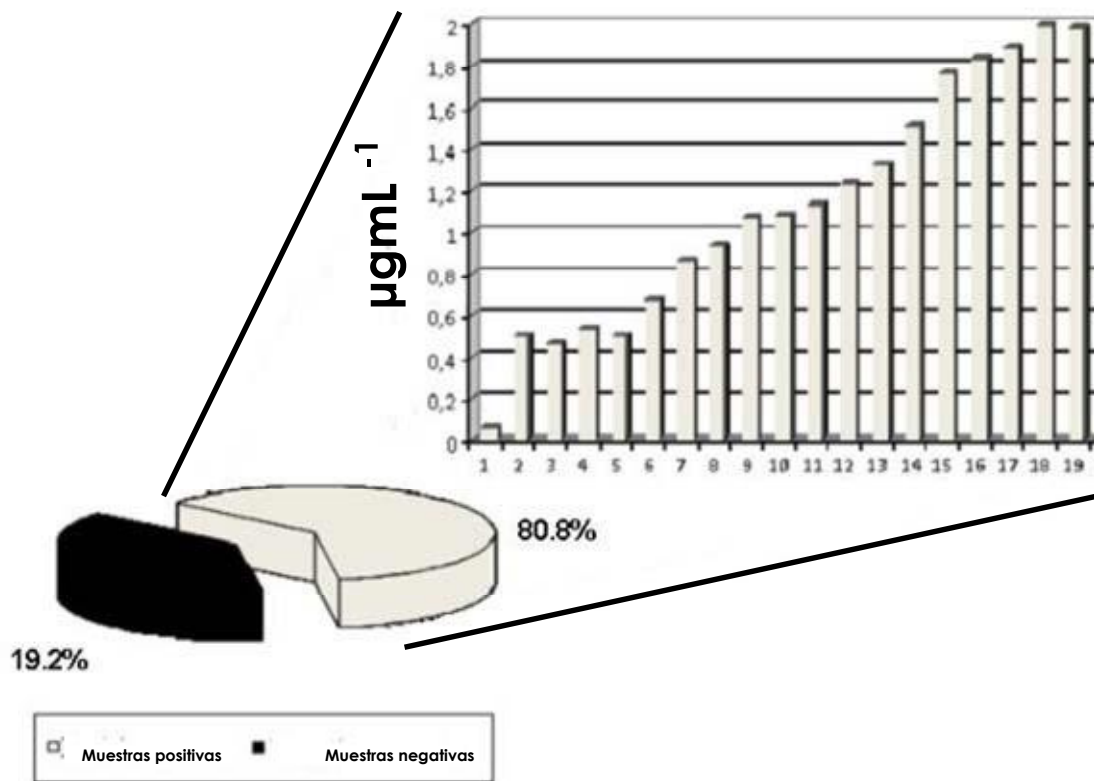
El método de extracción en fase sólida (EFS) optimizado es fácil y rápido, frente a otros métodos que se encuentran en la bibliografía (Abu-Qare et al., Bendriss et al., 2000; Caubet et al., 2002; 2001 Scott et al., 1999; 2002; Thuyne et al., 2005, Van Thuyne et al., 2005 Ventura et al., 2003, Yin et al., 2004) en los cuales utilizan EFS o extracción líquido-líquido (ELL) y en donde se incluye un paso de evaporación que enlentece el resultado analítico. En nuestro caso este paso previo no es

necesario, además en los estudios realizados para la determinación de cafeína que utilizan ELL (Abu-Qare et al., 2001; Bendriss et al., 2000; Van Thuyne et al., 2005) sus valores del límite de detección son más altos.



**Figura 19.** Cromatogramas de (A) una muestra de orina fortificada con cafeína ( $0,65 \mu\text{g/mL}$ ) y (B) de una muestra positiva de cafeína orinada de los triatletas

El porcentaje de muestras de orina por debajo del LOD (reflejado como muestras negativas) fue del 19,2% (**Figura 20**), el 80,8% restante de las muestras de orina contenía cafeína en una concentración superior a  $0,05 \mu\text{g mL}^{-1}$ . El rango de concentraciones urinarias de cafeína fue de  $0,06$  a  $1,99 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Hasta el 2004 la Agencia Mundial Antidopaje (WADA) consideró a la cafeína como dopaje si se presentaban niveles en orina superiores a los  $12 \mu\text{g mL}^{-1}$ ; a partir de ese año la ubicó en una lista de sustancias vigiladas. Ninguno de los triatletas estudiados llegaba al valor de los  $12 \mu\text{g mL}^{-1}$ .



**Figura 20.** Resultado de las muestras urinarias obtenidas de los triatletas

Conway et al. (2003) analiza concentraciones en triatletas detectando concentraciones de cafeína entre 0,16 a 2,35  $\mu\text{g/mL}$ , en este caso por consumo de una dosis de cafeína de 6 mg/Kg. En este estudio no detectamos concentraciones de cafeína en orina antes de la prueba, entre los triatletas estudiados, lo que confirma los valores recogidos en el recordatorio de 24 horas. Del Coso et al. (2011) llevaron a cabo un estudio en muestras de orina para el control de dopaje de varios deportes y tuvieron una proporción con concentraciones de cafeína por encima del antiguo punto de corte de la Agencia Mundial Antidopaje. Además, reflejaron que los deportes con mayor concentración de cafeína eran el triatlón ( $3,3 \pm 2,2 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) y los competidores de más edad de 30 años (> 30 años) tenían niveles más altos de cafeína en su orina que los competidores más jóvenes (<20 años). Una encuesta de 140 competidores en el Campeonato Mundial de Triatlón Ironman 2005 reveló que sólo el 72% de los atletas eran conscientes de ello. 89% de los atletas indicaron que planeaban usar cafeína antes o durante la competición (Desbrow y Leveritt, 2006). Por otro lado, uno de los veintiséis (4%) triatletas que residen en la región de Western Cape tomó suplementos diarios de cafeína (Potgieter et al., 2011). De acuerdo con Del Coso et al. (2011), podría reflejar que el uso de la cafeína está relacionado con

un intento de aumentar el rendimiento, principalmente en los deportes de resistencia como es el triatlón.

#### **IV.4.2. Estimación del rendimiento aeróbico-anaeróbico metabólico (umbral láctico)**

De acuerdo con la **Tabla 19** se presentan las principales variables fisiológicas valoradas en la prueba de esfuerzo incremental en tapiz pre vs post la administración de los dos tipos de café. En el umbral aeróbico ( $VT_1$ ) no se observan diferencias significativas entre los valores de consumo de oxígeno, así como tampoco en la frecuencia cardíaca (con un tamaño del efecto Trivial o Pequeño), tras la ingesta de café ARA y ROB a dicha intensidad. Si es de destacar qué tras la administración del café, la velocidad a la que se situaba este umbral era significativamente mayor con el café Robusta ( $p=0,035$ ,  $ES=1,06$  moderado). Similares diferencias se encuentran el umbral anaeróbico ( $VT_2$ ), aunque en este punto tan importante del plano bioenergético y rendimiento aeróbico/anaeróbico, las diferencias observadas tras la administración de café Robusta no llegan a ser significativas ( $p=0,067$ ), pero alcanzando el tamaño del efecto en un valor de cambio moderado ( $ES=0,84$ ). Es en los valores máximos ( $VO_{2máx}$ ), donde los cambios significativos que había antes de la administración de los dos tipos de café se mantienen significativamente diferentes, como es el caso del consumo máximo de oxígeno ( $p=0,012$ ,  $ES=1,28$  grande) y de la frecuencia cardíaca máxima ( $p=0,013$ ,  $ES=1,21$  grande). Los valores de lactacidemia alcanzados en este punto máximo de la prueba no tiene diferencias significativas entre ambos grupos ( $p=0,035$ ), con una leve tendencia al alza entre el pre-post en el café Robusta (8,1 vs 8,9 mMol/l;  $ES=0,06$  trivial vs 0,37 pequeño) y sin variaciones apreciables en el Arábica.

**Tabla 19.** Variables fisiológicas medidas en la prueba de esfuerzo incremental pre y post administración de los diferentes tipos de café.

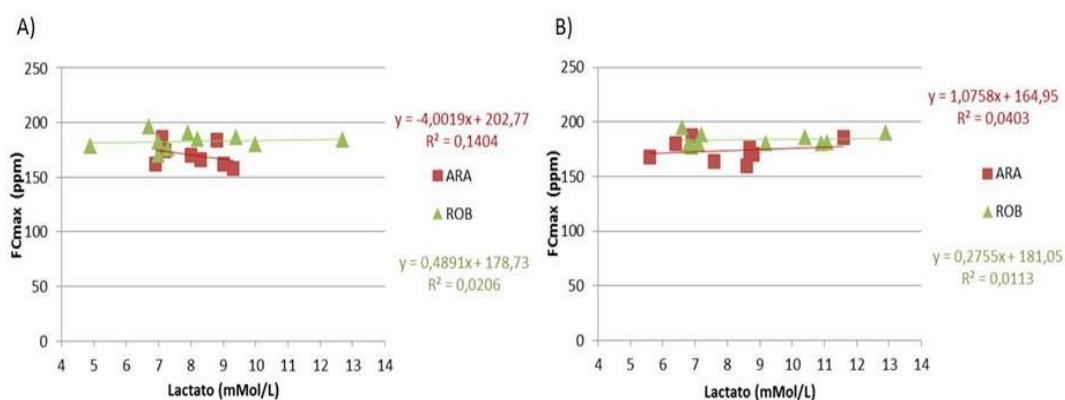
	PRE					POST			
	ARA (n = 9)	ROB (n = 10)	P- value	ES		ARA (n = 9)	ROB (n = 10)	P- value	ES

IV. Resultados y discusión

<b>VT<sub>1</sub></b>											
Consumo Oxígeno (mL/kg/min)											
Velocidad (km/h)	33,7 ± 5,6	33,6 ± 3,3	0,975	-0,02	<b>T</b>	33,8 ± 5,0	32,3 ± 4,9	0,295	0,29	<b>P</b>	
Frecuencia Cardíaca (ppm)	10,1 ± 0,9	10,4 ± 0,7	0,356	0,36	<b>P</b>	9,7 ± 10,7	11,2 ± 1,7	0,035	1,06	<b>M</b>	
	141 ± 17	142 ± 10	0,866	0,08	<b>T</b>	145 ± 19	136 ± 8	0,213	-0,57	<b>P</b>	
<b>VT<sub>2</sub></b>											
Consumo Oxígeno (mL/kg/min)											
Velocidad (km/h)	46,6 ± 2,4	46,2 ± 7,4	0,891	-0,05	<b>T</b>	46,1 ± 5,6	48,1 ± 10,0	0,604	0,23	<b>P</b>	
Frecuencia Cardíaca (ppm)	14,6 ± 1,5	15,7 ± 1,8	0,163	0,63	<b>M</b>	14,3 ± 1,7	15,9 ± 1,9	0,067	0,84	<b>M</b>	
	171 ± 9	167 ± 8	0,866	-0,44	<b>P</b>	169 ± 15	167 ± 9	0,755	-0,14	<b>T</b>	
<b>VO<sub>2max</sub></b>											
Consumo Oxígeno (mL/kg/min)											
Velocidad (km/h)											
Frecuencia Cardíaca (ppm)	49,9 ± 4,5	55,7 ± 6,5	0,037	0,98	<b>M</b>	49,7 ± 7,3	59,6 ± 7,5	0,012	1,28	<b>G</b>	
Lactato (mMol/L)	16,2 ± 1,6	17,5 ± 1,8	0,116	0,73	<b>M</b>	17,1 ± 1,7	17,1 ± 1,7	0,971	0,00	<b>T</b>	
	171 ± 10	183 ± 7	0,008	1,31	<b>G</b>	174 ± 9	184 ± 6	0,013	1,21	<b>G</b>	
	8,0 ± 0,9	8,1 ± 2,2	0,856	0,06	<b>T</b>	8,1 ± 1,8	8,9 ± 2,3	0,402	0,37	<b>P</b>	

Los datos se presentan como media ± SD. ARA: café arábico; ROB: café robusta; Umbral Ventilatorio 1; VT<sub>2</sub>: Umbral Ventilatorio 2; VO<sub>2max</sub>: Consumo máximo de oxígeno; ES = Tamaño del Efecto [T = Trivial (0,0-0,2), P = Pequeño (0,2-0,6), M = Moderado (0,6-1,2), G = Grande (1,2-2,0), MG = Muy Grande (>2,0)]. (Hopkins, 2000)

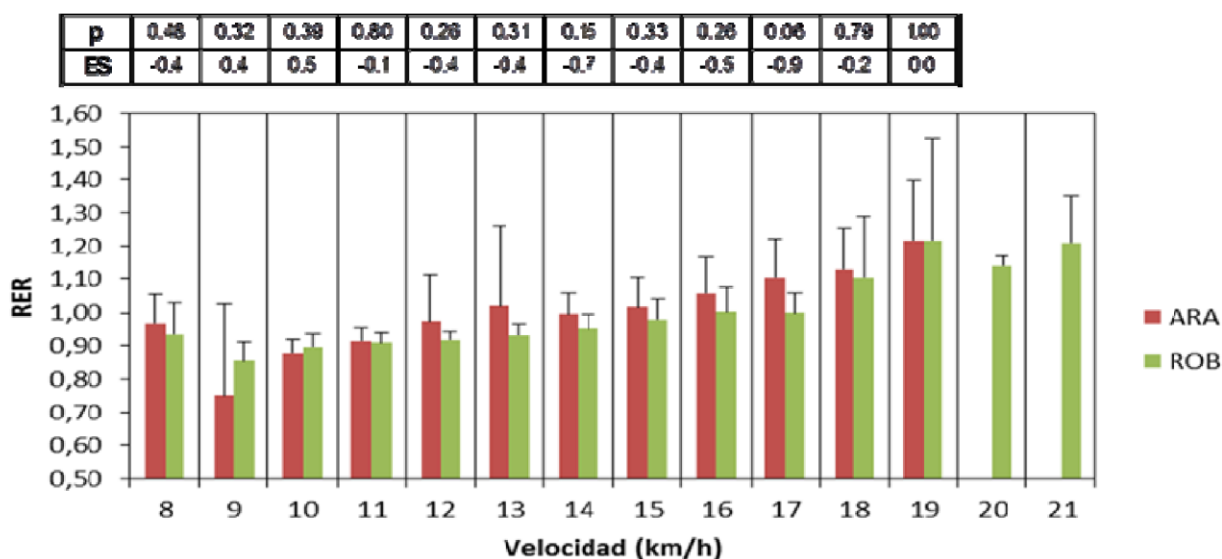
Sin embargo, como se aprecia en la **Figura 21**, no existe una correlación entre la frecuencia cardíaca máxima y los valores de lactato en ambos grupos.



**Figura 21.** Relación entre Frecuencia Cardíaca máxima (FCmax, ppm) y valores máximos de lactacidemia (mMol/l) en las pruebas de esfuerzo pre (A) y post (B) administración de los distintos tipos de café (ARA, arábica; ROB, robusta).

En la **Figura 22** se observa la evolución de los incrementos de velocidad en ambos grupos durante la prueba incremental tras la administración del café y los valores

correspondientes de cociente respiratorio (RER). Los valores son similares con un tamaño del efecto pequeño y no significativo, aunque aparentemente un RER más bajo en el grupo Robusta. Sin embargo, el ES es moderado a velocidades de 14 y 17 km/h, las cuales están próximas a los valores correspondientes al umbral anaeróbico (VT2) y máximo ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) respectivamente, de ambos grupos.



**Figura 22.** Cociente respiratorio (RER) medio en los diferentes estadios de velocidad alcanzados en las pruebas de esfuerzo tras administrar los dos tipos de café (ARA, arábica; ROB, robusta). Los datos se presentan como media  $\pm$  SD. ARA: café arábico; ROB: café robusta; ES = Tamaño del Efecto [T = Trivial (0,0-0,2), P = Pequeño (0,2-0,6), M = Moderado (0,6-1,2), G = Grande (1,2-2,0), MG = Muy Grande (>2,0)]. (Hopkins, 2000)

Para estimar el rendimiento deportivo en los triatletas con el consumo de café deberíamos de tener en cuenta el concepto que, de acuerdo con Gil Fraguas et al. (2000), especifican que cada modalidad del triatlón (sprint, olímpico y largo) presenta distintos tipos de resistencia, y que los factores para el rendimiento de



cada modalidad deberían centrarse en el estudio de la elevación del  $VO_2$  máx en el umbral aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2), entre otros factores. De hecho, el  $VO_2$  máx (Farell et al., 1979; Heck et al., 1985 Yoshida et al., 1987;) se ha utilizado habitualmente tanto en pruebas de corta distancia o en pruebas de esfuerzo, para predecir el rendimiento deportivo de los triatletas.

En el estudio de O'Toole et al. (1989) se observa que en atletas de triatlón el valor de VT1, en pruebas de campo y sin suministrar ninguna ayuda ergogénica, es de 34,64 ml/kg/min. En nuestro estudio, el valor más alto se obtiene con el café Arábica con 33,8 mientras que el Robusta es más bajo, incluso que antes. Este pequeño cambio, unido a que se alcanza una velocidad mayor, puede indicar un menor gasto energético en pruebas de larga duración, donde se realiza un porcentaje elevado de las mismas en zona de máxima oxidación de grasas. Del mismo modo, el tamaño del efecto de la frecuencia cardíaca es pequeño, pero se observa una disminución en el caso del café Robusta, lo que tiene importancia para un menor trabajo cardíaco a baja intensidad, que después se invierte en zonas de intensidad máxima.

Al incrementar la resistencia, el tipo de café tiene una acción ergogénica en la fase aeróbica y en la fase de agotamiento, ya que en el estudio de Berry et al. (1994) habían visto que aumentaba en la fase anaeróbica (VT2) de deportistas que no son consumidores habituales de cafeína. Es por eso por lo que cuando se compara con otros autores (D'Urzo et al. 1990) los datos pueden parecer contradictorios, ya que este autor no observa diferencias en el consumo de oxígeno correspondiente al umbral láctico, pero si demuestra que esto ocurre cuando sus deportistas son habituales consumidores de cafeína. Por esta razón el estudio demuestra la efectividad de la cafeína para aumentar el rendimiento en deportistas que no toman habitualmente cafeína. Esto se puede conseguir también con deportistas que consumen cafeína si se realiza previamente una etapa de deshabituación de la cafeína de, al menos, una semana, tal y como refleja Bell y McLellan (2002).

El menor RER y, por lo tanto, diferente porcentaje de participación de las grasas y de los hidratos de carbono a favor del grupo Robusta antes del VT2, puede ser la causa de un mayor rendimiento en esta zona de transición aeróbica-anaeróbica. Permitiendo que una vez pasado dicho umbral anaeróbico, permita un mayor rendimiento en intensidades máximas por una mayor disponibilidad de carbohidratos.

Los datos encontrados en las diferentes pruebas ponen de manifiesto que es la bebida de café Robusta la que mejor se podría aplicar como ayuda ergogénica. Este es el primer trabajo a nivel internacional que demuestra que es más efectivo un tipo de café o composición frente a otro. Existen otras investigaciones (Hodgson et al., 2013) que han estudiado las diferencias o similitudes entre tomar cápsulas, tabletas o comprimidos de cafeína, utilizados habitualmente en deporte, frente a café, abriéndose ahora una puerta a la hipótesis de que existe algo en la bebida del café que podría tener un efecto sinérgico en la actividad ergogénica.

Nosotros hipotetizamos que podría ser la unión de la cafeína con los polifenoles. Estos compuestos se encuentran en mayor proporción en la bebida de café Robusta frente a la Arábica. Los granos de café Robusta presentan entre un 7% y un 10% de ácido clorogénico y el café Arábica entre un 5% a un 7%, una taza de café puede contener entre 15 mg y hasta un 325 mg de ácido clorogénico según composición y método de preparación (Clifford, 1985). De hecho, Lizárraga (2010) revisa el efecto de la cafeína en el deporte y justifica que algunos tipos de polifenoles (ácido clorogénico entre ellos) producen la oxidación de los ácidos grasos frente a los hidratos de carbono, esta situación es ideal para los deportistas porque se prolonga el tiempo aeróbico y anaeróbico, tal y como reflejan nuestros datos, y al mismo tiempo se consigue reducir la fatiga. Este efecto sinérgico es reflejo de una mejor utilización de la glucosa por las células, ahorro del glucógeno durante el esfuerzo y mejor reposición de este en el post-esfuerzo y un posible efecto termogénico y lipolítico. Este punto sería interesante estudiarlo en los próximos años porque repercutiría no sólo en que la bebida de café pueda ser

utilizada como ayuda ergogénica sino como funcional-ergogénica, puesto que los compuestos fenólicos tienen un posible potencial de interés en el ámbito deportivo.

## V. CONCLUSIONES

*Claro que necesito tu ayuda, pero no quiero comprarla, tiene que salir de ti. (Gary Cooper, solo ante el peligro).*

## CONCLUSIONES

1. El somatotipo de los triatletas estudiados es del tipo meso-ectomórfico.
2. La energía consumida se encuentra aproximadamente en un 53,8% de la recomendada para la población que práctica actividad física intensa, es decir sobre el valor de 3600 kcal, y además los triatletas estudiados no alcanzan el porcentaje energético para el desayuno, merienda, mientras que el valor de la cena es superior a las pautas establecidas para la población en general.
3. Los cinco grupos de alimentos consumidos que aportan un porcentaje energético mayor son, por orden decreciente, cereales, carnes, frutas, lácteos y aceites.
4. Con respecto a las vitaminas su consumo es inferior a los recomendados en cinco de las trece, destacando el caso de la vitamina D, mientras que en el caso de los minerales y oligoelementos es deficiente su consumo en cinco de los ocho minerales estudiados en los triatletas.
5. En las pruebas de triatlón el líquido de consumo mayoritario es el agua a temperatura ambiental. Pero no es el suficiente, debería de ser mayor.
6. Las bebidas de café estudiadas no originan deshidratación tras el estudio de la pérdida de peso corporal, densidad, color y los signos clínicos de deshidratación.
7. El aumento de porcentaje de grasa corporal es perjudicial para el rendimiento y posible causa de lesiones, es por ello importante mantener una alimentación saludable y realizar ejercicio físico de forma que se mantenga una composición corporal adecuada.
8. El uso de la bebida de café Robusta puede ser utilizado para mejorar el rendimiento deportivo, sin peligro de deshidratación, lo que unido a que este tipo de bebida posee una mayor cantidad de compuestos fenólicos como el ácido clorogénico, lo hace una bebida funcional-ergogénica de mayor eficiencia frente a los comprimidos y tabletas de cafeína que habitualmente se consumen a nivel deportivo.

9. El café robusta prolonga la fase anaeróbica y reduce el tiempo de fatiga.
  
10. Los triatletas deberían tener el seguimiento y apoyo de profesionales expertos en nutrición deportiva para que la ingesta de nutrientes, ayudas ergogénicas, el fomento de la alimentación saludable, les sean las adecuadas.

## V. Conclusiones

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*No se puede leer una cosa así sin llevar los labios pintados. (Audrey Hepburn, desayuno con diamantes).*



## VI. Referencias bibliográficas

- Abu-Qare, A.W.; Abou-Donia, M.B. 2001. A validated HPLC method for the determination of pyridostigmine bromide, acetaminophen, acetylsalicylic acid and caffeine in rat plasma and urine. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 26: 939-947.
- Ackland, T. R.; Schreiner, A.B.; Kerr, D.A. 1997. Absolute size and proportionality characteristics of World Championship female basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 15, 485–490.
- Alharbi W.D.M.; Azmat A.; Ahmed M. 2018. Comparative effect of coffee robusta and coffee arabica (Qahwa) on memory and attention. *Metab Brain Dis.* Aug; 33: 1203-1210.
- Alvero Cruz, J.R., coord.; Cabañas Armesilla, M.D.; Herrero de Lucas, A.; Martínez Riaza, L.; Moreno Pascual, C.; Porta Manzañido, J.; Sillero Quintana, M.; Sirvent Belando, J.E. 2009. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte* 131: 166-179.
- American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. 2007. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39: 377-390.
- Andrés Iglesias, J.C., Fornas Pérez, J.A., Andrés Rodríguez, N.F. Introducción a la investigación en farmacia comunitaria, 2010. Editorial Grupo Berbes y aula COFAN. Vigo.
- Anjos, M.A.B.; Fernandes Filho, J.; Novaes, J.S. 2003. Características antropométricas, dermatoglíficas y fisiológica del atleta de triatlón. *Fitness & Performance Journal* 2: 49-57.
- Armstrong, L.E.; Herrera, J.A.; Hacker, F.T.; Casa, D.J.; Kavouras, S.A.; Maresh,

- C.M. 1998. Urinary indices during dehydration, exercise and rehydration. *International Journal of Sport Nutrition* 8: 345-355.
- Astorino TA et al., 2012. Increases in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable. *Nutrition Research*; 32:78-84.
  - Ballesteros, J. (1987). *El libro del triatlón*. Arthax.
  - Bangsbo, J.; Lindqvist, F. 1992. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal Sports Medicine* 13: 125-132.
  - Bassit, R. A.; Malverdi, M. A. 1998. Avaliação nutricional de triatletas. *Revista Paulista de Educação Física* 12: 42-53.
  - Bell, D. G; McLellan, T. M; 2002. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*,93: 1227-1234.
  - Bendriss, E.K.; Markoglou, N.; Wainer I.W. 2000. Liquid chromatographic method for the simultaneous determination of caffeine and fourteen caffeine metabolites in urine. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* 746: 331-338.
  - Bentley, D. J., Millet, G. P., Vleck, V. E., & McNaughton, L. R. 2002. Specific aspects of contemporary triathlon: implications for physiological analysis and performance. *Sports Medicine* 32: 345-359.
  - Berbalk, A.; Neumann, G.; Pfutzner, A. 1997. Adaptation cardiaque et capacités d'endurance chez les triathletes. *1er Symposium international de l'entrainement en triathlon*. París.
  - Bernadot, D. 2006. Nutrición para el deportista de alto nivel. Evaluacion de la Composicion Corporal. primera edición en castellano. Barcelona, España.
  - Berry MJ et al. (1994). A Comparison between aero and standard racing handlebars during prolonged exercise. *International Journal of Sports Medicine*; 15:16-20

□

□

Bilgin. 2016. Effects of body composition on race time in triathletes. *Anthropologist*, 23: 406-413.

Bispo MS, Veloso MC, Pinheiro HL, De Oliveira RF, Reis JO, De Andrade JB. 2002. Simultaneous determination of caffeine, theobromine, and theophylline by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography Science* 40: 45-48.

- Bluche, P.F.; Callis, A.; Pagès, T.; Ibáñez, J. 1990. Análisis de algunos parámetros sanguíneos en la llegada de un triatlón de clase A. *Apunts Medicina de L'Esport* 23: 97-102.

- Bonsignore, M. R. 1998. Ventilation and entrainment of breathing during cycling and running in triathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, 239-245.

- Bosch A.N. 1990. Physiological differences between black and white runners during a treadmill marathon. *European Journal of Applied Physiology* 61:68-

72

- Bowers, R.W.; Fox, E.L. 1995. Procesos de recuperación. *Fisiología del Deporte* 5: 88-93.

- Brouns, F. 1995. Aspectos de la deshidratación y la rehidratación en la práctica del deporte. En: *Necesidades nutricionales de los atletas*. 1ª Ed. Barcelona: Paidotribo. Pp. 67-86.

- Burke L, Deakin V, editors. *Clinical Sports Nutrition*. Sydney, Australia: McGraw-Hill; 2006.

- Burke, L.M. 2001. Nutritional needs for exercise in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 128:

735-748.

□

□

- Burker, L.M., Hawley, J.A. 2006. Fat and carbohydrate for exercise. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 9, 478-481.
- Butts, N. K.; Henry, B. A.; Mclean, D. 1991. Correlations between VO<sub>2</sub>max and performance times of recreational triathletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 31: 339-344.
- Cabañas Armesilla, M<sup>ª</sup>D.; Herrero de Lucas, A.; Martínez Riaza, L.; Moreno Pascual, C.; Porta Manzañido, J.; Sillero Quintana, M.; Sirvent Belando, J.E. 2009. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte* 26: 166-179.
- Cabañas MD, Esparza F. 2009. *Compendio de Cineantropometría*. Madrid: CTO Editorial.
- Cairns, S. P. 2006. Lactic acid and exercise performance. culprit or friend? *Sports Medicine* 36: 279-291.
- Canda et al., 2012. Composición corporal y somatotipo. En: Canda AS editores. Variables antropométricas de la población deportista española. Madrid: FSC; p. 129-84.
- Cannell, J.J.; Hollis, B.W.; Sorenson, M.B.; Taft, T.N.; Anderson, J.J.B. 2009. Athletic performance and vitamin D. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41, 1102–1110.
- Carmona, J.F. 2017. todo triatlón: De 0:00 a finisher. Ed. Paidotribo.
- Carter JEL, Heath BH. 1990. Somatotyping development and applications. Cambridge: Cambridge University Press.
- Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RU, Rich BSE, Roberts WO, Stone JA. 2000. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training* 35:

□

□

212-224.

- Caubet, M.S.; Elbast, W.; Dubuc, M.C.; Brazier, JL. 2002. Analysis of urinary caffeine metabolites by HPLC-DAD: the use of metabolic ratios to assess CYP1A2 enzyme activity. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*

27: 261-270.

- Ceglia, L.; Harris, S.S. 2013. Vitamin D and its role in skeletal muscle. *Calcified Tissue International* 92, 151–162
- Cejuela Anta, R.; Pérez Turpin, J.A, Villa Vicente, J.G.; Cortell Tormo, J.M., Rodríguez Marroyo, J.A. 2007. Análisis de los factores de rendimiento en triatlón distancia sprint. *Journal of Human Sport and Exercise* 2: 1-25.

Cejuela R. 2008. Análisis antropométrico: aplicación al rendimiento deportivo. *Sport Training Magazine*; 16:32-25.

Cejuela R. 2009. Valoración antropométrica: el somatotipo. *Sport Training Magazine*; 48-51.

- Cejuela Anta, R., Pérez Turpin, J. A., Villa Vicente, J. G., Cortell Tormo, J. M.,

Rodríguez Marroyo, J. A. 2007. Analisis de los factores de rendimiento en triathlon distancia sprint. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2: 1699-1605.

- Cheuvront, S.N.; Haymes, E.M.; Sawka, M.N. 2002. Comparison of sweat loss estimates for women during prolonged high - intensity running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34: 1344-1350.

- Clarke ND, Richardson DL, Thie J, Taylor R. 2018. Coffee Ingestion Enhances 1-Mile Running Race Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018 jul.

10;13(6):789-794.

- Cohen J. 1977. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*.

□

□

- Conway, K.J.; Orr, R.; Stannard, S.R. 2003. Effect of a divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. *Journal of Applied Physiology* 94:1557-1562.
- Cordain, L.; Kopriva, R. 1991, body density and swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, 25: 31-33.
- Dave, B., Dave, A., Kotecha, N., Oates, M. 2016. Anthropometric profiling of New Zealand junior elite triathletes. *Electronic Physician* 8: 2586.
- Davis, J.M; Zhao, Z; Stock, M. S. 2003. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Physio.Regul. Intear. Como. Physiol* Feb 2003. 284(2) R. 399-404.
- Davis, J.A. 1985. Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 17: 6-18.
- De Bosscher, V.; De Knop, P. 2002. The influence of sports policies on international success: An international comparative study. Paper presented at the Sport for All and Elite Sport: Rivals or partners? 9th World Sport for All Congress, Ahrnem (Ned).

□

□

- Del Coso, J., Hamouti, N., Ortega, J. F., Mora-Rodriguez, R. 2010. Aerobic fitness determines whole-body fat oxidation rate resting exercise in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 35: 741-748.
- Denadai, B. S., Balikian, J. P. 1995. Relação entre limiar anaeróbico e "performance" no short triathlon. *Revista Paulista de Educação Física*, 9: 9-15.
- Desbrow B Leveritt M. 2006. Awareness and use of caffeine by athletes competing at the 2005 ironman triathlon world championships. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*; 16:545-558.
  - De-Vito et al. 1995. Decrease of endurance performance during olympic triathlon. *International Journal of Sports Medicine* 16:24-28.
  - dos Anjos, M. A. B., Fernandes Filho, J., da Silva Novaes, J. 2003. Características antropométricas, dermatoglíficas y fisiológica del atleta de triatlón. *Fitness & Performance Journal* 2: 49-57.
  - Driskell J. 2006. Summary: Vitamins and trace elements in sports nutrition. In: Driskell J, Wolinsky I, editors. *Sports Nutrition. Vitamins and Trace Elements*. New York (NY): CRC/Taylor & Francis; p. 323-31.
  - Eddy, N.M., Downs, A.W. 1928. Tolerance and cross-tolerance in the human subject to the diuretic effect of caffeine, theobromine and theophylline. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 33: 167-174.
  - Ehrler, W. 1994. *Triatlón: técnica, táctica y entrenamiento*. Paidotribo, Barcelona.
  - Esparza, F. 1993. (Ed). *Manual de cineantropometría*. GREC-FEMEDE. Pamplona.
  - Falk, B.; Burstein, R.; Rosenblum, J.; Shaprio, Y.; Zylber-Katz, E.; Bashan, N. 1990. Effects of caffeine ingestion on body fluid balance and thermoregulation during exercise. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 68: 889-892.

□

□

- FAO, 2014. FAO/INFOODS Databases, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). International Network of Food Data Systems (INFOODS): International food composition table/database directory
- Faulkner, J.A. 1968. Physiology of swimming and diving. En: Falls H. *Exercise physiology*. Baltimore. Academic Press.
- Fernández Paneque, S.; Ramón Alvero Cruz. J. 2006. La producción científica en cineantropometría: datos de referencia de composición corporal y somatotipo. *Archivos de Medicina del Deporte* 23: 17-35.
- Fernández. 2014. Rendimiento deportivo en el triatlón. Modalidad ironman. Estrategias para una correcta planificación del entrenamiento, recomendaciones nutricionales y estrategias psicológicas. Universidad Politécnica de Madrid INEF.
- Fiala, K.A.; Casa, D.J.; Roti, M.W. 2004. Rehydration with a caffeinated beverage during the nonexercise periods of 3 consecutive days of 2-a-day practices. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 14: 419-429.
- Food and Nutrition Board Institute of Medicine 1998. Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6 Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. Washington, DC. National Academy Press.
- Food and Nutrition Board Institute of Medicine. 2000. Dietary Reference Intakes for vitamin c, vitamin e, selenium and carotenoides. Washington, DC. National Academy Press
- Gaskill, S. E., Walker, A. J., Serfass, R. A., Bouchard, C., Gagnon, J., Rao, D. C., Leon, A. S. 2001. Changes in ventilatory threshold with exercise training in a sedentary population: the HERITAGE Family Study. *International Journal of Sports Medicine* 22: 586-592.



□

□

- Gil Fraguas, L., Guitiérrez, J., Sánchez, F. 2000. Manual técnico de triatlón. Madrid: Gymnos.
- González Iturri, JJ. 1999. *Valoración Funcional del Deportista: aspectos biomédicos y funcionales*. Colección Monografías FEMEDE N°6. Madrid: Ed. Federacion Española de Medicina del Deporte.  
González-Alonso, J.; Heaps, C.L.; Coyle, E.F. 1992. Rehydration after exercise with common beverages and water. *International Journal Sports Medicine* 13: 399-406.  
Goulet, E.D.B.; Rousseau, S.F.; Lamboley, C.R.H.; Plante, G.E.; Dionne, I.J. 2008. Pre-exercise hyperhydration delays dehydration and improves endurance capacity during 2 h of cycling in a temperate climate. *Journal of Physiological Anthropology* 27: 263-271.
- Grandjean, A.C.; Reimers, K.J.; Bannick, K.E.; Haven, M.C. 2000. The effect of caffeinated, non-caffeinated, caloric and non-caloric beverages on hydration. *Journal of the American College of Nutrition* 19: 591-600.
- Gutiérrez, F.; Hernández, M.; Canda, A.; González De La Vega, C.; López-Illescas, A.; Silvio, R. 1991. Estudio comparativo de composición corporal y somatotipo en triatletas. *Archivos de Medicina del Deporte* 8: 35.
- Halliday, T.M.; Peterson, N.J.; Thomas, J.J.; Kleppinger, K.; Hollis, B.W.; Larson-Meyer, D.E. 2010. Vitamin D estatus relative to diet, lifestyle, injury and illness in college athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 42, 335–343.
- Hamilton, B.; Grantham, J.; Racinais, S.; Hakim, C. 2009. Vitamin D deficiency is endemic in Middle Eastern sportsman. *Public Health Nutrition*, 10, 1528–1534.
- Hausswirth C, Lehénaff D, Dréano P, Savonen K. 1999. Effects of cycling alone or in a sheltered position on subsequent running performance during a triathlon. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31:599-604.

□

□

- HEATH, B, H, & CARTER, J. L. 1967. A modified somatotype method. *Am. J. Phys. Anthropol.* 27: 57-74.
- Hew-Butler, T.; Verbalis, J.G.; Noakes, T.D. 2006. Updated fluids recommendation: position statement from the International Marathon Medical Directors Association (IMMDA). *Clinical Journal of Sport Medicine* 16: 283-292.
- Holick, M.F. 2008. Vitamin D: A D-lightful health perspective. *Nutrition Reviews* 66, 182–194.
- Hopkins, W. G. 2000. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30, 1-15
- Hue, O.; Le Gallais, D.; Chollet, D., Préfaut, C. 2000. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 25, 102-113.
- Hunt, J.E, 2017. Toward an Alternative to the Virtual Museum Concept: Collective Memory and the Search for an Inclusive approach to digital Triathlon history Making. *Journal of Sport History*. Vol 44, No2, pp.287-305.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2000. Dietary Reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Washington, DC. National Academy Press.
- Institute of Medicine. 2005. Dietary Reference Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients). Washington, DC. National Academy Press.
- ISAK.,2001. Internacional Standards for Anthropometric Assessment.  
International Society for the Advancement of kinanthropometry 2001.
- ITU, Unión Internacional de Triatlón. Listado del 1 de diciembre de 2007 al 1 de febrero de 2019.
- Jara.; Pizarro. 2016. Determinación del somatotipo del triatlonista azuayo en deportistas de 14-16 años de la federación deportiva del Azuay. Universidad

□

□

de Cuenca. Facultad de filosofía, letras y ciencias de la educación. Carrera de cultura física.

- Jeukendrup, A.E., Jentjens, R.L., Moseley, L. (2005). Sports Nutritional considerations in triathlon. *Med.* 35(2),163-81.
- Kandel, M., Baeyens, J. P., Clarys, P. 2014. Somatotype, training and performance in Ironman athletes. *European Journal of Sport Science* 14: 301-308.
- Kanno P, Rabelo M, Ferreira de Melo G, Giavoni A. 2009. Dieta ideal versus desempenho esportivo: un estudo sobre los estereótipos nutricionales aplicados por triatletas. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* 11:444-448.
- Kimber, N. E., Ross, J. J., Mason, S. L., Speedy, D. B. 2002. Energy balance during an ironman triathlon in male and female triathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*; 12:47-62.
- Knechtle, Beat; Nikolaidis, Pantelis T.; Rosemann, Thomas; Rüst, Christoph A. 2016. Der Ironman-Triathlon. *Praxis* (16618157). 6/22/2016, Vol. 105 Issue 13, p761-773. 13p.
- Knchtle et al. 2011. A comparison of anthropometric and training characteristics of Ironman triathletes and Triple Iron ultra-triathletes. ISSN: 0264-0414 (Print) 1466-447X (Online) Journal homepage: <http://shapeamerica.tandfonline.com/loi/rjsp20>.
- Knechtle et al. 2007. Cycling and Running Performance, Not Anthropometric Factors, are Associated with Race Performance in a Triple Iron Triathlon. Pages 257-269.
- Knechtle et al. 2008. Effect of a multistage ultra-endurance triathlon on body composition: World Challenge Deca Iron Triathlon. *British Journal of Sports Medicine*, 42 (2), 121-125.

□

□

- Kohrt, W.M.; Morgan, D.W.; Bates, B.; Skinner, J.S. 1987. Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19: 51-55.
- Kory, K.; Seabourne, T. 1999. Power pacing for indoor cycling. Champaign. IL: Human Kinetics.
- Kovacs, E.M.R.; Stegen, J.H.C.H.; Brouns, F. 1998. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *Journal of Applied Physiology* 85: 709-715.
- Kreider, R.; Boone, T.; Thompson, W.; Burkes, S.; Cortes, C. 1988. Cardiovascular and thermal responses of triathlon performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20: 385-390.
- Lago. 2002. "El modelo de formación del triatleta del siglo XXI", *Educación Física y Deportes* (revista digital), año 8, núm. 49 (junio).

□

Landers et al. 2013. Kinanthropometric differences between 1997 world championship junior elite and 2011 national junior triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 16. 444-449.

- Landers, G.J.; Blanksby, B.A.; Ackland T.R.; Smith. D.A. 1999. Kinanthropometric differences between World Championship senior and junior elite triathletes. Proceedings from the Gatorade International Triathlon

Science II Conference. Disponible en:

[http://www.trainingsmartonline.com/images/maxolympic\\_triathlon\\_training.pdf#page=74](http://www.trainingsmartonline.com/images/maxolympic_triathlon_training.pdf#page=74). pp. 74-87.

- Lappe, J.; Cullen, D.; Haynatzki, G.; Recker, R.; Ahlf, R.; Thompson, K. 2008. Calcium and vitamin D supplementation decreased incidence of stress fractures in female navy recruits. *Journal of Bone and Mineral Research* 23, 741–749. [
- Laursen, P.; Rhodes, E.C. 2001. Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon. *Sports Medicine* 31: 195-209.
- Laursen, P.B.; Rhodes, E.C.; Langill, R.H. 2000. The effects of 3000-m swimming on subsequent 3-h cycling performance: implications for ultraendurance triathletes. *European Journal of Applied Physiology* 3: 28-33.
- Laursen. 2011. Long distance triathlon: demands, preparation and performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 247–263.
- Legaz, A. Eston, R. 2005. Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *British Journal of Sports Medicine*, 39: 851–856.
- Lentini, N.A.; Gris, G.M., Cardey, M.L., Aquilino, G., Dolce, P.A. 2004. Estudio somatotípico en deportistas de alto rendimiento de Argentina. *Archivos de Medicina del Deporte* 21: 497-509.
- Linderman, J.K.; Laubach, L.L. 2004. Energy balance during 24 hours of treadmill running. *Journal of Exercise Physiology* 7: 37-44.

- Lizarraga et al. 2010. Alimentación y deporte: tendencias actuales, tecnología, innovación y pedagogía. Madrid, España: Editorial IM&C.
- Lorraine-Lichtenstein, E.; Albert, J.; Hjelmqvist, H. 2010. Water is a dangerous poison... Two cases of hyponatremia associated with spinning and extensive fluid intake. *Clinical Journal of Sport Medicine* 20: 193-199.
- Lukaski HC. 2004. Vitamin and mineral estatus: effects on physical performance. *Nutrition* 20:632-44.
- Lukaski HC. Vitamin and mineral estatus: effects on physical performance. *Nutrition*. 2004; 20: 632-44
- Mandel, H.G. 2002. Update on caffeine consumption, disposition and action. *Food and Chemical Toxicology* 40: 1231-1234.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter JEL. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa: International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2006.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter JEL. 2006. *ISAK Accreditation Handbook*: ISAK.
- Marques AC, Jesus AA, Giglio BM, Marini AC, Lobo PCB, Mota JF, Pimentel GD. 2018. Acute Caffeinated Coffee Consumption Does not Improve Time Trial Performance in an 800 -m Run: A Randomized, Double-Blind, Crossover, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*. May 23;10(6).
- Martínez-Sanz et al. 2012. Estudio de la composición corporal en deportistas masculinos universitarios de diferentes disciplinas deportivas. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia (España) ISSN edición impresa: 1578-8423 ISSN edición web (<http://revistas.um.es/cpd>): 1989-5879.
- Martínez-Sanz et al. 2013. Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte, *European Journal of Human movement*. 2013;30,37-52.

- Mathews, D. K.; FOX, E. L. 1979. Bases fisiológicas da educação física e dos desportos. 2. ed. Rio de Janeiro: Iteramericana.
- Maughan, R.J.; Griffin J. 2003. Caffeine ingestion and fluid balance: a review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 16: 411-420.
- Maughan, R.J.; Owen, J.H.; Shirreffs, S.M.; Leiper, J.B. 1994. Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *European Journal of Applied Physiology* 69: 209-215.

Mayol Soto, M.L.; Aragón Vargas, F.A. 2002. Rehidratación post - ejercicio con diferentes tipos de bebidas: agua pura, bebida deportiva y agua de Jamaica.

*Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud* 2: 41-54.

- Micheletti A, Rossi R, Rufini S. 2001. Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Medicine*; 31:577-82.
  - Millard-Stafford, M.L.; Cureton, K.J.; Wingo, J.E.; Trilk, J.; Warren, G.L.; Buyckx, M. 2007. Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 17: 163-177.
  - Millet et al. 2000. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *British Journal of Sports Medicine* 34: 388-390.
  - Miura, H.; Kitagawa, K.; Ishiko, T. 1999. Characteristic feature of oxygen cost at simulated laboratory triathlon test in trained triathletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 39: 101-106.
  - Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. 2016. Ingestas diarias recomendadas de energía y nutrientes para la población española En: Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, SA).
- 18ª edición.
- Navarro, M., Ruíz, J. 1996. *Planificación del entrenamiento deportivo*.

Madrid, España: Ed. Gymnos.

- Neto. C; Glaner. M. 2007. Equação de Faulkner para predizer a gordura corporal: o fim de um mito. *Revista Brasileira de Cineantropometria y Desempenho Humano*. ISSN 1900-0037.
- Nieman et al. 2004. Vitamin E and immunity after the Kona triathlon world championship. *Med Sci Sports Exerc* 36:1328–1335.
- Noakes. 1998. Fluid and electrolyte disturbances in heat illness. *Int. J. Sports Med.* 19 (suppl 2): S146-S149.
- Norton K, Olds T. 2000. *Anthropometria*. Sydney, University of New South Wales;2000:122,3.

Norton K, Olds T. 1996 (eds). *Anthropometrica*. Sydney, Australia: UNW Press.



- O'Toole et al. 1988. Hemolysis during triathlon races; Its relation to race distance. *Med. Sci. Sport Exerc.* 20: 272-275.
- O'Toole, M. L.; Douglas, W.; Hiller, B.; Crosby, L.O.; Douglas, P.S. 1987. The ultraendurance triathlete: a physiological profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19: 45-50.
- Ogan D; Pritchett K. 2013. Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. *Nutrients* 5: 1856-1868;
- Opliger, R.A.; Bartok, C. 2002. Hydration testing of athletes. *Sports Medicine* 32: 959-971.
- Palacios Gil-Antuñano, N.; Franco Bonafonte, L.; Manonelles Marqueta, P.; Manuz González, B.; Villegas García, J.A. 2008. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte* 25: 245-258.
- Panusa A.; Petrucci R.; Lavecchia R.; Zorro A. 2017. UHPLC-PDA-ESI-TOF/MS metabolic profiling and antioxidant capacity of arabica and robusta coffee silverskin: Antioxidants vs phytotoxins. *Food Res Int.* 2017 Sep;99(Pt 1):155-165.
- Parnell, R. W. 1954. Somatotyping by physical anthropometry. *Am. J. Phys. Anthropol.* 12: 209-39.
- Pons et al. 2015. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes. Datos de referenciar del CAR de Sant Cugat, 1989-2013. *Apunts Medicine de l'Esport.* 50(186):65-72.
- Potgieter et al. 2011. Body composition, dietary intake and supplement use among triathletes residing in the Western Cape. *SAJSM*; 23:74-9.
- Rivera Cisneros A.E.; Sánchez González, J.M.; Escalante, J.; Caballero Lambert, O. 2008. Utilidad de la densidad urinaria en la evaluación del rendimiento físico. *Revista Mexicana de Patología Clínica* 55: 239-253

- Roaldstad, M. 1989. Physiologic testing of the ultraendurance triathlete. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21: 200-204.
- Robergs, R.A.; Chwalbinska-Moneta, J.; Mitchell, J.B.; Pascoe, D.D.; Hourmard, J.; Cosstill, D.L. 1990. Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *International Journal Sports Medicine* 11: 446-451.
- Rossi. L.; Tirapegui. J. 2011. Avaliação antropométrica segmentar comparativa de triatletas e maratonistas. *O Mundo da Saúde, São Paulo*;35(4):422-426.
- Roti, M.W.; Casa, D.J.; Pumerantz, A.C.; Watson, G.; Judelson, D.A.; Dias, J.C.; Ruffin, K.; Armstrong, L.E. 2006. Thermoregulatory responses to exercise in the heat: Chronic caffeine intake has no effect. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 77: 124-129.
- Sahlin K, Katz A. 1990. Tricarboxylic acid cycle intermediates in human muscle during prolonged exercise. *American Journal of Physiology*; 259: C834-41.
- Schneider et al. 1990. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22(2):257-64.
- Schepper, B. 2002. *The iron man triathlon*. Ed The Rosen Publishing Group.
- Scott, R.J.; Palmer, J.; Lewis, I.A.; Pleasance S. 1999. Determination of a 'GW cocktail' of cytochrome P450 probe substrates and their metabolites in plasma and urine using automated solid phase extraction and fast gradient liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 13: 2305-2319.
- Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) (2011). *Objeti*
- SENC. 2011. *Nutricionales para la Población Española. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición.*
- Shirreffs, S. M. y Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(suppl 1), 39-46.

- Skinner, T.L et al. 2014. Factors influencing serum caffeine concentrations following caffeine ingestion. *Journal of Science and Medicine in Sport* 17: 516-520.
- Sleivert G.G.; Wenger H.A. (1993). *Physiological predictors of short-course triathlon performance*. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25(7):871-6.
- Sleivert, G.G.; Rowlands, D.S. 1996. Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Medicine* 22: 8-18.
- Storlie, D.M.; Pritchett, K.; Pritchett, R.; Cashman, L. 12-Week vitamin D supplementation trial does not significantly influence seasonal 25(OH)D status in male collegiate athletes. *Int. J. Health Nutr.* 2011, 2, 8–13.
- Sumner EE, Whitacre J. Some factors affecting accuracy in the collection of data on the growth of weight in school children. *J. Nutr.* 1931; 4: 15-33.
- Travis, D et al. 2016 *Nutrición y Rendimiento Deportivo*. publiCe.
- Takanami Y, Iwane H, Kawai Y, Shimomitsu T. Vitamin E supplementation and endurance exercise: are there benefits? *Sports Med.* 2000;29: 73-83
- Terrados Cepeda, N. 1991. Utilización de tests de campo para la valoración de la transición aerobia-anaerobia. En López Chicharro, J.; Legido Arce, J.C. (Eds.) *Umbral anaeróbico: Bases fisiológicas y aplicación*. Ed. Interamericana-McGraw-Hill. Pp.115-136.
- Townsend M, A.;1995. Performance in component sports of triathlon events as function of ability, age, and gender. *Perceptual and Motor Skills*, p. 274.
- Van Thuyne, W.; Roels, K.; Delbeke. F.T. 2005. Distribution of caffeine levels in urine in different sports in relation to doping control. *International Journal Sports Medicine* 26: 714-718.
- Ventura, R.; Jiménez, C.; Closas, N.; Segura, J.; De la Torre, R. 2003. Stability studies of selected doping agents in urine: caffeine. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* 795: 167-177.
- Vodlozerov, V. 2016. The planning of training process in triathlon. ISSN (English ed. Online) 2311-6374 2016, № 2(52), c. 92-96.

- Volpe S. Vitamins, minerals and exercise. In: Dunford M, editor. Sports Nutrition: A Practice Manual for Professionals. Chicago (IL): American Dietetic Association; 2006. p. 61-3.
- Wemple, R.D.; Lamb, D.R.; Mc Keever, K.H. 1997. Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise. *International Journal Sports Medicine* 18: 40-46.
- Weston et al. 1997. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 75: 7-13.
- Wickham, K.A.; Spriet. L.L.; 2018. Administration of Caffeine in Alternate Forms. *Sports Med.* Mar;48(Suppl 1):79-91. doi: 10.1007/s40279-017-0848-2.
- Willis, K.S.; Smith, D.T.; Broughton, K.S.; Larson-Meyer, D.E. 2012. Vitamin D status and biomarkers of inflammation in runners. *Open Access Journal of Sports Medicine.*, 3, 35–42.
- Woolf K, Manore MM. 2006. B-vitamins and exercise: does exercise alter requirements? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*;16:453-84.
- Yin, O.Q.; Lam, S.S.; Lo, C.M. 2004. Rapid determination of five probe drugs and their metabolites in human plasma and urine by liquid chromatography/tandem mass spectrometry: application to cytochrome P450 phenotyping studies. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18: 2921-2933.
- Yoshida et al. 1987. Blood lactate parameters related to aerobics capacity and endurance performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*; 56:7-11.
- Yuhasz, M.S. 1974. Physical Fitness Manual. London Ontario, University of Western Ontario.
- Zampagni M. L. et al. 2008. Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers. *J. Strength Cond. Res.* 22:1298-1307.
- Zhou, S.; Robson, S. J.; King, M.J.; Davie A. J. 1997. Correlations between short-course triathlon performance and physiological variables determined

in laboratory cycle and treadmill tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 37: 122-130.