Universidad de La Laguna

Facultad de Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fisioterapia

Análisis de la dieta consumida por corredores de larga distancia canarios para la optimización de su rendimiento físico durante las 24 horas previas a una prueba

Assessment of the diet consumed by canary long-distance runners to optimize their physical performance for 24 hours prior to a race

---

F. Jesús Rodríguez Rodríguez

Curso 2015/2016 - Julio

Universidad de La Laguna

Facultad de Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fisioterapia

Análisis de la dieta consumida por corredores de larga distancia canarios para la optimización de su rendimiento físico durante las 24 horas previas a una prueba

Assessment of the diet consumed by canary long-distance runners to optimize their physical performance for 24 hours prior to a race

---

F. Jesús Rodríguez Rodríguez

Curso 2015/2016 - Julio

AUTORIZACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Centro:	Facultad de Ciencias de la Salud – Sección de Enfermería y Fisioterapia
Titulación:	Grado en Fisioterapia

DATOS ALUMNO/A:

Apellidos: Rodríguez Rodríguez Nombre: Francisco Jesús

DNI / Pasaporte: 42223851-Z Dirección: C/Rector José Carlos Alberto Bethencourt nº13 vvda 13

C. Postal: 38320 Localidad: San Cristóbal de La Laguna Provincia: Santa Cruz de Tenerife

Teléfono: 690-072-654 E-mail: jesus_n_san@hotmail.com

TÍTULO DE TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Análisis de la dieta consumida por corredores de larga distancia canarios para la optimización de su rendimiento físico durante las 24 horas previas a una prueba.

LOS/LAS TUTORES/AS

Apellidos: Rodríguez Ferrer **Nombre: Carmen Rosa**

AUTORIZACIÓN DEL /DE LOS TUTORES/AS

Dª CARMEN ROSA RODRÍGUEZ FERRER, profesora del Departamento de BIOQUÍMICA, MICROBIOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA de la Facultad de BIOLOGÍA del CAMPUS DE ANCHIETA, **AUTORIZA** a D F. JESÚS RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ a presentar la propuesta de **TRABAJO FIN DE GRADO,** que será defendida en el Campus de Ciencias de la Salud (Sección de Fisioterapia) de la Universidad de La Laguna.

San Cristóbal de La Laguna, a 7 de julio de 2016.

LOS/LAS TUTORES/AS

Fdo.: Carmen Rosa Rguez. Ferrer

RESUMEN

Objetivo: Este estudio se ha llevado a cabo con el propósito de analizar la dieta consumida por corredores de larga distancia canarios durante las 24 horas previas a la realización de una carrera. El objetivo principal del trabajo es corroborar si el aporte nutricional de los alimentos ingeridos es el óptimo para el desempeño de esta modalidad deportiva, así como concienciar de la importancia de seguir una alimentación apropiada en función de los requerimientos específicos para los deportistas de resistencia.

Materiales y métodos: para la recogida de datos, 33 corredores cumplimentaron una encuesta alimentaria vía online donde registraron las cantidades y los tipos de alimentos que tomaban durante las 24 horas que englobaba el estudio. Posteriormente, se examinaron los resultados obtenidos a través del software Nutrisol 1.0 y se equipararon los mismos con las recomendaciones estandarizadas para las necesidades nutritivas y energéticas de estos corredores.

Resultados: los resultados para cada uno de los parámetros medidos en el análisis nutricional fueron: energía 2876,21 ± 483,25 Kcal/24h; hidratos de carbono 427,77 ± 144,03 gramos/24h; proteínas 124,09 ± 35,62 gramos/24h; y lípidos 83,68 ± 34,29 gramos/24h. Asimismo, cabe destacar que también se cuantificaron las ingestas de agua, colesterol, vitaminas, minerales y ácidos grasos por separado.

Conclusiones: al comparar los datos obtenidos con las recomendaciones se evidenció un correcto aporte energético general y una adecuada ingesta de hidratos de carbono. No obstante, los consumos de proteínas y de lípidos fueron excesivamente elevados. Por otro lado, también se descubrieron pequeños desajustes en el aporte de colesterol, de vitaminas y de minerales.

Palabras clave: nutrición, dieta, hidratos de carbono, corredores y rendimiento físico.

ABSTRACT

Objective: It has been conducted this study with the purpose of analysing the diet consumed by canary long-distance runners for 24 hours prior to the carrying out of a race. The main objective consists of bearing out if the nutritional content of food eaten is optimal for the performance of this sport, as well as making them aware of the importance of following proper diet according to the specific requirements for endurance athletes.

Materials and methods: for data collection, 33 runners filled out a food survey via online where they recorded the amounts and the types of food that they ate for the 24 hours included in the study. Subsequently, it has been examined the results through Nutrisol 1.0 software and they were compared with standardized recommendations for the nutritional and energy needs of these runners.

Results: the results for each of the parameters measured in the nutritional analysis were: energy 2876,21 ± 483,25 Kcal/24h; carbohydrates 427,77 ± 144,03 grams/24h; proteins 124,09 ± 35,62 grams/24h; y lipids 83,68 ± 34,29 grams/24h. It should also be noted that it was quantified the intake of water, cholesterol, vitamins, minerals and fatty acids separately.

Conclusions: when the study compared the results obtained with the recommendations, it concluded a correct energy intake and an adequate intake of carbohydrates. Nevertheless, the protein and the lipid consumptions were excessively

elevated. On the other hand, small misalignments were also discovered in the intake of cholesterol, vitamins and minerals.

Key words: nutrition, diet, carbohydrates, runners and physical performance.

ÍNDICE

Objetivos 1

Marco teórico 2

1. Introducción 2
2. Características antropométricas de los corredores 4
3. Biomoléculas necesarias para el ejercicio físico 4
   3.1 Hidratos de carbono 5
   3.2 Lípidos 6
   3.3 Proteínas 8
   3.4 Micronutrientes: vitaminas y minerales 11
4. Termodinámica bioenergética 13
5. Metabolismo energético 14
   5.1 Vía anaeróbica aláctica o vía de los fosfágenos 15
   5.2 Vía anaeróbica láctica o glucólisis anaeróbica 16
   5.3 Vía oxidativa aeróbica 17
6. Tejido muscular 20
7. Hidratación 21
8. Equilibrio ácido-básico 23
9. Suplementación y ayudas ergogénicas 25

Materiales y métodos 27

Resultados y discusión 28

1. Datos generales de los participantes 28
2. Datos nutricionales de la ingestas 30
   2.1 Ingesta de agua 31
   2.2 Ingesta de proteínas 32
   2.3 Ingesta de hidratos de carbono 33
   2.4 Ingesta de lípidos 35
      a) Proporción de ácidos grasos 36
      b) Colesterol 38
   2.5 Aporte calórico 39
   2.6 Ingesta de vitaminas 40
   2.7 Ingesta de minerales 42
3. Comparación de los resultados con estudios similares 43

Conclusiones 45

Limitaciones del estudio 45

Conflicto de intereses 45

Referencias bibliográficas 46

Anexo 1: Encuesta nutricional en corredores de fondo canarios

OBJETIVOS

Este proyecto ha sido enfocado al estudio de la nutrición y del ejercicio físico con el propósito de establecer la relación que comparten ambos a la hora de optimizar el rendimiento de los corredores dedicados a la práctica de carreras de resistencia. Igualmente, cabe destacar que una correcta alimentación y la realización de ejercicio físico de forma regular se posicionan como pilares fundamentales para la mejora de la salud y de la calidad de vida tanto en personas físicamente activas como en sedentarios.

Por lo general, los deportes de fondo exigen llevar a cabo un régimen dietético estricto ya que las necesidades de energía son sumamente elevadas. De esta manera, si se desea mejorar el tiempo de carrera, evitar problemas asociados a malos hábitos alimentarios y disfrutar de una condición física apropiada, es necesario adecuar el consumo de los diferentes grupos de alimentos.

Por lo tanto, el presente estudio reúne una serie de objetivos a cometer:

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Bioquímica y Fisiología de la actividad física y el deporte, impartidas en el Grado de Fisioterapia de la Universidad de la Laguna
- Concienciar a esta comunidad atlética de la importancia de realizar una dieta ajustada a los requerimientos del ejercicio físico de resistencia
- Obtener datos acerca de las cantidades de nutrientes que los corredores de larga distancia de las Islas Canarias ingieren en su dieta durante las horas previas a una competición
- Relacionar los resultados conseguidos con las recomendaciones generales para la ingesta de nutrientes en este grupo de deportistas
- Comprobar si el aporte energético es correcto para el desempeño de una carrera de larga distancia

MARCO TEÓRICO

1. Introducción

Gracias a los grandes avances registrados durante los últimos años en áreas del conocimiento científico relacionadas con el deporte, tales como la fisiología, la biomecánica, la psicología deportiva o la fisioterapia, se han determinado estrategias de entrenamiento que conllevan metas y records cada vez más altos en todas y cada una de las modalidades deportivas existentes. Entre ellos, son los deportistas de resistencia, especialmente los corredores de larga distancia, uno de los colectivos que ha aprovechado este desarrollo para poder mejorar sus marcas poniendo en práctica dichas estrategias.

A día de hoy, las carreras de larga distancia a pie han tomado una considerable fama y popularidad entre deportistas amateurs, llevándolos cada vez más a menudo a poner a prueba su resistencia física en carreras populares.

No obstante, uno de los aspectos fundamentales de la práctica deportiva que se suele subestimar a la hora de la mejora del rendimiento físico es la nutrición. Tanto los corredores aficionados como los deportistas de élite, observarían un importante incremento en su rendimiento si siguieran una serie de pautas adecuadas a sus necesidades. Asimismo, se considera a los corredores no profesionales un grupo potencialmente de riesgo de seguir malos hábitos dietéticos, debido a la falta de conocimientos y de asesoramiento alimentario específico.

Se ha planteado este estudio con el objetivo de concienciar a los corredores acerca de la importancia de una correcta alimentación, la cual debe responder a las necesidades nutricionales propias del sexo, edad, condición de salud y condición físico-deportiva. Todo ello para satisfacer los requerimientos de energía y así poder llevar acabo la actividad deportiva preservando la salud y maximizando los resultados.

Una adecuada alimentación constituye, en primer lugar, una condición previa óptima para poder efectuar un esfuerzo físico de cierta intensidad y/o duración. En segundo lugar, trata de equilibrar la pérdida hidroeléctrica y energética durante el ejercicio físico mediante el aporte exógeno de nutrientes, tanto al inicio como a lo largo de la carrera. Esto contribuye a preservar el glucógeno muscular en esfuerzos continuos y prolongados. Y en tercer lugar, una correcta alimentación asegura una rápida y eficiente reposición de sustratos energéticos disminuidos durante el ejercicio y potencia los procesos anabólicos, lo que permite una adecuada recuperación. Además, permite poder realizar nuevas sesiones de entrenamiento o competición en las mejores condiciones.[1]

A tenor de lo comentado hasta ahora, la ingesta energética adecuada para el deportista es aquella que mantiene un peso corporal adecuado para el óptimo rendimiento y para la maximización de los efectos del entrenamiento. Para conocer las cantidades de alimentos y en qué proporciones deben ser suministrados los diferentes sustratos, se calcula el gasto energético según el tipo de actividad física que el atleta realice (GEAF) y su tasa metabólica en reposo. Así, para cuantificar dicho gasto calórico se usa el parámetro MET o equivalente metabólico, el cual es una estimación del número de calorías consumidas por minuto en una actividad concreta.[2]

Por ejemplo, si un corredor de 75 kg de peso realiza una maratón (42,195 km) corriendo a 9 millas/hora de media (actividad que supone 15 METs)[2] para la cual emplea 2h55min, su gasto calórico se podría estimar en:

$$MET = \frac{GEAF\ (Kcal)}{Kg * h}\ ;\ GEAF = MET * Kg * h = 15 * 75 * 2{,}91 = 3.273{,}75\ Kcal$$

El resultado de este cálculo sirve para dar una idea aproximada de la energía que se requiere para que una persona lleve a cabo una actividad concreta y así tener en consideración la ingesta requerida para ello.

A continuación se presenta la tabla 1, que hace referencia a cuántos METs supone correr a diferentes velocidades (expresadas en millas/hora).[2]

MET	Actividad
8.0	Correr 5mph (12 min/milla)
10.0	Correr 6mph (10 min/milla)
11.5	Correr 7mph (8.5 min/milla)
13.5	Correr 8mph (7.5 min/milla)
15	Correr 9mph (6.5 min/milla)
16	Correr 10mph (6 min/milla)
18	Correr 10.9mph (5.5 min/milla)

Tabla 1

De esta manera, para el cálculo del gasto energético diario hay que tener en cuenta una serie de componentes y factores[2], expresados en la tabla 2.

Componentes y factores del gasto energético en el deporte

		Factores
Gasto total de energía diaria	Composición corporal	- Masa corporal - Cantidad de masa muscular - Cantidad ósea - Otros tejidos: corazón, cerebro e hígado
	Crecimiento	Desarrollo muscular
	Tasa Metabólica Basal (TMB) (60-70%)	- Genética y hormonas - Edad - Sexo - Peso - Talla
	Ejercicio y Actividad Física Voluntaria (AFV)	- Tipo de ejercicio - Intensidad de ejercicio - Duración del ejercicio
	Actividad Física Espontánea (AFE)	- Genética - Activación hormonal (hormonas simpático-adrenales)
	Efecto Térmico de los Alimentos (ETA) (10-15%)	- Cantidad de alimento y macronutrientes (las proteínas tienen hasta un 30% de ETA).

Tabla 2

Debemos considerar que estos componentes varían de un individuo a otro, por lo que las necesidades energéticas son diferentes para cada modalidad deportiva y para cada individuo en función de ciertos factores personales.

2. Características antropométricas de los corredores

Desde que en el año 490 a.C. el soldado Filípides cubriese corriendo la distancia que separa la Llanura de Maratón de Atenas para llevar a su pueblo la noticia de la victoria sobre los Persas[3], el hombre se ha esmerado en llevar al límite las capacidades del cuerpo humano. Así, los Juegos Olímpicos, la mayor simpatización por el ejercicio físico en la población, la especificidad de las modalidades deportivas y el anhelo de adquirir una condición de salud óptima, han conseguido que cada vez más personas se aficionen a correr.

Sin embargo, se deben tener en cuenta las características morfofuncionales de los corredores de larga distancia para determinar cómo mejorar sus habilidades y uno de los medios más eficaces para ello se centra en adaptar la alimentación.

En vista de que la composición corporal influye en el rendimiento deportivo e incluso varía entre deportistas de una misma competición, el estudio de las características antropogénicas, morfológicas y funcionales del corredor resulta esencial para el mantenimiento de su nivel y de su competitividad.[4]

La antropometría es la ciencia que estudia las proporciones y las medidas del cuerpo humano, la cual, llevada a la práctica deportiva, permite diseñar un plan de intervención para modificar la composición corporal del corredor (tanto de masa grasa como de masa muscular) con el objetivo de bajar sus tiempos de carrera.

Así pues, todos los atletas, independientemente de su disciplina deportiva, deberían esforzarse por mejorar su relación fuerza-peso, con el fin de conseguir superar la resistencia asociada a su deporte.[5] En el caso de la modalidad deportiva de carreras de larga distancia, es bien sabido que a menor masa grasa, mayor ventaja energética debido a que el peso a impulsar es inferior. Dicho aspecto es contemplado por la antropometría, la cual no sólo se centra en los porcentajes grasos y musculares (entre otros) de los deportistas, sino también en cómo estimar la forma corporal a través de la cuantificación del predominio de formas geométricas en el cuerpo humano. Encontramos 3 parámetros mesurables: endomorfia (predominio de formas redondas), mesomorfia (predominio de formas cuadradas) y ectomorfia (predominio de formas alargadas).[6] Se asocia un alto valor ectomórfico con el somatotipo idóneo para la práctica deportiva en corredores de fondo.

Por tanto, cabe destacar algunos de los hallazgos más relevantes en este campo en relación con la antropometría de los mejores corredores de larga distancia. Por ejemplo, los resultados de Landers y col. muestran que la longitud de las extremidades inferiores y los bajos niveles de grasa corporal se asociaron favorablemente en su estudio con el tiempo de registro de atletas de élite.[4] Por su parte, Wilber y col. afirman que el éxito mundial alcanzado por los atletas keniatas o etíopes se puede atribuir a su somatotipo ectomórfico, así como la función biomecánica y la economía metabólica.[4]

3. Biomoléculas necesarias para el ejercicio físico

En este apartado se procederá a describir los biomoléculas requeridas para el correcto aporte energético de un corredor durante el desempeño de la actividad física. Dichos nutrientes se obtienen a través de la ingesta diaria de alimentos y se

pueden clasificar en macronutrientes (hidratos de carbono, lípidos y proteínas) y micronutrientes (vitaminas y minerales).

3.1 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono (HC), carbohidratos o glúcidos son uno de los principales macronutrientes, junto con los lípidos y las proteínas. Estas biomoléculas pueden clasificarse según su estructura en 3 grupos: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

La estructura de un monosacárido es la más simple de todas y consta de una cadena de entre tres y seis átomos de carbono, con un grupo carbonilo, que puede ser un aldehído o una cetona, e hidroxilos unidos en el resto de los carbonos.[7] La glucosa y la fructosa son dos de los monosacáridos más conocidos.

Por su parte, un disacárido es aquel hidrato de carbono formado por la unión de dos monosacáridos a través de un enlace O-glucosídico entre el cuarto carbono de una de las moléculas y el primer carbono de la otra.[7] Algunos de los más comunes son la lactosa, la sacarosa y la maltosa.

En tercer lugar, un polisacárido se constituye a través de la unión lineal o ramificada de varios monosacáridos. Asimismo, los dos polisacáridos más importantes son el almidón (de origen vegetal) y el glucógeno. Éste último se considera de vital importancia para la obtención de energía en el cuerpo humano.[7]

Los hidratos de carbono comparten funciones muy variadas, como por ejemplo servir de intermediarios en reacciones químicas del metabolismo. Sin embargo, el papel más importante que desempeñan es actuar de reservas primarias de energía, dispuestas a ser usadas en el momento en el que sean solicitadas. En el caso del cuerpo humano, el glucógeno (polisacárido formado por la unión de muchas moléculas de glucosa) es el encargado de almacenar en el hígado y en el músculo estriado la energía necesaria para ciertas actividades.[7]

Por tanto, no es de extrañar que los almacenes de glucógeno muscular sean más altos en los corredores de larga distancia entrenados (alrededor de 130 mmol/kg) que en personas sedentarias o que practican deportes de menor duración.[1]

En cuanto a las necesidades de hidratos de carbono diarias en la dieta, existe un elevado consenso con respecto a que los deportistas deben consumir un alto contenido de los mismos, de manera que supongan un 55-65% de la ingesta calórica total.[2] Esto supone que el corredor deberá ingerir 5-7 gramos de HC por cada kilo de su peso corporal al día (g/kg al día) para reemplazar la pérdida provocada por el entrenamiento diario, pudiendo llegar incluso a aumentar este consumo hasta valores de 7-10 g/kg al día para necesidades incrementadas por entrenamientos de resistencia extremos o períodos competitivos.[1]

La mayoría de deportes se realizan a unas intensidades relativamente elevadas (60-70% VO_2max), mientras que en los deportes de larga duración como este tipo de carreras, la intensidad resulta ser un tanto inferior (60-65% VO_2max). Esto determina que la fuente principal de obtención de energía durante la mayor parte de una prueba de larga duración sea la oxidación de los lípidos, aunque en función del recorrido (desniveles y cuestas), de la intensidad con la que se corra y del grado de entrenamiento del individuo, puede implicar la utilización de la glucólisis (oxidación de glucosa) y de la glucogenólisis (obtención de glucosa a partir de glucógeno) en diferente medida.[1] Así, según Ever Espino y col., las pruebas físicas que implican una intensidad mayor al 65% del VO_2max y una larga duración se caracterizan por

un descenso constante y paulatino de las concentraciones de glucógeno en los músculos activos debido a un requerimiento más apremiante de energía.[8]

De igual modo, parece demostrado que la manipulación dietética puede afectar al rendimiento del deportista, debido al restablecimiento rápido de reservas de glucógeno en el hígado y el músculo esquelético. Así, ya desde 1981, Costill publicó que para conseguir el mayor almacenamiento muscular y hepático de glucógeno, el corredor de fondo debía permanecer varios días antes de la competición en reposo deportivo, y tomar dos o tres días antes de la prueba una comida rica en carbohidratos. Con esta dieta conseguía una concentración de glucógeno de 100-150 mmol/kg en el músculo.[9]

Es digno de mención el hecho de que la ingesta de carbohidratos provoca una respuesta hormonal en el cuerpo debida al aumento de la glucemia (concentración de glucosa en sangre). Este mecanismo hormonal consiste en la segregación de insulina por parte del páncreas para convertir los nuevos suministros de glucosa en glucógeno y almacenarlo posteriormente en el hígado y el músculo esquelético.[10]

No obstante, hay ciertos alimentos que tienen más capacidad que otros para poner en marcha esta respuesta pancreática, en función de los hidratos de carbono que los formen. Esta propiedad se conoce como índice glucémico.[10] Una comida rica en carbohidratos de alto índice glucémico crearía una situación de superávit energético, de tal forma que el hígado transformaría la glucosa sobrante (una vez rellenas las reservas de glucógeno) en lípidos que se almacenarían en el tejido adiposo, si dicha glucosa no es utilizada para obtener energía.[5]

Los distintos regímenes destinados a incrementar las reservas de glucógeno deben tener en cuenta no sólo el contenido total en hidratos de carbono sino también el tipo utilizado en cada caso, dado que los efectos producidos por los diferentes tipos de hidratos de carbono varían en relación con la velocidad con que son digeridos y absorbidos lo que, a su vez, influye sobre los niveles de glucemia y la respuesta hormonal inducida.[9]

3.2 Lípidos

Los lípidos o más comúnmente denominados “grasas”, son otro de los macronutrientes esenciales en el aporte de energía para el cuerpo humano. Estas biomoléculas constituyen el grupo más heterogéneo de macronutrientes debido a su variabilidad en la estructura, en las propiedades y en las funciones que realizan. No obstante, se puede afirmar que todos los lípidos comparten una propiedad en común: la insolubilidad en agua debido a su perfil apolar (por lo que sí que son solubles en soluciones apolares).[11] No obstante, hay lípidos que se caracterizan por presentar un carácter anfipático, es decir, la presencia de una zona polar o hidrófila y otra zona apolar o hidrófoba dentro de la misma molécula; como es el caso de los fosfolípidos, por ejemplo.[7]

De forma general se podrían clasificar en dos grandes grupos: lípidos insaponificables y saponificables. Estos últimos se caracterizan por contar en su estructura con ácidos grasos, los cuales son moléculas orgánicas formadas por una cadena de hidrocarburos de entre 4 y 24 carbonos, que puede ser saturada o insaturada, y con un grupo carboxilo en el extremo. La saturación de la cadena carbonada depende de la presencia o no de dobles enlaces entre los carbonos, de manera que si existiera un doble enlace, el ácido graso contaría con una insaturación en dicha cadena.[7] Además, la longitud de la cadena carbonada de un ácido graso, junto con el grado de saturación, determinan sus propiedades físico-químicas y sus efectos metabólicos.[11]

Dentro de los lípidos saponificables, los triacilglicéridos son las moléculas que cuentan con una mayor relevancia para la nutrición debido a su gran capacidad para almacenar y aportar energía. Están formados por la esterificación (unión mediante enlaces éster) del glicerol con tres ácidos grasos, que pueden ser saturados o insaturados.[11]

Por otro lado, los ácidos grasos también se pueden encontrar en otros lípidos como las ceras y los fosfolípidos. Estos últimos realizan una función estructural primaria en las membranas de las células.[11]

En comparación con los hidratos de carbono, los lípidos surten al cuerpo de mucha más carga calórica (9 Kcal por cada gramo de lípidos frente a las 4 Kcal por gramo de hidratos de carbono).[7] Asimismo, los excedentes de grasas en los mamíferos son reservados en el tejido adiposo.[7]

Pese a que es preciso consumir grasas para asegurarse el aporte de ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles, no está recomendada una dieta excesivamente rica en lípidos. Las recomendaciones dietéticas de consumo de grasas para los deportistas son de un 20-35% de la ingesta calórica total (el 20% durante el periodo competitivo y el 35% sólo cuando la ingesta de ácidos grasos monoinsaturados sea superior a un 15-20%). La proporción ideal sería del 7-10% para grasas saturadas, 10% para poliinsaturadas y superior a 10-15% para grasas monoinsaturadas.[2]

Existe casi total unanimidad respecto al descenso de la concentración de triacilglicéridos en el torrente sanguíneo causado por el ejercicio físico, tanto en hombres como en mujeres. En la tabla 3 se muestran los valores de triacilglicéridos hallados por diferentes autores en varones practicantes de diversos deportes así como sus respectivos grupos control, formados por individuos sedentarios. De igual modo, también se pueden observar mayores cantidades de lipoproteínas de alta densidad (HDL) en los grupos de sujetos físicamente activos, las cuales se encargan de transportar el colesterol al hígado para su posterior eliminación y así evitar su acumulación en las paredes de los vasos sanguíneos.[11]

Autores	Deporte	Niveles sanguíneos	
		Triglicéridos (mg/dl)	HDL-c (mg/dl)
Wood y col. (43)	Controles	146.0	43.0
	Corredores	70.0	64.0
Nakamura y col. (44)	Controles	102.0	57.9
	Corredores recreacionales	103.0	71.4
Hartung y col. (45)	Controles	154.0	43.0
	Corredores recreacionales	105.0	58.0
	Maratón	77.0	64.0
Puzo y col. (46)	Controles	86.0	65.0
	Ciclistas	71.0	73.8
	Corredores	69.9	86.6
	Karatecas	69.6	62.0
Tsopanakis y col. (47)	Controles	87.0	47.5
	Luchadores	85.4	46.7
	Futbol	88.1	62.4
	Corredores	50.9	57.8
Cardoso y col. (48)	Controles	111.4	40.1
	Corredores	63.4	43.8
	Nadadores	82.1	50.5
	Remeros	86.2	43.0

Tabla 3

Se puede afirmar pues que son los corredores de larga distancia los que presentan los valores más bajos de triacilglicéridos plasmáticos. Además, dichos efectos producidos por la actividad física sobre los niveles de lípidos y lipoproteínas plasmáticas han sido objeto de estudio en diversos trabajos por su factor protector ante cardiopatías isquémicas.[11]

La explicación del descenso de los niveles de triacilglicéridos plasmáticos en deportistas radica en el efecto que tiene el ejercicio sobre la actividad de algunas enzimas catabólicas del músculo estriado y del hígado, las cuales favorecen el consumo de triacilglicéridos y la síntesis de lipoproteínas de alta densidad.[11]

No obstante la disminución de peso y grasa corporal que conlleva el ejercicio físico también podría ser un factor que influyera en el incremento de la actividad de enzimas catabólicas del tejido adiposo. Este hecho se puede constatar en atletas muy entrenados, como son los corredores de fondo y maratonianos, que por lo general son individuos muy delgados, y que por otra parte explicaría el porqué de los niveles más bajos de triacilglicéridos referidos anteriormente en corredores de ambos sexos, según los distintos trabajos consultados.[11]

En multitud de disciplinas deportivas se pueden encontrar confusiones a la hora de ingerir lípidos en la dieta debido a la incorrecta interpretación de la necesidad de disminuir de peso para mejorar el rendimiento, lo cual puede suponer un consumo insuficiente de energía a través de restricciones alimenticias y planificaciones dietéticas especiales. Asimismo, se considera de importancia mayúscula la concienciación de que aumentar de peso no supone siempre el aumento del tejido adiposo, ya que el músculo también tiene la capacidad de crecer gracias al ejercicio. Dicho músculo además, es mucho más denso que el tejido adiposo por lo que un aumento de peso igual para ambos, se representará con adquisiciones de volumen diferentes.

3.3 Proteínas

Las proteínas o péptidos son para los seres humanos uno de los macronutrientes esenciales que desempeñan una amplia variedad de funciones fisiológicas importantes: forman la base estructural del tejido muscular, son el principal componente de la mayoría de las enzimas musculares, son la base del sistema inmunitario y tienen un papel destacado en el rendimiento físico.[12]

La estructura más básica de las proteínas, la estructura primaria, se compone a partir de la unión de pequeños compuestos orgánicos denominados aminoácidos (AA). Cada una de estas moléculas consta de un grupo amino, un grupo ácido (carboxílico) y una cadena orgánica lateral, denominada radical, la cual varía de un aminoácido a otro.[7]

Los aminoácidos pueden ser usados, aparte de para la síntesis proteica, para la formación de glucosa a través de la gluconeogénesis, para ser oxidados hasta dióxido de carbono (CO_2), para ser utilizados para la formación de cetonas o para usarse en la síntesis de catecolaminas, purinas, pirimidinas, porfirinas y tiroxina.[13]

Según la composición y la estructura de la cadena lateral, las propiedades en la polaridad de cada uno de los AA pueden variar. De esta forma, se pueden clasificar en: apolares, polares sin carga, polares con carga positiva, y polares con carga negativa.[7] Asimismo, ocho de los 20 AA existentes no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano, de forma que tienen que ser adquiridos a través de la dieta. Son los denominados aminoácidos esenciales.[7]

La determinación del valor nutritivo o “calidad” de una proteína es útil para conocer la capacidad de satisfacer las necesidades de nitrógeno y aminoácidos del consumidor. El valor biológico representa la proporción de nitrógeno absorbido, el cual es retenido por el organismo para ser empleado como elemento de crecimiento o mantenimiento. Dicho valor biológico proteico está directamente relacionado con la "utilización neta proteica” (UNP), que permite conocer con exactitud el nitrógeno

aprovechado realmente. Así, la proteína de óptima calidad es la que tiene una UNP de valor 100.[13]

En la tabla 4 se expresa la proporción proteica y el valor biológico de algunos de los alimentos que son consumidos con frecuencia.[13]

Alimentos	Cantidad (g/100 g)	Calidad Valor Biológico %
Huevos de gallina	13	95
Leche de vaca	3.5	90
Pescado	18	75
Carne	20	75
Patata	2	70
Soja	35	70
Lentejas (secas)	4.9	65
Arroz blanco (seco)	7.1	60
Pan blanco	7	50
Guisantes (secos)	6	50

Tabla 4

Haciendo referencia a la ingesta de proteínas en la dieta, las cantidades que se consideran adecuadas para obtener un óptimo rendimiento deportivo ha sido tema de discusión entre los científicos y expertos que han profundizado en dicha investigación desde hace varias décadas. Esto quizás se deba al gran número de factores que hay que considerar a la hora de consumir proteínas, entre los que se encuentran: la composición de las mismas, la ingesta energética total, la intensidad y duración del ejercicio, el nivel de entrenamiento, la temperatura ambiente, el sexo y la edad.[1]

De forma general, se ha establecido que las recomendaciones dietéticas de proteínas oscilan entre 1,2 y 2 gramos por cada kg de peso por día (g/kg al día), debiendo proveer éstas el 10-15% de la ingesta calórica total.[1] Asimismo, se deben repartir a partes iguales entre proteínas de origen vegetal y proteínas de origen animal.[1]

En la tabla 5, que aparece a continuación, se expresan los valores recomendados en función de la modalidad deportiva que se practique.[2]

Grupo de colectivo	Cantidad de proteína necesaria (g/kg peso/día)
Recreativo	0.8-1
Físicamente activos	1.0-1.4
Entrenamiento de fuerza. mantenimiento	1.2-1.4
Entrenamiento de fuerza	1.6-1.8
Entrenamientos de resistencia	1.2-1.4
Adolescentes	1.5-2
Mujeres	15% por debajo de lo requerido en los deportistas varones
Ganancia de masa muscular	1.7-1.8 + Ingesta calórica positiva (400-500 kcal/ día. para ganar 0.5 kg de musculo/semana)

Tabla 5

Diversos autores han estudiado el régimen hiperproteico en deportistas de fondo y llegaron a la conclusión de que ingestas proteicas por encima de 1,4 g/kg al día, no mejoraban su rendimiento físico, establecido en función de su consumo máximo de oxígeno (VO_2max).[9]

Sin lugar a dudas, determinar la cantidad adecuada de proteínas y AA esenciales en la dieta en diferentes estados fisiológicos es de gran importancia para el colectivo

deportivo, ya que un déficit proteico produce una disminución de la capacidad de generar la máxima potencia muscular.

Sin embargo, en la actualidad un número importante de deportistas consumen cantidades demasiado elevadas de proteínas y aminoácidos en comparación con las recomendaciones antes descritas en detrimento de otros macronutrientes como los hidratos de carbono. El ejercicio de resistencia implica un gasto calórico notable, por lo que los deportistas que realizan este tipo de actividad consumen dietas con un contenido energético elevado, lo que puede suponer sobrepasar con facilidad las cantidades de proteínas recomendadas.[13]

En general, las proteínas no son consideradas como fuente energética durante la actividad física, ya que los hidratos de carbono y los lípidos desempeñan esta función. No obstante, en deportes de larga duración, cuando los depósitos de glucógeno se vacían y la grasa corporal no está totalmente biodisponible, se produce la proteólisis (degradación de proteínas) para la obtención de energía, bien por vía directa a nivel intramuscular (AA ramificados) o indirectamente formando glucógeno a través de AA glucogénicos (ciclo glucosa-alanina).[2]

A pesar de que el ciclo de la glucosa-alanina tiene la capacidad de abastecer al músculo de energía, la producción estimada de glucosa es baja (tan sólo 4 gramos de glucosa a la hora) mientras que la glucólisis anaeróbica cuenta con una tasa de liberación de 3 gramos por minuto.[12] Asimismo, diversos estudios demuestran que, durante la última fase de un ejercicio de larga duración, las concentraciones sanguíneas de alanina tienden a elevarse, debido probablemente a los procesos catabólicos de las proteínas del tejido muscular.[12]

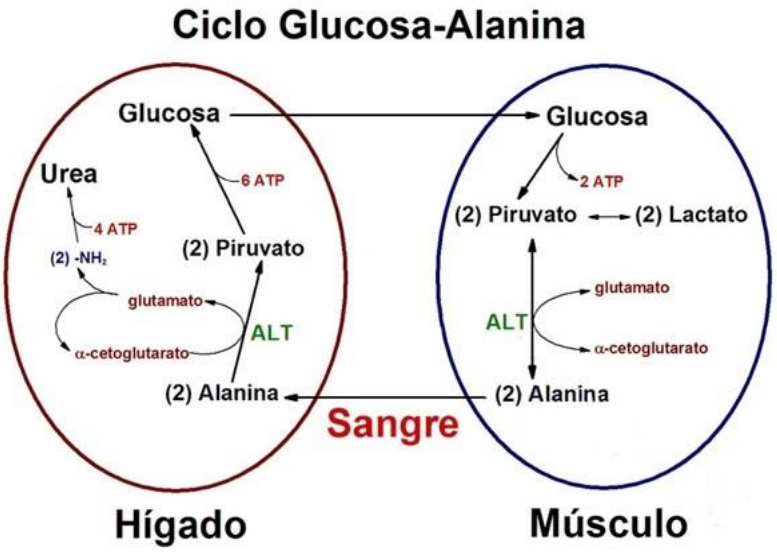


Imagen 1

El proceso de obtención de energía a través de AA durante carreras de larga distancia se facilita si se lleva a cabo una dieta cetogénica, es decir, un consumo bajo de hidratos de carbono y alto de lípidos y proteínas, sobre todo, si se adquiere la energía de AA ramificados procedentes del hígado.[12] Sin embargo, hay que señalar que para el tipo de trabajo físico que se lleva a cabo en carreras de resistencia, siempre es preferible el uso de hidratos de carbono y/o lípidos más que el empleo de proteínas para garantizar la realización de la prueba.

Equiparándolas con los hidratos de carbono, las proteínas tiene la capacidad de aportar al cuerpo humano 4 Kcal/gramo.[7] Aunque como ya se ha comentado, no suponen una fuente de energía de primera instancia para los corredores de larga distancia.

3.4 Micronutrientes: vitaminas y minerales

Las vitaminas son un grupo heterogéneo de moléculas de naturaleza química variada que por lo general, son necesarias para el organismo en una cantidad muy pequeña y que al no poder ser sintetizadas por el cuerpo humano, deben ser aportadas por la dieta. Así pues, tanto la carencia como el exceso de vitaminas pueden desencadenar una patología. Asimismo, existen dos grupos principales: las vitaminas liposolubles y las vitaminas hidrosolubles.[7]

Los minerales por su parte, son sustancias inorgánicas que también resultan de utilidad para el cuerpo humano. Al igual que las vitaminas, se consideran micronutrientes y son requeridos también en cantidades muy pequeñas.[7]

Los micronutrientes, tanto las vitaminas como los minerales, juegan un papel fundamental en la regulación de la actividad de muchas rutas metabólicas, como por ejemplo: la producción de energía, la síntesis de hemoglobina, el mantenimiento de la salud ósea, la función inmunológica, la protección contra el daño oxidativo, la síntesis y la reparación del tejido muscular durante la recuperación post-ejercicio, etc.[1-2]

El entrenamiento físico da lugar a un aumento de los requerimientos de micronutrientes cooperadores en el metabolismo energético, por una pérdida de estos. Los deportistas con mayor riesgo de déficit de micronutrientes son aquellos que restringen la ingesta de energía; quienes realizan severas prácticas dietéticas para perder peso, eliminando uno o varios grupos de alimentos de su dieta; o quienes consumen dietas con una alta cantidad de hidratos de carbono y baja densidad de micronutrientes.[2]

Sabiendo que los micronutrientes están inmersos en la mayoría de los procesos bioquímicos que sostienen la vida (respiración celular, reproducción del ADN, conservación de la integridad de las membranas celulares, detección y destrucción de radicales libres, etc.) se debe prestar especial atención a los deportistas que adoptan este tipo de comportamientos dietéticos ya que pueden ser candidatos para el uso de suplementación multivitamínica y mineral, evitando así el posible déficit de los mismos.[1-2]

En cuanto al consumo recomendado de este grupo de compuestos, se han establecido ingestas diarias de referencia (IDR) para personas sanas y en condiciones de actividad ligera. Asimismo, también se deben considerar otros parámetros como la ingesta adecuada (IA) y la ingesta tolerable (ILs), así como las consideraciones oportunas para la actividad física.[2]

En la siguiente tabla (6) se expresan pues, las cantidades diarias de referencia (IDR), tanto para hombres como para mujeres, y las ingestas tolerables (ILs) de las principales vitaminas y minerales.[2]

Necesidades de micronutrientes considerando la actividad física
en personas de 19-50 años

	H IDR	M IDR	ILs	Consideraciones para AF
VITAMINAS LIPOSOLUBLES				Pueden ser almacenadas en el tejido adiposo. Durante el periodo competitivo se puede permitir una disminución de su ingesta.
Vit A (µg)	1000	800		
Vit E (mg)	12	12		Investigación insuficiente. Existe evidencia de su utilidad cuando aumenta el daño oxidativo provocado por el ejercicio.
Vit D (µg)	5	5		
Vit K (µg)	120	120		
VITAMINAS HIDROSOLUBLES				No son almacenadas por el organismo. Deben consumirse diariamente.
Vit C (mg)	60	60		Efecto no demostrado. De interés como factor favorecedor de la absorción del hierro.
Tiamina (mg) Riboflavina (mg)	1.2 1.8	0.9 1.3-1.4		Efecto no demostrado. Se puede requerir de manera adicional en ciertos deportes.
Niacina (mg)	19-20	14-15		
Folato (µg)	400	400		
Vit B6 (mg)	1.8-2.1	1.6-1.7		Pequeños efectos.
Vit B12 (µg)	2	2		
Vit B9 Biotina (µg)	30	30		
Vit B5 (mg)	5	5		
Colina (mg)	550	550		Posibles efectos. La actividad vigorosa reduce su concentración en plasma y suplementarla puede prevenir esta reducción y mejorar moderadamente el rendimiento.
MINERALES				Destacan su utilidad en el deporte: hierro, zinc, calcio, sodio.
Fosforo (mg)	700-1200		4000	
Hierro (mg)	10-15	18-45		Requerimientos incrementados un 30-70% por encima de las IDR, especialmente en mujeres deportistas en la fase de menstruación.
Magnesio (mg)	350-400	330	350	Efecto no demostrado en corredores de maratón.
Zinc (mg)	11	8		40
Cobre (µg)	900	900		10000
Selenio (µg)	50-70	50-55		400
Iodo (µg)	140-145	110-115		1100

Molibdeno (µg)	45	45	2	
Calcio (mg)	800-1000		2500	Evidencia insuficiente. De interés por un posible déficit en la ingesta de los deportistas. Principal antagonista del hierro.
Flúor (mg)	4	3	10	
Cromo (µg)	35	25		
Manganeso (mg)	2.3	1.8		
Sodio (g)	1.5	1.5		Durante la actividad física es importante tomarla en las **bebidas isotónicas** en cantidades de 0,5-0,7 g/L. Post-ejercicio tomar entre 0,7-1 g/L, siendo bebidas ligeramente hipertónicas.
Potasio (mg)	3500			
Cloro (g)	2.3	2.3		

Tabla 6

4. Termodinámica bioenergética

La termodinámica bioenergética consiste en el estudio de la naturaleza y la función de los diferentes procesos químicos en los que se basan las transformaciones de energía que tienen lugar dentro de la célula.[14] Como ya se ha comentado previamente, esta energía procede de los nutrientes que ingerimos en la dieta y en el caso de la alimentación en atletas o personas que realicen actividad física de forma regular, el planteamiento de estrategias nutricionales brinda la posibilidad de optimizar la composición corporal y el rendimiento.

Según la perspectiva macroeconómica tradicional de la termodinámica bioenergética: una ingesta de 24 horas que sea igual al gasto energético de esas mismas 24 horas, dará como resultado un equilibrio energético perfecto y por lo tanto, se mantendrá estable el peso corporal. De igual modo, este punto de vista postula que si este balance energético es positivo (se ingiere más energía de la que se gasta), el peso aumentará por una excedencia en el almacén de energía. Y por el contrario, un equilibrio energético negativo (ingerir menos energía de la utilizada), exige que la diferencia se obtenga de los tejidos corporales, produciendo una disminución de peso.[5]

Algunos autores consideran esta perspectiva un tanto simplista y durante los últimos años se ha desarrollado otra teoría más completa. La perspectiva microeconómica de la termodinámica afirma que: el equilibrio energético en los seres humanos es complejo, involucra muchos elementos en el lado de “ingesta de energía” de la ecuación, como el tamaño y la frecuencia de las comidas, la calidad de la dieta y la absorción neta de los alimentos ingeridos. El otro lado de la ecuación, el gasto de energía, también debe considerar varios elementos como la calidad de la dieta, el metabolismo, la actividad física, la frecuencia de las comidas y el efecto termogénico de los alimentos.[5]

Por ejemplo, algunas de las nuevas tendencias en la dieta responsables del aumento de la población obesa incluyen porciones de alimentos más grandes, consumo de comidas rápidas con grasas escondidas y disminución de la frecuencia de las comidas.[5]

Luego de considerar todos estos factores, se debe tener también en cuenta el impacto del sistema endocrino, es decir, la acción de compuestos como la insulina, la grelina, la leptina y el péptido YY. Estos mecanismos de retroalimentación del

equilibrio energético dificultan la alteración del peso simplemente por los cambios en el suministro o en el gasto energético, pues el sistema está diseñado para intentar mantener al cuerpo en un peso estable.[5]

Dichos mecanismos se centran en la obtención de energía para poder realizar las diferentes funciones del cuerpo. Esta energía representa la capacidad que tiene un sistema para producir un trabajo (medido en julios) y en el contexto del cuerpo humano, se cuantifica en calorías.[15]

Una caloría se define como la cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua desde los 14,5ºC hasta los 15,5ºC, es decir, producir una elevación de 1ºC. Aunque es más frecuente manejar cantidades mayores de energía, por lo que se emplean las kilocalorías (Kcal), cuya equivalencia en julios se cifra en: 1 Kcal = 4185,5 J.[15]

Como ya se ha comentado anteriormente, cada nutriente tiene establecidas unas cantidades recomendadas para ser ingeridas a diario de forma que la suma de todas ellas (proteínas, hidratos de carbono y lípidos) debe aportar las kcal suficientes para la vida y en este caso, para el correcto desempeño de una carrera de larga distancia.

Cada deportista ajustará el aporte de energía aumentando o disminuyendo las cantidades ingeridas según sus necesidades individuales, recomendándose en términos generales, la ingesta de 45-50 kcal por cada kg de peso corporal al día para los deportistas que entrenen durante más de 75-90 minutos al día; pudiendo llegar a alcanzar unas 6000/7000 kcal/día cuando se han de realizar duros entrenamientos o competiciones.[1]

No obstante, en aquellos deportes donde el bajo peso corporal puede condicionar el éxito del deportista (gimnasia rítmica, gimnasia deportiva, patinaje artístico, etc.) se producen fuertes restricciones energéticas, poco controladas por los entrenadores y/o equipo técnico. Así, se han encontrado ingestas de 28,5 ± 5,6 Kcal por kg de peso corporal al día, en 20 gimnastas del equipo nacional italiano de gimnasia rítmica, a las que se sumaban déficit de minerales (calcio, hierro y zinc), lo que ponía en peligro su rendimiento y su salud.[1]

5. Metabolismo energético

Se define “metabolismo” como el conjunto de reacciones químicas y procesos energéticos que tienen lugar en las células de un organismo. Estos complejos procesos interrelacionados son la base de la vida y permiten la realización de todos y cada uno de los mecanismos responsables de la misma, tales como: crecer, reproducirse, alimentarse, etc.

Por consiguiente, estas agrupaciones de reacciones químicas suelen estructurarse de forma sucesiva, relacionada y acoplada, estableciendo así lo que se conoce como: rutas metabólicas.

En general, un organismo dispone de dos tipos de rutas metabólicas: las catabólicas y las anabólicas. El catabolismo es el metabolismo consistente en la degradación de biomoléculas para obtener energía mientras que el anabolismo constituye el metabolismo de síntesis o fabricación de moléculas más grandes a partir de otras más pequeñas, gastando energía en el proceso. Además, estos dos tipos de metabolismo están relacionados directamente ya que la energía que se obtiene del catabolismo sirve para la concepción de nuevas moléculas a través del anabolismo; así como las moléculas que se construyen en el anabolismo pueden

degradarse más tarde en moléculas de menor tamaño y así ofrecer energía para otros procesos.

Toda esta energía se reserva y se manipula a través de un compuesto que tiene el papel de actuar como moneda de cambio energética en las diferentes reacciones químicas de la célula. Dicho compuesto es el ATP (Adenosin trifosfato), un nucleótido cuyos enlaces entre grupos fosfato (P) son lo suficientemente potentes como para liberar al romperse, una energía considerable y útil.[7]

En la siguiente imagen se observa la estructura química del ATP.

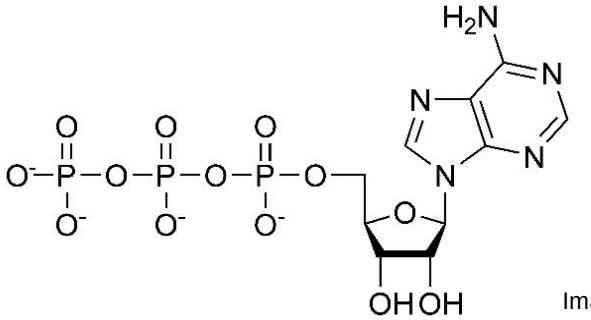


Imagen 2

En el metabolismo se puede establecer otra diferenciación entre rutas en función de la necesidad o no de oxígeno para ser realizadas, de forma que se dan rutas aeróbicas (en presencia de O_2) y anaeróbicas (sin necesidad de O_2). Es por este concepto por el cual se distinguen también dos tipos de ejercicio físico: cuando más del 50% de la energía necesaria para la contracción muscular procede de rutas catabólicas que requieren O_2 para llevarse a cabo, la actividad física se considera aeróbica; mientras que si dicha energía proviene en más de un 50% de vías metabólicas que se realizan sin emplear O_2, el trabajo muscular se considera anaeróbico.[16]

De modo que las rutas catabólicas de obtención de energía pueden ser tanto aeróbicas como anaeróbicas en función de la intensidad con la que se corra, lo que determina las cantidades de energía necesarias, la premura de dichas necesidades y la biodisponibilidad de los sustratos. De tal forma que un atleta de 100 metros lisos no usará las mismas vías catabólicas que un corredor de fondo.

Así pues, existen 3 vías metabólicas principales del catabolismo para la obtención de ATP en el músculo estriado durante la realización del ejercicio físico:

5.1 Vía anaeróbica aláctica o vía de los fosfágenos

Esta cadena de reacciones químicas centra la obtención de energía a partir del ATP libre en el citoplasma. Constituye una vía extremadamente rápida para el abastecimiento de energía al músculo y además, al ser anaeróbica, se produce en condiciones de ausencia de O_2. No obstante, su actividad es breve.[16]

Cuando el ATP libera energía (rompiendo el enlace entre el tercer y el segundo grupo fosfato de su estructura), se transforma en un compuesto de menor carga energética, el ADP (Adenosin difosfato). ATP↔ADP+P. No obstante, otros compuestos presentes en el citoplasma celular tienen la capacidad de reconvertir este ADP en ATP a través de la transferencia de un grupo fosfato (P); éste es el caso de la fosfocreatina (PCr). De esta forma, el ATP y la PCr mantienen una retroalimentación que permite la contracción muscular durante los primeros segundos de una actividad física de intensidad máxima o submáxima.[16]

Sin embargo, este suministro de energía no es infinito ya que las cantidades de ATP de reserva citoplasmático y de fosfocreatina son limitadas y se agotan en los

primeros instantes del ejercicio intenso, de modo que a partir de los 6 segundos se ponen en funcionamiento otras rutas metabólicas.[17] Es por esto por lo que las carreras atléticas explosivas a intensidades altas (como las pruebas de 100m, 400m o 1500m) no se pueden mantener haciendo uso exclusivamente de la vía de los fosfágenos.

Finalmente, una vez cede la demanda de energía por parte de la fibra muscular, la PCr y el ATP son regenerados por la célula durante la fase de recuperación del ejercicio.[16]

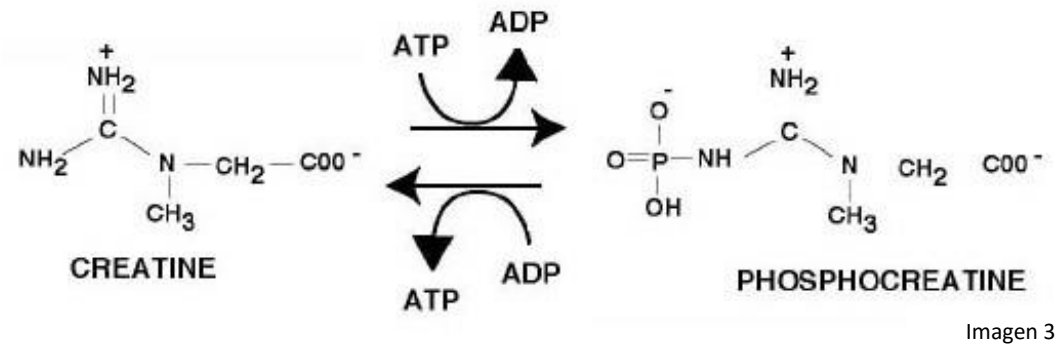


Imagen 3

Varios autores coinciden en que los suplementos con creatina deben indicarse en deportes con un componente explosivo, donde existe un trabajo muscular de gran intensidad en un corto espacio de tiempo, y para entrenamientos dirigidos a la hipertrofia muscular. No obstante, en deportes de resistencia aeróbica, puede tener un efecto perjudicial debido a una mayor retención de líquidos, lo que genera un aumento del peso total sin aportar un beneficio añadido al rendimiento.[12]

5.2 Vía anaeróbica láctica o glucólisis anaeróbica

La glucólisis es el proceso de catabolismo de una molécula de glucosa, el cual da como resultado energía y dos moléculas de piruvato. Este piruvato puede continuar su proceso de degradación para proseguir ofreciendo una fuente energética a través de dos rutas metabólicas: la vía oxidativa aeróbica o la fermentación láctica.[7]

En el caso de condiciones anaeróbicas en las que ya se han agotado las reservas de ATP citoplasmático y de PCr debido a un trabajo muscular de intensidad elevada, el piruvato se convertirá en lactato para seguir produciendo energía.[7]

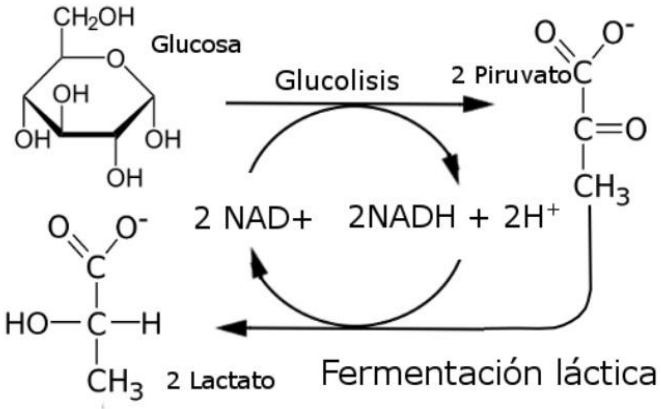


Imagen 4

Es digno de mención que el lactato obtenido en la fermentación láctica, no es un producto metabólico de desecho ya que puede ser empleado por otros tejidos, como el músculo en reposo o el hígado, para resintetizar a través de vías anabólicas

(gluconeogénesis hepática) glucosa que emplear más adelante.[16] Esta relación entre la glucosa y el lactato se denomina Ciclo de Cori.

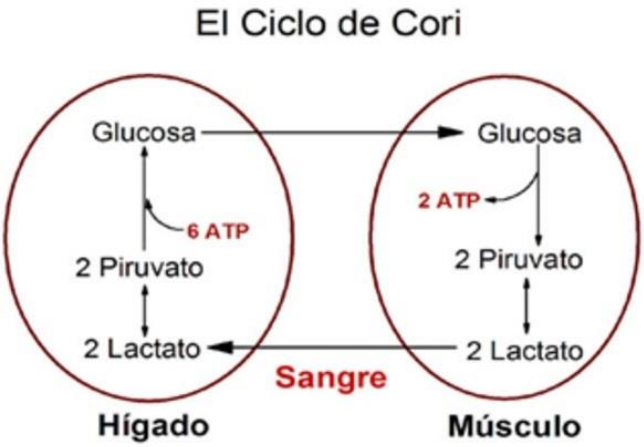


Imagen 5

Cabe destacar que la glucólisis anaeróbica en relación a la glucólisis oxidativa aeróbica, genera menor cantidad de ATP pero de forma más rápida; lo que permite mantener un trabajo muscular de intensidad elevada en ausencia de oxígeno hasta el primer minuto aproximadamente desde el inicio del ejercicio (teniendo en cuenta los 6 primeros segundos de trabajo de la vía de los fosfágenos).[17] Aunque algunos autores sostienen que esta vía metabólica puede mantenerse en funcionamiento hasta el minuto y medio desde el comienzo de un ejercicio a intensidad máxima.[18]

En cuanto a la disponibilidad de sustratos, la glucosa que se emplea al inicio de la carrera, se encuentra contenida dentro del glucógeno muscular. No obstante a medida que se va agotando dicha reserva, se comienza a movilizar la glucosa del glucógeno hepático. Por su parte, la incorporación de la glucosa sanguínea por parte del músculo supone otra de las fuentes de glucosa para el mismo y dicha incorporación es proporcional al esfuerzo realizado.[19]

Se estima que las reservas de glucosa en todo el cuerpo oscilan entre las 1500-2000 Kcal. De forma que la glucosa sanguínea dispone sólo de 50 Kcal mientras que el resto se almacena entre el glucógeno muscular y el glucógeno hepático. Éste último se calcula que puede proporcionar 250-300 Kcal.[1]

5.3 Vía oxidativa aeróbica

La ruta oxidativa aeróbica engloba el catabolismo de hidratos de carbono y lípidos (y proteínas, en condiciones especiales) en presencia de O_2. Dicha ruta es de gran interés para el colectivo de corredores de larga distancia debido a que es su fuente principal de energía durante el desempeño de una prueba.

Según Terrados y Leibar[20], dentro del catabolismo aeróbico hay que considerar dos tipos de fuentes metabólicas, cuyo desarrollo y mejora están relacionadas con el entrenamiento:

- Glucólisis aeróbica: se considera glucólisis aeróbica al proceso completo de oxidación de una molécula de glucosa. Al contrario de lo que ocurría en la glucólisis anaeróbica, donde no se obtenía el máximo potencial energía, en el caso de esta ruta sí que se sintetiza todo el ATP posible a partir de la glucosa. Como ya se comentó previamente, los piruvatos obtenidos a partir de la glucosa tienen dos destinos principales: la fermentación láctica o la vía aeróbica. En este caso, las condiciones aeróbicas suscitan que el complejo

enzimático piruvato-deshidrogenasa modifique al piruvato para que éste pueda continuar su camino por la vía aeróbica dentro de la mitocondria celular.[7]

- Lipólisis: el término hace referencia a la degradación de los lípidos saponificables para que las cadenas carbonadas o ácidos grasos resultantes provean de energía al músculo durante el ejercicio. Una vez los ácidos grasos entran en la matriz mitocondrial, se pone en marcha la β-oxidación (esquema inferior), que es la ruta catabólica donde se degradan los mismos.[7]

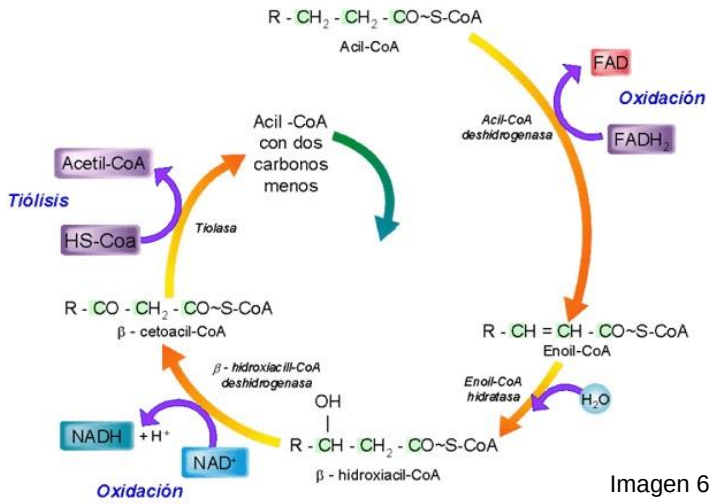


Imagen 6

Tanto el piruvato proveniente de la glucólisis como el de los ácidos grasos, terminará creando un compuesto denominado Acetil-CoA, con el cual comienza lo que se conoce como respiración celular, que tiene lugar dentro de la mitocondria. Este proceso está constituido por varias reacciones químicas separadas en dos rutas: el ciclo de Krebs (también denominado ciclo del ácido cítrico) y la fosforilación oxidativa, con las cuales termina el proceso de obtención de energía en condiciones aeróbicas.[7]

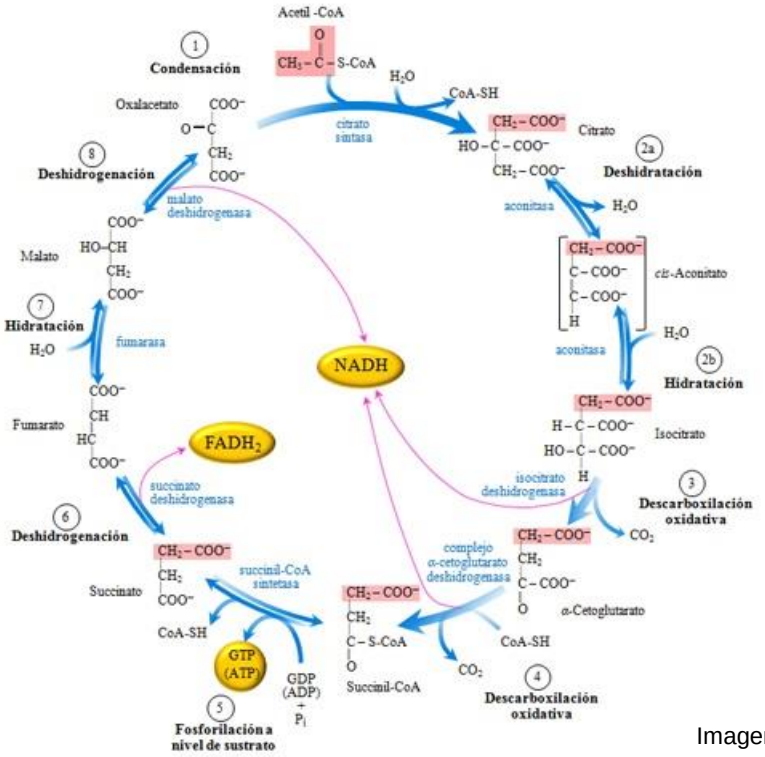


Imagen 7

Los lípidos y los hidratos de carbono se combinan para aportar energía al músculo durante una carrera de fondo, ya que el corredor completa prácticamente la totalidad de la prueba haciendo uso exclusivamente de vías aeróbicas.[20]

La proporción relativa en la que los lípidos y los hidratos de carbono actúan como suministros, según Terrados y Leibar, depende de: la intensidad del ejercicio, su duración, el nivel de entrenamiento aeróbico del individuo, la disponibilidad de los sustratos, la actividad de las enzimas reguladoras, sus hábitos dietéticos, la ingesta de HC antes y durante el ejercicio, la edad y el sexo.[20] No obstante, los lípidos suministran la mayor parte de la energía en estado de reposo y en largos períodos de trabajo submáximo.[19]

Asimismo, es necesario una adecuada y racional utilización de estos sustratos energéticos con el objetivo del optimizar el ahorro de energía. Así pues, los estudios al respecto postulan que un entrenamiento orientado a favorecer el empleo de lípidos y consecuentemente, el ahorro de hidratos de carbono, juega un papel muy destacado en el rendimiento del corredor.[20]

Para poder cuantificar la intensidad con la que corre un deportista de larga distancia se emplea la capacidad aeróbica máxima o lo que es lo mismo, el % del volumen de oxígeno que es empleado por las vías aeróbicas para formar ATP (VO_2max). Cabe destacar que si el corredor sobrepasa la intensidad correspondiente al 100% de VO_2max, significará que está alcanzando una velocidad en la que la ruta aeróbica no es lo suficientemente rápida como para formar el ATP necesario y comenzarán a actuar las vías anaeróbicas con el propósito de mantener la actividad muscular. Este punto se denomina Umbral Anaeróbico.

De esta forma, si el corredor consigue aumentar el umbral anaeróbico, sus marcas se verán favorecidas debido a la posibilidad de aumentar de velocidad sin abandonar el catabolismo aeróbico. Por otro lado, también se verá retrasado el momento en el que se produce un aumento de la concentración del lactato en sangre, con lo que se evitará la interferencia negativa que éste tiene en la utilización de lípidos.

Valores altos de lactato por culpa de un aumento en el uso de la glucólisis anaeróbica láctica, conllevan un peligro para el desempeño de una carrera de larga distancia ya que suponen un importante agotamiento de las reservas de glucógeno, así como la imposibilidad de hacer uso de los lípidos para el abastecimiento energético.[20]

El rango máximo de síntesis de energía a partir de grasas sólo puede proveer ATP para mantener un esfuerzo a intensidades entre 55-75% del VO_2max, dependiendo del nivel de entrenamiento aeróbico del individuo; mientras que el metabolismo oxidativo de los hidratos de carbono podría mantener un ejercicio a intensidades del 100% del VO_2max, tanto en personas entrenadas como no entrenadas.[20]

A pesar de que en el metabolismo oxidativo por cada molécula de glucosa se obtiene menos energía de la que se extrae de cada ácido graso (5,6 moles de ATP por cada mol de O_2 frente a los 106 moles de ATP por cada mol de O_2, respectivamente), los hidratos de carbono suponen una fuente de obtención de energía más rápida que los lípidos debido a que, al ser compuestos de menor tamaño, hacen falta menos reacciones para su completa degradación.[1-7]

Como ya se ha establecido antes, la cantidad de ATP sintetizado a partir de una molécula de glucosa es diferente según el tipo de ruta metabólica que se emplee. De forma que la productividad de la glucosa se desglosa en:

- Glucólisis anaeróbica: 2 ATP por cada glucosa.[21]
- Oxidación aeróbica completa: 32-33 ATP por cada glucosa (dependiendo de si se produce en el músculo o en el hígado, respectivamente).[21]

De esta forma, la vía oxidativa aeróbica, aunque sea un proceso más lento que la ruta anaeróbica láctica, supone una mayor fuente de ATP en comparación.

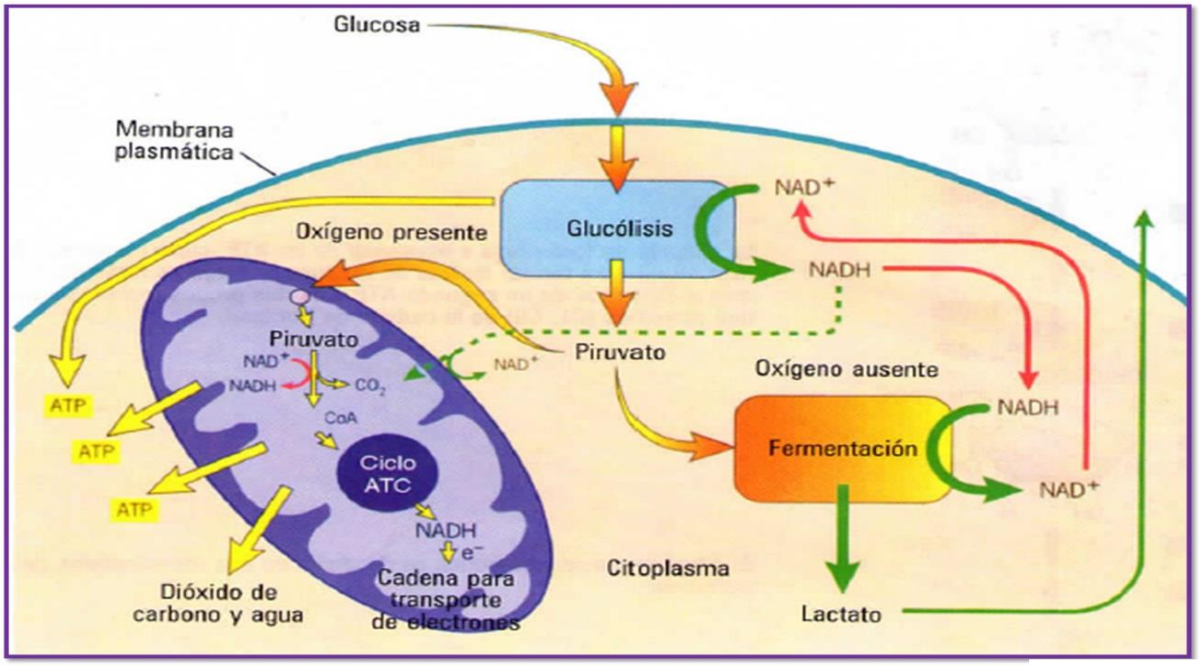


Imagen 8

6. Tejido muscular

El tejido muscular estriado está formado por una agrupación de células especializadas cuya función consiste en el sustento y la movilización del esqueleto humano. Dicho tejido cuenta con una capacidad contráctil, a través de la cual se puede establecer una clasificación en: fibras de contracción rápida (CR) y fibras de contracción lenta (CL). Asimismo, las fibras CR se sub-clasifican a su vez en fibras de contracción rápida a, b y c.[16]

Cabe destacar que las fibras CL (también denominadas Tipo I), obtienen su energía a partir de un metabolismo lento basado en la oxidación aeróbica de hidratos de carbono y lípidos (principalmente); mientras que las fibras CR (también denominadas Tipo II), se caracterizan por abastecerse energéticamente a partir de un metabolismo glucolítico, de tal forma que las fibras CRa usan la oxidación aeróbica de la glucosa mientras que las fibras CRb emplean vías anaeróbicas lácticas. Las fibras CRc son raramente reclutadas para el trabajo muscular.[16]

Por consiguiente, el grado de reclutamiento de unas fibras u otras dependerá del nivel de fuerza exigido por el músculo (es decir, del tipo de modalidad que realice el atleta) así como del grado de agotamiento de los combustibles metabólicos.[22]

La velocidad también supone un factor con una influencia de peso a la hora de elegir la contracción de una fibra o de otra. Las fibras CR, como su propio nombre indica, poseen la capacidad de realizar trabajos más velozmente debido a que las rutas metabólicas anaeróbicas que emplean son más breves que las vías oxidativas de las fibras CL. Por lo tanto, éstas se asocian más a deportes con un componente explosivo como es el caso de los velocistas.

En la siguiente tabla se esquematizan las propiedades de estas fibras.[16-22]

Características	Fibras CL (Tipo I)	Fibras CRa (Tipo IIa)	Fibras CRb (Tipo IIb)
Capacidad aeróbica	Alta	Moderada	Baja
Capacidad anaeróbica	Baja	Moderada	Alta
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Tolerancia a la fatiga	Alta	Moderada	Baja
Fortaleza de la unidad motora	Baja	Alta	Alta
Niveles de mioglobina	Altos	Altos	Bajos
Color	Rojas	Rojas	Blancas
Volumen	Pequeño	Mediano	Grande

Tabla 7

En relación a los niveles de mioglobina, la cual es responsable del transporte de O_2 en el músculo, se observan valores más elevados en fibras que trabajan en condiciones aeróbicas, como es el caso de las fibras CL y CRa.[16] De igual modo, este tipo de fibras también cuentan con un mayor número de mitocondrias que las fibras anaeróbicas debido a su necesidad para llevar a cabo procesos como la fosforilación oxidativa y el ciclo de Krebs.[16]

La distribución de las fibras en los músculos esqueléticos suele repartirse de forma que el 50% son fibras CL, el 25% fibras CRa, el 22-24% fibras CRb y el restante 1-3% fibras CRc.[22] De esta forma, no es de extrañar que los corredores de larga distancia cuenten con un predominio considerable de fibras CL y CRa en su musculatura debido a su mayor capacidad aeróbica.

Por ejemplo, se ha documentado que en las extremidades inferiores de los corredores de élite de larga distancia (concretamente en el músculo gastrocnemio), el porcentaje de fibras CL se estima en el 90%, pudiendo llegar a valores del 93-99% en campeones mundiales de maratón.[22]

7. Hidratación

El organismo humano sano permanece siempre en un estado de hidratación correcto y con un volumen de líquidos relativamente constante, los cuales se mantienen continuamente en movimiento debido a los procesos de intercambio de fluidos que llevan a cabo los tejidos corporales con el ambiente exterior. Este conjunto de fenómenos de autorregulación destinados al mantenimiento de una relativa constancia en la composición y en las propiedades del medio interno, se designa como “homeostasis”.[7] Así, dicho proceso es esencial para la vida, para el mantenimiento de la salud e imprescindible para una buena economía hídrica durante el ejercicio.

Igual de importante que el agua es su composición, siendo los electrolitos fundamentales para la regulación homeostática. Estas moléculas se disocian en estado acuoso formando aniones y cationes, con diferentes funciones como[2]:

1. Mantenimiento de la osmolaridad (sodio, cloro, etc.)
2. Excitabilidad celular (potasio, cloro, sodio, etc.)

3. Función endocrina (yodo)
4. Acción antioxidante (cobre, selenio, manganeso, etc.)
5. Función inmunológica (zinc, etc.)
6. Función enzimática (calcio, magnesio, zinc, cromo, molibdeno, etc.)
7. Transporte de O_2 (hierro)
8. Coagulación sanguínea (calcio)
9. Transmisión del potencial de acción (calcio)
10. Metabolismo óseo y dental (calcio, fósforo, magnesio, flúor, etc.)
11. Mantenimiento del equilibrio ácido-base (CO_3H^-, fósforo, sodio, cloro, NH_4^+, etc.)

Resulta fundamental considerar que cualquier tipo de actividad físico-deportiva conlleva una eliminación de cierta cantidad de agua y electrolitos, y que van a darse necesidades específicas que dependerán de múltiples factores. Por lo tanto, se han establecido unas cantidades diarias recomendadas, siendo adecuada la toma de 2 litros de agua al día (unos 8 vasos) en una persona adulta sedentaria, mientras que como norma general, las necesidades hídricas en deportistas activos superan los 3 litros por día.[2] Asimismo, otros consensos proponen 1 ml de agua por Kcal ingerida; o 30-45 ml por cada kg de peso al día.[2]

Dichos requerimientos de líquido oscilarán en función del tipo de modalidad deportiva, de los factores ambientales, de las características y la duración de la prueba, así como de las condiciones fisiológicas individuales; de tal forma que se deberá tener en cuenta la realización de un protocolo de hidratación adecuado, utilizando una bebido idónea para cubrir las necesidades hídricas antes, durante y después de un entrenamiento y/o evento.[2]

Al disputar una carrera de larga distancia, el trabajo muscular necesario produce un consumo de energía que se acompaña de una liberación de calor, el cual precisa ser disipado rápidamente para evitar repercusiones dañinas en los órganos internos.

Esta energía térmica es pues transferida desde el centro corporal a la superficie de la piel a través de una serie de ajustes fisiológicos que determinan la producción del sudor. De esta forma, la sudoración es el mecanismo encargado de la regulación de la temperatura corporal y su funcionamiento está condicionado por una serie de propiedades biofísicas como la temperatura ambiente, la humedad, el movimiento del aire, la radiación atmosférica y la vestimenta.[23]

En consecuencia, un esfuerzo sostenido puede provocar altas tasas de sudoración y pérdidas sustanciales de agua y electrolitos, particularmente en ambientes calurosos. Además, la mayor duración e intensidad del ejercicio incrementan considerablemente la sudoración, variando ésta desde los 100 ml/hora en actividades ligeras hasta los 3000 ml/hora.[23]

De forma general, un corredor suele comenzar una carrera en un estado de hidratación adecuado y a medida que se incrementa la duración y/o la intensidad de la misma, se va observando una deshidratación progresiva. Se considera que un deportista está deshidratado cuando al finalizar su actividad física ha perdido como mínimo un 2% de su peso corporal.[1-23-24]

Si el ambiente además de caluroso es húmedo, se producen mayores cambios termorreguladores y por lo tanto el empeoramiento del rendimiento es más significativo, así como la tasa de sudoración. Sin embargo, en ambientes fríos, un nivel de deshidratación del 3% tiene mínimos efectos sobre el rendimiento aeróbico, la fuerza muscular y el rendimiento anaeróbico.[23]

A nivel metabólico, una deshidratación del 2% del peso corporal, altera la homeostasis del volumen intracelular y extracelular del organismo, provocando un descenso de la funcionalidad celular y de la volemia efectiva (volumen total de sangre circulante). Como consecuencia de esto último, disminuye la presión arterial media y el gasto cardiaco (relación proporcional entre la frecuencia cardiaca y el volumen de sangre movilizado por latido). Se reduce así la liberación de O_2 a los músculos activos, lo que potencia la activación de rutas glucolíticas anaeróbicas con la consiguiente formación de lactato intramuscular y sanguíneo. Como consecuencia, varios sistemas pueden verse comprometidos, lo que puede mermar la capacidad de resistencia a la fatiga física y mental durante el ejercicio.[1]

Por su parte, se han descrito una serie de síntomas provocados por el estado de deshidratación en relación con la magnitud de pérdida del peso corporal total (PCT).[24]

- 1-2%: sensación de sed
- 2-4%: anorexia, impaciencia y dolor de cabeza
- 4-6%: disnea, vértigo, cianosis y espasticidad
- 15-25%: muerte

A nivel clínico, los estados de deshidratación se pueden clasificar en 3 grados de afectación: grado I o leve (1-5%), grado II o moderada (5-10%) y grado III o severa (10-15%). De igual modo, independientemente del grado, en todos los casos es necesaria la atención médica temprana.[24]

La cantidad de agua ingerida durante el ejercicio permite evitar estos déficits hídricos a través de una reposición de líquido que minimice los efectos adversos sobre el rendimiento. No obstante, el volumen de agua perdido es muy superior al volumen de líquido que el organismo es capaz de aceptar para la reposición. Esto hace que el hombre sea considerado un animal con una inadecuada rehidratación.[24]

El retorno al estado de euhidratación (hidratación óptima) se alcanza sólo algunas horas o días después del esfuerzo físico. Algunos estudios señalan que la máxima absorción tolerable por el organismo equivale aproximadamente al 60% de la pérdida. Este volumen debe suministrarse de una manera pausada en dosis de 100 a 150 ml cada 15-20 minutos, y deben ser ingeridas a voluntad del individuo.[24]

8. Equilibrio ácido-básico

El equilibrio ácido-básico se define como el mecanismo responsable de la regulación del pH en el cuerpo humano, el cual atiende a las concentraciones de iones de hidrógeno (H^+) para establecer el grado de acidez o de alcalinidad de una disolución.[7]

En relación a la actividad física, parece haber consenso en considerar como principal responsable de la fatiga muscular asociada a un ejercicio de alta intensidad al descenso que se produce en el pH intracelular, de esta forma, la actividad de varias enzimas responsables de la contracción muscular presenta una afectación en su funcionalidad.[25]

Tradicionalmente, la responsabilidad de la aparición de la acidosis metabólica que compromete el desarrollo del ejercicio de alta intensidad ha sido atribuida al ácido láctico producido en las vías anaeróbicas del catabolismo energético. Asimismo, este incremento en la producción de ácido láctico conlleva posteriormente la liberación de un protón y la formación de una base, el lactato sódico. Consecuentemente, una mayor producción de lactato sódico podría desencadenar una respuesta desmesurada por parte de la célula para inhibir este incremento de

compuestos básicos (en este caso el lactato) a través de una mayor liberación de protones (H^+), lo que provocaría una disminución en el pH intracelular.[25]

Según la bioquímica de las últimas décadas, ésta ha sido la explicación más razonable para la disminución del pH asociada a la práctica de un ejercicio anaeróbico, así como de la fatiga muscular provocada en el mismo. No obstante, varios autores la están visualizando con cierta controversia debido a que no existe evidencia clara para corroborarla. Dichos autores postulan que ocurre todo lo contrario: el lactato no sólo no causa acidosis metabólica, sino que también la retrasa; de tal forma que ésta sería resultado de otras reacciones químicas independientes de la síntesis del lactato.[25]

Así pues, la degradación del ATP se posiciona como componente principal de la acidosis metabólica ya que cada vez que éste se separa en ADP y P_i para obtener energía, un protón H^+ es liberado. Las condiciones metabólicas en las que se lleve a cabo esta rotura del ATP influyen a la hora de provocar o no una acidosis metabólica. De tal forma que, cuando la demanda de energía para la contracción muscular es suplida por vías aeróbicas, no se produce un aumento en la concentración de H^+ debido a que dichos protones son usados para procesos intrínsecos de la respiración celular como la fosforilación oxidativa. No obstante, cuando se realiza un trabajo que suponga activar rutas anaeróbicas, esta estabilidad se rompe ya que hay una mayor dependencia de la regeneración del ATP por parte de la glucólisis anaeróbica láctica y la vía de los fosfágenos. En este último caso, este ATP aportado por fuentes no mitocondriales sumado a la imposibilidad de darle utilidad a los protones resultantes, provoca una disminución del pH, ergo una acidosis metabólica.[25]

Una vez explicado esto, se entiende que haya confusión respecto a qué compuesto se responsabiliza de la disminución del pH debido a que en ejercicios anaeróbicos, también se manifiesta un aumento de los niveles de lactato ya que ha sido producido por la activación de la glucólisis anaeróbica láctica. No obstante, este lactato ha servido para evitar la acumulación excesiva de piruvato y para suministrar energía en la segunda fase de la glucólisis (aportando NAD^+), de tal forma que si el músculo dejara de producirlo, la acidosis y la fatiga muscular acontecerían más tempranamente y el rendimiento del ejercicio explosivo se vería perjudicado de forma severa.[25]

Con respecto a un ejercicio prolongado a intensidades relativamente elevadas, un objetivo claro a seguir por el corredor sería pues, no sobrepasar el umbral anaeróbico antes comentado para así poder evitar la influencia negativa que tiene la acidosis sobre el rendimiento deportivo y la contracción muscular. Asimismo, cabe aclarar que establecer qué provoca esta acidosis sigue siendo un punto controvertido en el estudio del metabolismo deportivo, debido a la falta de un acuerdo acerca de una teoría estable.

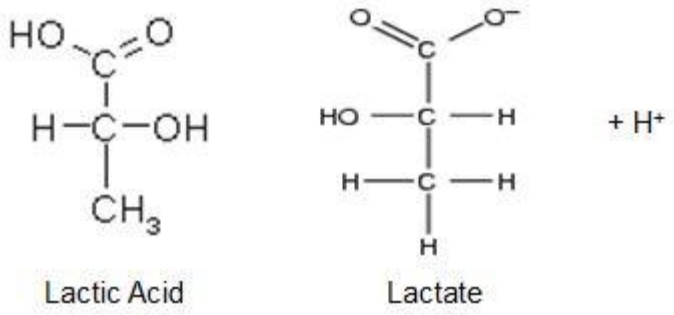


Imagen 9

9. Suplementación y ayudas ergogénicas

Las bebidas deportivas con suplementación de hidratos de carbono y electrolitos constituyen un recurso de gran ayuda a la hora de mejorar el rendimiento físico de un deportista, disminuir la pérdida de peso corporal asociada a los estados de deshidratación, mantener los niveles de glucemia y de glucógeno, prevenir la fatiga y evitar el daño muscular post-ejercicio de una forma significativa.[8-23] Asimismo, otras características a tener en cuenta de una bebida deportiva se centran en su capacidad para saciar la sed y para ser absorbida de una forma óptima por el intestino.[23]

Uno de los compuestos que resulta ser de gran utilidad en las bebidas deportivas son los hidratos de carbono debido a que evitan gran parte de la depleción de las reservas de glucógeno que conlleva la realización de un ejercicio prolongado a altos niveles de VO_2max al favorecer el empleo de otras fuentes de glucosa, como la plasmática.[23] Así, la ingesta de este grupo de macronutrientes durante una prueba de larga distancia, posee la cualidad de facilitar la biodisponibilidad de combustibles exógenos para el metabolismo.[8]

De esta forma, varios estudios contemplan que el uso de una bebida cuyo contenido en HC sea del 6-8%, permitirá una maximización en el rendimiento del atleta.[2-23-24] En cuanto a la frecuencia y a las cantidades de las tomas, C. Gisofi y S. Duchman[24] proponen que para actividades físicas con duración de 1 a 3 horas, realizadas a intensidades del 60-90% del VO_2max, como es el caso de las carreras de larga distancia, se suministre tanto agua como hidratos de carbono con soluciones de entre 500 y 1600 ml/hora que contengan electrolitos como el sodio (Na^+) y carbohidratos en una proporción de 6-8%.

El uso de las bebidas con HC ha tenido cierta controversia respecto a la concentración de glúcidos ideal para que se consiga una reposición energética suficiente sin provocar repercusiones negativas relacionadas con una alta concentración de los mismos, como el enlentecimiento del vaciado gástrico y de la absorción intestinal, así como el aumento de molestias gastrointestinales. Se ha comprobado que las bebidas con HC y electrolitos con un 5-10% de glucosa y otros azúcares simples, producen un adecuado vaciado gástrico junto con una hidratación y disponibilidad de sustratos importantes. Por otro lado, también se ha comprobado que bebidas con concentraciones de 10-12% o superiores enlentecen el vaciado gástrico.[23]

Como ya se ha comentado previamente, el glucógeno es el principal sustrato energético para la obtención de energía durante un ejercicio físico prolongado de elevada intensidad. Por lo tanto, la habilidad de un deportista para reponer los depósitos musculares del mismo, es uno de los componentes fundamentales en la recuperación post-ejercicio en deportes de resistencia.

Con el propósito de mejorar dicha capacidad, recientes estudios han analizado si la ingestión de una mezcla de hidratos de carbono con proteínas podría aumentar la velocidad y/o cantidad de la formación de glucógeno. No obstante, no ha habido unanimidad a la hora de confirmar esta hipótesis; de forma que autores como Zawadski y col.[13] afirmaron que se observa un incremento en la síntesis de glucógeno al suplementar al deportista con proteínas además de con hidratos de carbono, mientras que por el otro flanco, las investigaciones de Naclerio[8], Carrithers[13], Hall y Jentjens[13] y sus respectivos colaboradores, concluyeron que no había relación entre estos compuestos. Asimismo, hallaron que la forma más recomendable de optimizar la recuperación de los depósitos de glucógeno era ingerir

más de 1,2 g/kg al día de hidratos de carbono durante las horas posteriores a la finalización de un ejercicio de resistencia.[13]

Sin embargo, también es cierto que durante este tipo de ejercicio puede producirse un aumento de la degradación de proteínas musculares, provocando un balance proteico negativo (la degradación es mayor que la síntesis de proteínas).[13]

Pese a esto, la ingesta de aminoácidos modifica dicha respuesta, pero dependiendo de si la ingesta se produce antes o después del ejercicio físico, los AA pueden actuar de forma diferente: la administración de proteínas previa al ejercicio físico puede disminuir el catabolismo muscular durante la actividad física, mientras que la ingesta de proteínas en la finalización del entreno o competición estimula la síntesis proteica y el aumento de la masa muscular. Por consiguiente, el consumo de AA después de un entrenamiento o competición de resistencia puede promover un balance proteico positivo y por tanto provocar un efecto anabólico.[13]

Si bien es cierto que varios estudios señalan que los deportistas pueden necesitar un mayor aporte proteico que los individuos sedentarios, también recomiendan que estas proteínas adicionales procedan de alimentos en estado natural, en lugar de suplementos. Desde el punto de vista dietético-nutricional, es importante tener en cuenta que la ingesta proteica de fuentes alimentarias de calidad puede ser mejor que la ingesta de AA aislados para conseguir el mantenimiento o el aumento muscular.[12]

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se plantea como un estudio de tipo descriptivo, observacional y transversal en el cual se ha realizado una búsqueda bibliográfica de publicaciones relacionadas con la nutrición en el ámbito deportivo durante los últimos años. Para ello se han empleado diferentes motores de búsqueda y bases de datos como: SciELO, Pubmed, Scopus, MedlinePlus, Google Académico y Punto Q. Las palabras clave utilizadas fueron: nutrición, corredores, dieta, hidratos de carbono, lípidos, proteínas y maratón.

Para la obtención de los datos se ha divulgado una encuesta diseñada a partir de un cuestionario de frecuencia alimentaria de la Universidad Miguel Hernández, situada en el municipio de Elche, Alicante.[26] Haciendo uso de los formularios web de Google, ésta ha sido dirigida a diferentes asociaciones de corredores a través de redes sociales, así como a sujetos participantes de varias pruebas llevadas a cabo en la provincia de Santa Cruz de Tenerife vía e-mail.

La encuesta (adjuntada en el anexo 1) se organiza con el propósito de averiguar las cantidades y los tipos de alimentos que los corredores de larga distancia consumen las 24 horas previas a una prueba, contemplando así el almuerzo y la cena del día anterior y el desayuno del mismo día de la competición. Además, los datos brindan también información acerca de las calorías ingeridas, de los hábitos alimenticios y de los porcentajes de macro y micronutrientes que contiene la dieta de los corredores participantes.

Referente al examen de la ingesta, se empleó el programa informático Nutrisol 1.0, el cual fue creado para dar a conocer la composición bioquímica de los alimentos a través de la clasificación de los diferentes nutrientes que forman los mismos. El programa fue diseñado por M. Gutiérrez-Bedmar y col. en el departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Facultad de Medicina de La Universidad de Málaga.[27]

Por otro lado, el análisis estadístico se llevó a cabo a través del software IBM SPSS Statistics, concretamente la versión 22 para Windows 10 (Chicago, IL, USA); el cual fue empleado para estudiar variables cuantitativas con el propósito de verificar la distribución normal de las mismas a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Además, se realizó un análisis descriptivo de los datos y se compararon los resultados con las recomendaciones establecidas gracias a la prueba T-Student de comparación de medias.

Además del IBM SPSS Statistics, se recurrió al software Microsoft Excel (versión 15.0 de Microsoft Office 2013) para el cálculo, manejo y organización de los datos numéricos, así como para el diseño de varias de las tablas y gráficas que aparecen en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Datos generales de los participantes

La encuesta online ha recabado datos de 33 corredores canarios durante el mes de abril del año 2016. Estos participantes fueron 26 hombres (78,8%) y 7 mujeres (21,2%) que realizan de forma habitual carreras de larga distancia en la Comunidad Autónoma de Canarias.

La media de edad de los mismos se cifra en 37,64 ± 10,15 años. Su altura media se establece en 172,3 ± 7,59 cm, su peso medio en 69,95 ± 8,93 kg, y su Índice de Masa Corporal o IMC promedio es 23,57 ± 2,58.

En la tabla 8 que se muestra a continuación se expone un resumen de estas características en función del sexo.

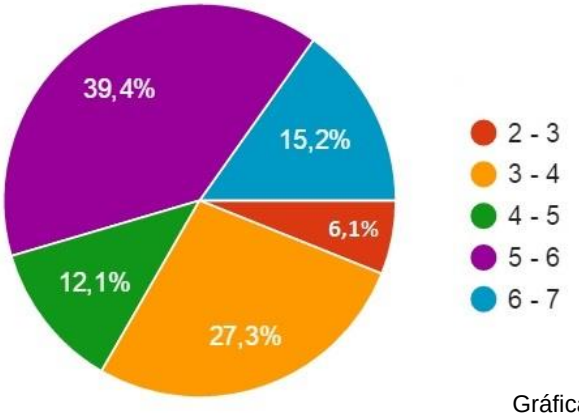
Medias	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	IMC
Hombres	36,96	174,9	71,78	23,47
Mujeres	40,14	162,6	63,14	23,94
Total	37,64	172,3	69,95	23,57

Tabla 8

A falta de un examen antropométrico de los porcentajes grasos y musculares de los sujetos, se entienden los datos obtenidos en el IMC como resultados orientativos de la constitución, los cuales concuerdan con un valor normal y saludable que coincide con los buenos hábitos físicos de esta comunidad deportiva. Sin embargo, hay que considerar que 2 de los corredores encuestados presentan trastornos asociados al sistema digestivo, los cuales son: una diabetes mellitus tipo 2 y una colitis ulcerosa.

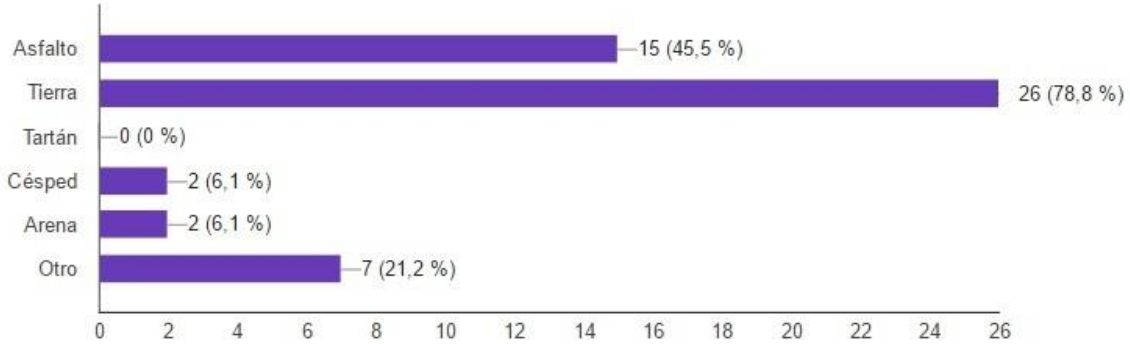
Una gran mayoría de los participantes afirma haber realizado actividad física de cualquier tipo prácticamente toda su vida. No obstante, el tiempo que lleva cada uno de ellos dedicándose de forma específica a entrenar para este tipo de pruebas se estima un tanto inferior, siendo el tiempo medio obtenido 5,7 años.

El número de sesiones a la semana que dichos corredores dedican a entrenar es variable debido al tipo de prueba para la que se estén preparando. De manera que la frecuencia de entrenamiento oscila de forma notable. En la gráfica 1 se muestra una clasificación de los corredores en función del número de sesiones semanales que realizan.



Gráfica 1

Asimismo, se establece que el tiempo de entrenamiento medio por sesión es de una hora y media, y el tipo de terreno donde se corre es mayoritariamente asfalto (45,5%) y tierra (78,8%). Cabe resaltar que los porcentajes no son acumulables debido a que un mismo sujeto puede entrenar en dos tipos de terreno diferentes.



Gráfica 2

La experiencia con la que cuentan resulta también de interés ya que más de las mitad de los participantes (51,5%) han competido en un mínimo de 25 pruebas, lo que demuestra que una importante cantidad de los sujetos son expertos en este tipo de carreras.

En relación a la distancia que se suele correr y a los tiempos de carrera de todos los participantes, a estos se les preguntó por la modalidad en la que más solían competir y el tiempo medio en la que la suelen terminar.

- 10 km: 5 corredores (15,2%)
- Media Maratón (21,097 km): 13 corredores (39,4%)
- Maratón (42,195 km): 10 corredores (30,3%)
- Ultramaratón (desde 50 km a 160 km): 5 corredores (15,2%)

Así, en la tabla 9 se estudian estas dos variables.

Distancia / Tiempo	10km	Media Maratón (21,097 km)	Maratón (42,195 km)	Ultramaratón (de 50 km a 160 km)
<1h	5	-	-	-
1h - 1h30'	-	-	-	-
1h30' - 2h	-	4	-	-
2h - 2h30'	-	5	1	-
2h30' - 3h	-	2	-	-
3h - 3h30'	-	1	2	-
3h30' - 4h	-	1	1	-
4h - 4h30'	-	-	-	-
4h30' - 5h	-	-	1	-
>5h	-	-	5	5
Total corredores	5	13	10	5

Tabla 9

Por último, respecto a la tasa de abandono y sus motivos principales, 17 de los participantes respondieron no haber tenido que retirarse nunca a mitad de una prueba (51,5%), mientras que los 16 restantes se habían visto obligados a parar en alguna ocasión debido a diferentes motivos como: lesión o riesgo de lesión (15,2%), cansancio (6,1%), agotamiento psicológico (9,1%), deshidratación (15,2%), etc.

2. Datos nutricionales de la ingesta

Haciendo uso del software Nutrisol 1.0, se ha analizado la ingesta de los participantes durante las 24 horas previas a una carrera, los cuales han cumplimentado la encuesta diferenciando los tipos y las cantidades de alimentos que han consumido en el almuerzo y la cena del día previo a la competición y en el desayuno del mismo día de la competición.

Este estudio no sólo centra su examen en el aporte energético de la ingesta, sino que también contempla las cantidades de agua, vitaminas y minerales que son relevantes para la realización de una carrera de larga distancia.

En la tabla que se muestra a continuación (tabla 10) se expone un resumen de las cantidades medias obtenidas, tanto en hombres como en mujeres por separado como en la muestra en general, para los diferentes parámetros nutricionales.

Sumatorio de parámetros nutricionales (almuerzo+cena+desayuno)	Mujeres	Hombres	General
Agua (g)	1597,02	1482,05	1506,43
Energía (Kcal)	2376,66	3010,71	2876,21
Proteínas (g)	117,34	125,90	124,09
Hidratos de carbono (g)	323,11	455,94	427,77
Lípidos (g)	76,92	85,50	83,68
Ácidos grasos saturados (AGS) (g)	17,75	22,53	21,52
Ácidos grasos monoinsaturados (AGM) (g)	38,11	39,68	39,35
Ácidos grasos poliinsaturados (AGP) (g)	13,86	14,33	14,23
Relación (AGP+AGM)/AGS	3,03	2,78	2,84
Colesterol (mg)	1136,86	881,50	935,67
Vitamina A (Equivalentes de retinol) (µg)	1595,62	939,68	1078,82
Vitamina B6 (mg)	2,28	2,83	2,71
Vitamina B12 (µg)	2,51	3,20	3,05
Vitamina C (Ácido Ascórbico) (mg)	246,82	222,01	227,27
Vitamina D (µg)	0,63	2,04	1,74
Vitamina E (mg)	10,66	7,49	8,16
Cálcio (Ca) (mg)	1032,21	905,91	932,70
Hierro (Fe) (mg)	15,83	16,25	16,16
Magnesio (Mg) (mg)	496,52	479,55	483,15
Sodio (Na) (mg)	1440,95	1376,26	1389,98
Potasio (K) (mg)	4886,08	4741,68	4772,31

Tabla 10

g: gramos
mg: miligramos
µg: microgramos

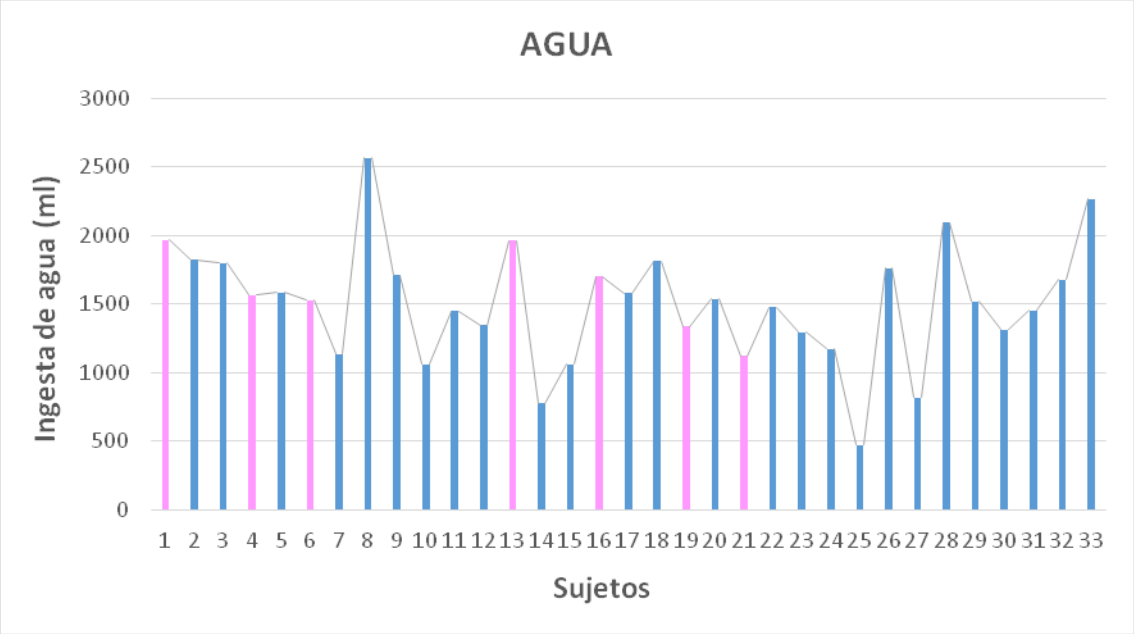
Como se puede observar, algunos de los parámetros medidos varían sustancialmente de hombres a mujeres debido a que las necesidades de ambos sexos no son exactamente iguales. Además, hay que tener en consideración también aspectos como el peso, la edad, el nivel de entrenamiento, etc.

Para comprobar si el aporte de los diferentes macro y micronutrientes es suficiente para el correcto desempeño de esta modalidad deportiva se procederá a comparar los resultados obtenidos con las recomendaciones estandarizadas para este grupo de deportistas.

2.1 Ingesta de agua

La ingesta del agua controlada en este proyecto se corresponde a la cantidad adquirida a través de los alimentos. Así pues, al no conocer el aporte de agua líquida que el individuo ha consumido durante las 24 horas estudiadas, resulta difícil afirmar si las necesidades están realmente cubiertas. No obstante, lo que sí que se puede verificar es que el agua que contienen los alimentos consumidos suple al cuerpo de los corredores de un tanto por ciento considerable del agua necesaria.

En el gráfico 3 se muestra la cantidad de gramos (o mililitros) de agua que los alimentos aportan a los corredores, tanto varones (de azul) como mujeres (de rosa).



Gráfica 3

Si se considera que el aporte hídrico en deportistas activos debe estar entre 30 y 45 mililitros (ml) de agua por cada kilogramo de peso corporal al día[2], se puede saber qué tanto por ciento de la misma es aportado por los alimentos en los participantes de este estudio.

De esta forma, si la media de peso de la muestra es de 69,95 kg, el suministro diario de agua debería oscilar entre los 2098,5 ml y los 3147,75 ml.

Así pues, siendo la media general de agua obtenida a través de los alimentos 1506,43 ± 431,49 ml, dicho aporte supone entre el 47,86% y el 71,79% del agua necesaria al día para esta modalidad deportiva.

El resto del agua deberá ser ingerida de forma líquida y/o a través de bebidas con suplementos ergogénicos que aseguren un correcto estado de hidratación para el deportista, el cual le permita realizar su actividad física de forma segura.

A pesar de estos resultados, es digno de mención el hecho de que 5 de los corredores encuestados afirmaron haber tenido que abandonar en alguna ocasión la carrera debido a la deshidratación.

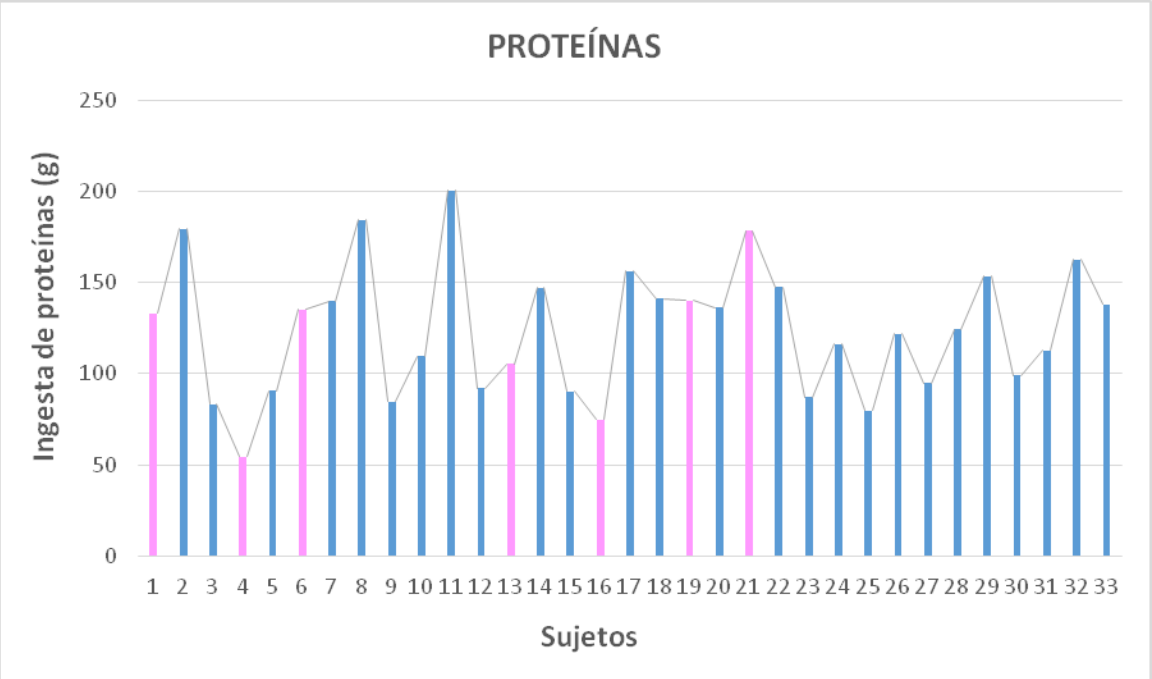
Para evitar este déficit hídrico, José Miguel Martínez Sanz y col. proponen en su estudio “Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte” de 2013, la toma de 0,6-1 litros de agua por hora durante la realización de la carrera; teniendo siempre en cuenta las condiciones climatológicas y la distancia que debe completar el corredor.[2]

En cuanto a la distribución estadística de los datos del agua ingerida, estos siguen una distribución normal demostrada gracias a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para muestras con un tamaño menor de 50 sujetos (p=0,979).

2.2 Ingesta de proteínas

Al sumar la cantidad de proteínas consumidas por cada uno de los corredores y dividirlo entre el tamaño muestral, se puso de manifiesto que la cantidad media de proteínas ingeridas fue 124,09 ± 35,62 gramos. Este dato supone que los participantes tomaron 1,77 g/kg al día.

En el gráfico 4, que aparece a continuación, se observan los gramos de proteínas consumidas por los participantes.



Gráfica 4

Según los estudios consultados, tanto José Miguel Martínez Sanz y col. ("Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte"[2], 2013) como Marcela González-Gross y col. ("La nutrición en la práctica deportiva: Adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta del deportista"[1], 2001) afirman que el consumo proteico ideal para deportistas que lleven a cabo una actividad física de resistencia es 1,2-1,4 g/kg al día, siendo la cifra obtenida en este estudio más elevada.

A través de la prueba estadística de Shapiro-Wilk, se ha comprobado que la distribución de los datos para la ingesta de proteínas sigue una distribución normal (p=0,684). De esta forma, se puede corroborar si la media de proteínas de la muestra es significativamente diferente del valor de consumo óptimo.

Haciendo uso de la prueba de T-Student, se compararon ambas medias y se corroboró que la diferencia era lo suficientemente significativa como para afirmar, con un 99,5% de confianza, que los valores obtenidos exceden en un 36,45% a las recomendaciones (p=0,0062).

Como se mencionó anteriormente, varios autores han demostrado que una ingesta de proteínas superior a 1,4 g/kg al día no supone ninguna mejora en el rendimiento físico de los atletas de fondo.[9] Por lo tanto, se concluye que el valor

obtenido en los corredores canarios queda demasiado por encima de sus requerimientos.

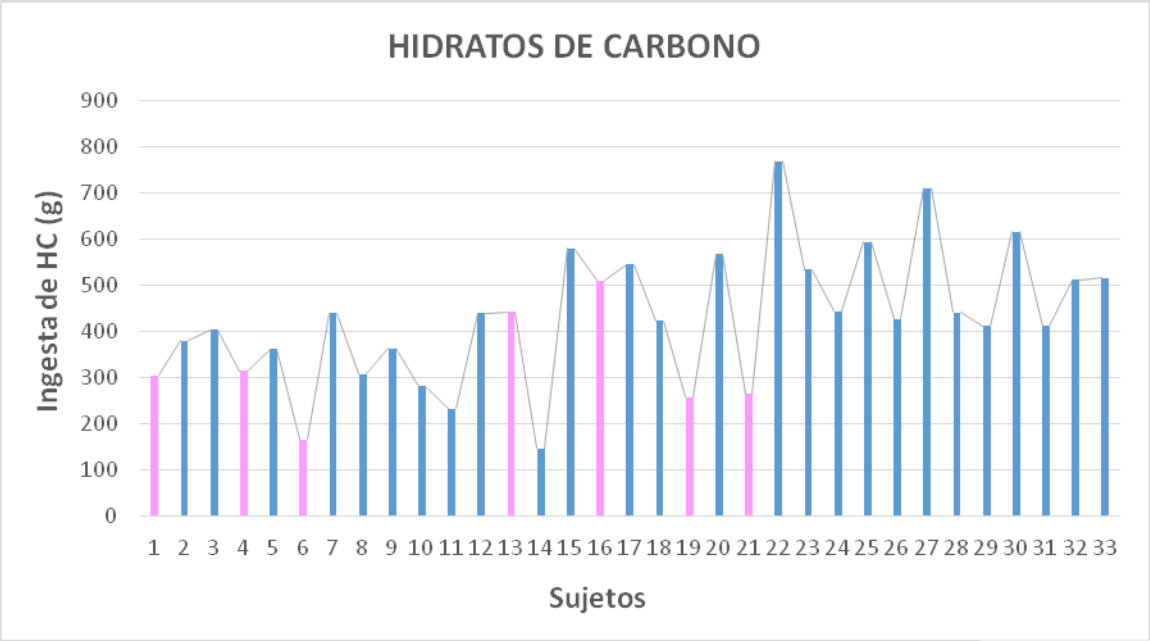
Esta deducción queda reforzada si se calcula qué porcentaje de energía representa la ingesta de proteínas en los corredores participantes. Sabiendo que cada gramo de proteínas aporta 4 kcal de energía[7], los corredores canarios obtienen 496,36 Kcal sólo por parte de este grupo de macronutrientes, lo cual representa un 17,26% del consumo calórico medio general (2876,21 Kcal). Consecuentemente, dicho resultado es excesivo en comparación al porcentaje de proteínas recomendado en la dieta, el cual debería constituir un 10-15% de la misma.[1]

Por último, la proporción de participantes que ingirió demasiadas proteínas en su dieta fue del 75,76% (25 de 33 sujetos).

2.3 Ingesta de hidratos de carbono

Los corredores canarios consumen de media 427,77 ± 144,03 gramos de hidratos de carbono durante las 24 horas previas a la realización de una carrera. Esto conlleva un consumo de 6,12 g/kg al día.

Tal y cómo se muestra en la gráfica inferior (5), estos han sido los resultados obtenidos para los hidratos de carbono.



Gráfica 5

La mayoría de los investigadores coinciden en que los corredores que se dediquen a las carreras de larga distancia deberían tener un consumo relativamente alto de hidratos de carbono con el fin de rellenar al máximo sus reservas de glucógeno, el cual juega un papel fundamental en el abastecimiento de energía en esta modalidad deportiva. Por este motivo, Marcela González-Gross y col.[1] han determinado que los requerimientos para este tipo de macronutriente oscilen alrededor de los 7 g/kg al día (aunque la cifra puede variar en función de varios factores como la distancia a recorrer, el nivel de entrenamiento, el sexo, la edad, etc.).

Una vez demostrada la normalidad de la distribución estadística de los datos gracias al test de Shapiro-Wilk (p=0,914), se procedió a la comparación de ambas medias: la recomendada y la obtenida en la muestra.

Para ello se empleó la prueba de comparación de medias T-Student, la cual aseguró con un 99,5% de confianza que no existía una diferencia significativa entre ambos datos (p=0,0062).

Dicho resultado no es de extrañar debido a la gran concienciación con la que cuentan los corredores, tanto amateurs como profesionales, sobre la importancia de consumir una cantidad óptima de hidratos de carbono el día previo a una carrera.

A pesar de que las necesidades se consideran cubiertas, cabe destacar que el dato en la muestra es ligeramente menor que el recomendado, de forma que éste supone un 87,36% de la ingesta óptima. No obstante, en la población corredora que practica este deporte de forma profesional y que conoce los beneficios de una dieta adecuada a sus necesidades, por lo general suele encontrarse un valor de hidratos de carbono que excede el total recomendado.

Así pues, que en los participantes de este estudio la media sea inferior, se podría explicar debido a que ingerir la cantidad correcta de hidratos de carbono únicamente a través de la alimentación es complicado y además puede suponer un detrimento en el consumo del resto de macronutrientes. Para evitar esto, los corredores a veces recurren a complejos de suplementación ergogénica que garanticen el aumento de hidratos de carbono deseado.

Precisamente, al preguntar a los participantes acerca del uso de este tipo de sustancias, 19 de los 33 corredores (57,58%) afirmaron tomar un aporte extra de carbohidratos de forma regular en los momentos previos a una carrera.

Por consiguiente, el leve descenso encontrado en los niveles de hidratos de carbono para este grupo de corredores podría verse compensado en los sujetos que emplean las ayudas mencionadas, de forma que la ingesta media de este macronutriente se vería incrementada.

Referente al tipo de hidratos de carbono ideal para esta modalidad deportiva, varias fuentes aseguran que consumir hidratos de carbono de alto índice glucémico genera una mayor respuesta insulínica del metabolismo, es decir, un aumento en la liberación de insulina a la sangre (hiperinsulinemia), la cual provocará una rápida extracción de la glucosa del torrente sanguíneo con el objetivo de almacenarla en células musculares, en las hepáticas o en los depósitos de adipocitos (dependiendo del momento de la ingesta). Por el contrario, el consumo de carbohidratos de bajo índice glucémico, desencadenará el proceso contrario: menor respuesta insulínica y mayor lentitud a la hora de extraer la glucosa del torrente sanguíneo. He aquí el punto de interés para los deportistas de resistencia, ya que alargar el tiempo en el que la glucosa permanece en sangre permitirá su uso para la obtención de energía e impedirá su almacenamiento en los depósitos de grasa corporales.[18]

Por tanto, será recomendable en deportistas de fondo consumir de manera regular carbohidratos de bajo y medio índice glucémico ya que aquellos cuyo índice glucémico es alto interfieren de forma negativa en la realización de una carrera de larga distancia, tanto por su capacidad para provocar una hipoglucemia de rebote (lo que dificulta el correcto funcionamiento del sistema nervioso central) como por su cualidad de impedir el uso de lípidos para la obtención de energía, ya que favorece en exceso el catabolismo de hidratos de carbono para mantener la función muscular y consecuentemente, conlleva un agotamiento más precoz de las reservas de glucógeno y la aparición de una sensación de fatiga más temprana.[18]

Por último, teniendo en cuenta que cada gramo de hidratos de carbono suple al cuerpo de 4 kcal[7], la ingesta media de los mismos supone un aporte de 1711,08 Kcal

para los corredores de este estudio. Dicho valor dividido entre el consumo calórico total constituye un 59,49% del mismo.

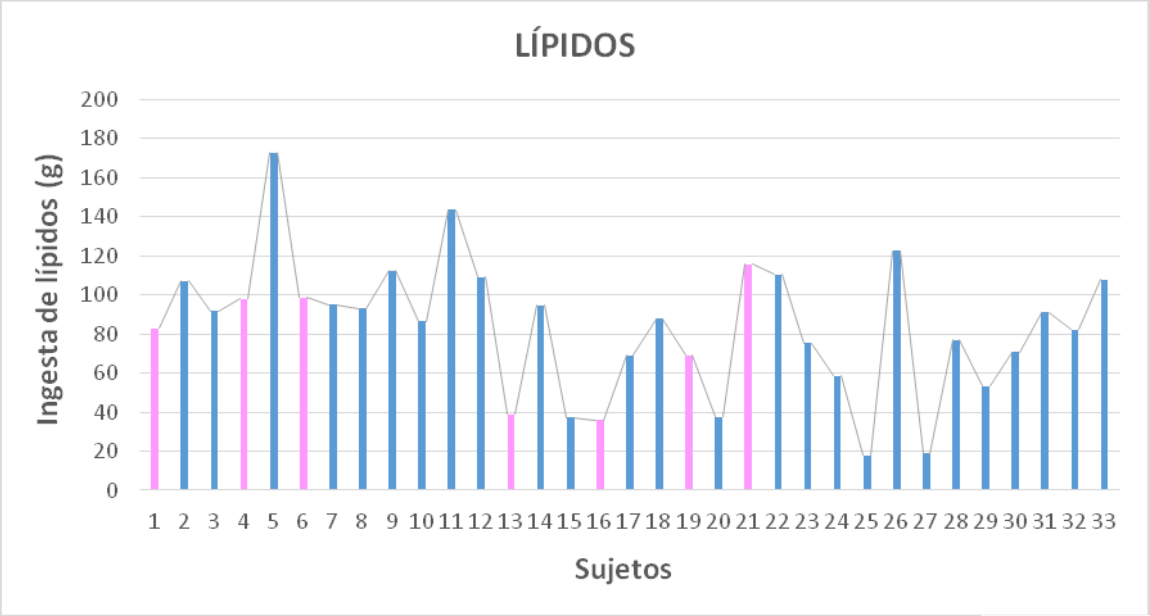
Si el porcentaje recomendable de hidratos de carbono en la dieta para atletas de fondo es de 55-65%[2], los resultados confirman que el aporte energético dependiente de los mismos se encuentra dentro de rango óptimo y por lo tanto, se considera válido para correr largas distancias.

2.4 Ingesta de lípidos

La ingesta promedio de lípidos o grasas en los participantes de este estudio fue de 83,68 ± 34,29 gramos durante las 24 horas que engloba la encuesta.

Teniendo en cuenta que cada gramo de lípidos aporta 9 kcal, se estima que el porcentaje de energía con el que contribuyen las grasas es del 26,18% de la ingesta calórica total (753,12 kcal de lípidos / 2876,21 Kcal totales).

Los datos obtenidos para este grupo de macronutrientes se desglosan en la gráfica 6.



Gráfica 6

Las recomendaciones dietéticas de grasas para los deportistas según el estudio de José Miguel Martínez Sanz y col.[2] establecen un consumo del 20-35% de la ingesta calórica total, siendo el 20% durante el periodo competitivo y el 35% sólo cuando la ingesta de ácidos grasos monoinsaturados sea superior a un 15-20%.[2] En el caso de este estudio, el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados se estima en el 12,31% del aporte energético total. Así pues, al obtenerse un valor de AGM no superior al propuesto, se ha escogido el porcentaje del 20% como dato de referencia a la hora de calcular la ingesta de lípidos recomendable para estos atletas.

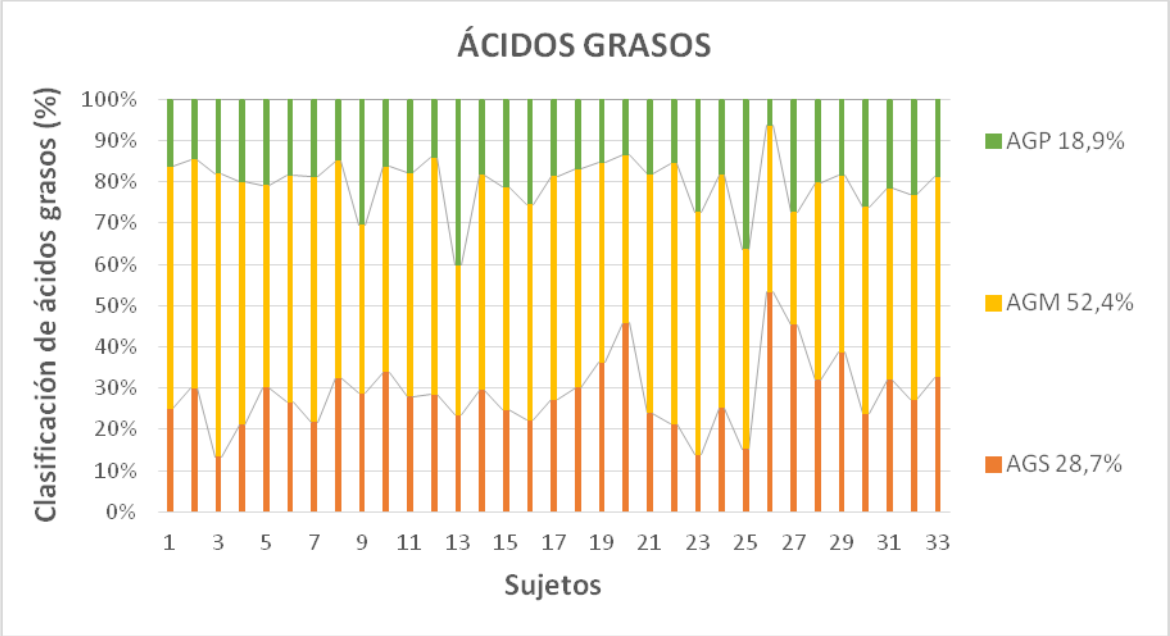
Una vez comprobada la normalidad de la distribución de los datos gracias a la prueba de Shapiro-Wilk (p=0,452), se procedió a la realización del test estadístico T-Student, el cual determinó, con un 99,5% de confianza, que existe una diferencia significativa entre el porcentaje recomendado (20%) y el estimado en la muestra (26,18%), siendo éste último un 30,9% superior a las necesidades lipídicas (p=0,0062).

Este aumento en la ingesta de grasas (así como el incremento del consumo de proteínas contemplado previamente) pueden deberse a que este grupo de corredores requiere un aporte energético relativamente grande, lo cual puede provocar una alimentación excesiva con el propósito de rellenar sus reservas de sustratos energéticos y de esta forma, producir excedentes que no serán utilizados.

Asimismo, el porcentaje de corredores que siguió una dieta con un consumo excesivo de lípidos durante las 24 previas a la carrera fue del 75,76% (25 de 33 sujetos).

Proporción de ácidos grasos

El software Nutrisol 1.0 ha permitido clasificar la ingesta de lípidos en función del tipo de ácido graso consumido, de forma que se dividen en: ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y ácidos grasos poliinsaturados (AGP).



Gráfica 7

Según las fuentes consultadas la proporción ideal sería del 7-10% para grasas saturadas, 10% para poliinsaturadas y superior al 10-15% para grasas monoinsaturadas (teniendo como referencia la ingesta calórica total).[2]

Los datos obtenidos en la muestra en función del valor de la ingesta calórica media total se cifran de la siguiente forma:

- AGS: 6,73% (21,52 ± 11,76 gramos ingeridos)
- AGM: 12,31% (39,35 ± 17,88 gramos ingeridos)
- AGP: 4,45% (14,23 ± 6,34 gramos ingeridos)

Así pues, se observa que el valor porcentual de AGS se queda un poco por debajo del recomendado, el correspondiente a los AGM está dentro del rango propuesto y el porcentaje de AGP resulta ser muy inferior con respecto a la recomendación. Por lo tanto, una vez realizada la prueba T-Student para corroborar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se llegó a la conclusión, con un 99,5% de confianza, de que únicamente existe un consumo adecuado para los ácidos grasos monoinsaturados (AGM), siendo el de los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) demasiado bajo con respecto al porcentaje idóneo.

Por su parte, para los ácidos grasos saturados (AGS) se observa que el porcentaje consumido por los participantes no es significativamente diferente al valor inferior del rango recomendado (7%) pero sí lo es para el valor superior de dicho rango (10%). De esta manera, se podría concluir que la ingesta de este tipo de lípidos roza el límite de lo que se considera válido para este grupo de deportistas.

El análisis estadístico de estos tres parámetros señala que sólo existe normalidad para la distribución de los valores de AGM (probada con el test de Shapiro-Wilk; p=0,601). Por otro lado, los AGS y los AGP no cuentan con una distribución normal debido a la gran variedad de los resultados, dándoles un carácter más aleatorio.

Por otro lado, para comprobar la salubridad de esta ingesta se ha formulado una relación matemática que consiste en el cálculo del cociente entre los ácidos grasos insaturados y los saturados, de forma que un resultado >1 será indicativo de una proporción de grasas cuyo consumo resulta saludable, y viceversa.

$$\frac{AGP + AGM}{AGS}$$

En la muestra, la media de esta relación se determinó en 2,84 ± 1,28. Dicho resultado ejemplifica un correcto balance de los diferentes tipos de ácidos grasos consumidos, siendo los insaturados más saludables que los saturados.

Concretamente, en el contexto deportivo los AGM son ideales para la actividad física porque aportan energía rápidamente, son cardiosaludables y son menos susceptibles a peroxidaciones lipídicas. Sin embargo, tomar demasiados AGP puede ser perjudicial, ya que son más frecuentemente peroxidados.[2]

A consecuencia de esto, no resulta extraño que en el grupo de deportistas encuestados, que lleva una vida activa y que cuida su alimentación, los hábitos dietéticos relacionados con el consumo de grasa respeten varias de las recomendaciones.

De esta forma, el 69,7% (23 sujetos) afirma quitar toda o la mayoría de la grasa visible cuando se consume carne. Asimismo, la frecuencia con la que se preparan comidas fritas también es llamativamente baja ya que el 57,6% de la muestra (19 corredores) afirma no comer fritos más de una vez por semana mientras que el 39,4% (13 corredores) lo hace entre 1 y 3 veces a la semana. Tan sólo un corredor respondió haber consumido comidas fritas entre 4 y 6 veces por semana.

Por último, hay que resaltar que el tipo de grasa o aceite más empleado para aliñar y para cocinar/freír fue el aceite de oliva (97% y 87,9%, respectivamente). Este aceite se posiciona como la opción más saludable para consumir debido a su alta cantidad de AGM (73,2g/100g), su escaso contenido en AGS (13,2g/100g) y AGP (9g/100g), y por su nulo contenido en colesterol.

Colesterol

El colesterol es una sustancia con estructura lipídica, concretamente un esterol derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno. Este compuesto se encuentra formando parte de las membranas celulares de los diferentes tejidos del cuerpo, el cual es uno de los responsables de la entrada y la salida de sustancias en las células.[28]

El colesterol abunda en las grasas de origen animal y su consumo es fundamental para el correcto funcionamiento del cuerpo humano, no obstante, un exceso en su aporte podría provocar una acumulación indebida en las paredes de las arterias. Estas adherencias podrían estrechar el calibre de los vasos sanguíneos, llegando incluso a obstruirlos, lo que dificultaría el correcto flujo de sangre por los órganos.[28]

En cuanto a las recomendaciones consensuadas para la ingesta diaria de colesterol, varios estudios coinciden en que ésta no debería ser superior a los 300 mg al día.[18]

Al comparar el valor recomendado con la media de colesterol ingerida por la muestra de corredores de este estudio (935,67 ± 981,84 mg), la prueba T-Student determinó con un 99,5% de confianza que ambos datos eran significativamente diferentes entre sí, por lo que se concluye que el consumo de los participantes canarios es excesivamente elevado.

Cabe destacar que en el cuerpo humano sólo se produce colesterol cuando la cantidad que se aporta a través de los alimentos es insuficiente. Sin embargo, en este caso, las necesidades no sólo están cubiertas, sino que se superan de forma notable.

El porcentaje en el que se cifra el aporte de colesterol con respecto al total de grasas ingeridas es del 1,12%.

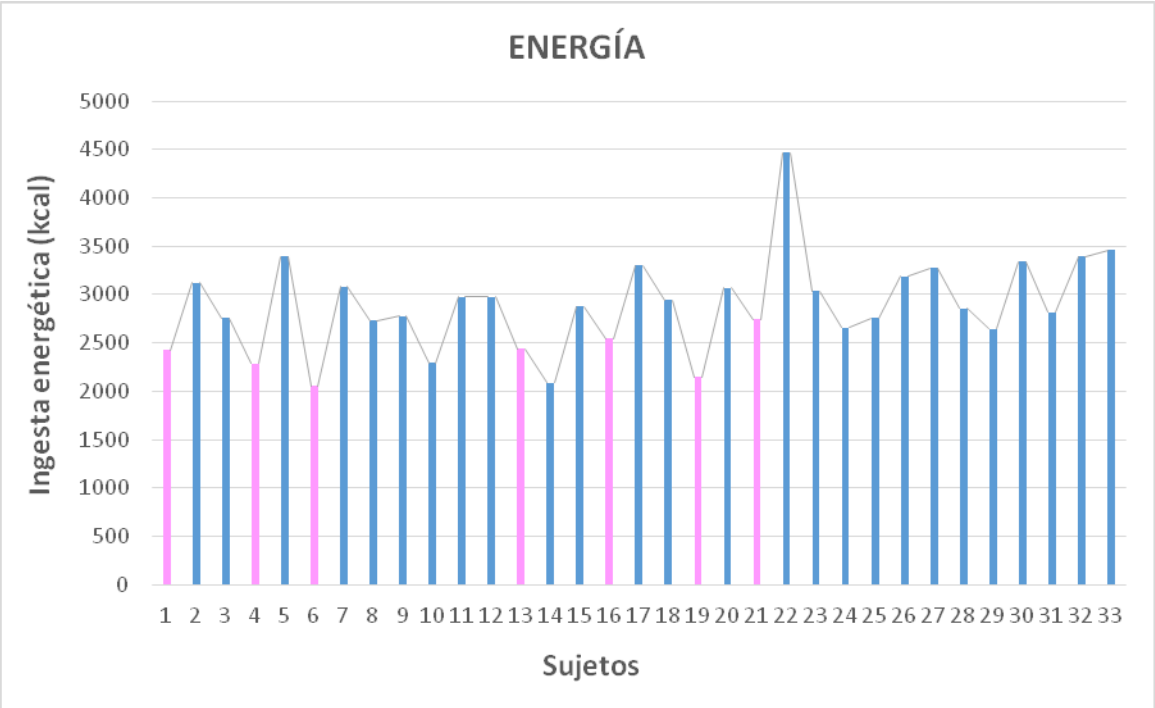
A pesar de que el colesterol no es una sustancia relevante a la hora de aportar energía a un deportista de resistencia (ya que no se obtiene ATP a partir de él), sí que resulta de gran importancia para la formación de diferentes hormonas esteroideas y para la síntesis de vitamina D.[7]

Por fortuna, hoy en día existen multitud de campañas de concienciación que invitan a mantener hábitos de vida saludable, como la práctica deportiva y el consumo de frutas y verduras, con el objetivo de evitar un aumento de los niveles de colesterol sanguíneo en la población y así disminuir la prevalencia de enfermedades cardiacas asociadas a los mismos.

2.5 Aporte calórico

La media del suministro de energía (Kcal) obtenida en la muestra se cifra en 2876,21 ± 483,25 Kcal.

En la gráfica inferior se muestran todos los valores del aporte calórico en cada uno de los sujetos participantes.



Gráfica 8

Teniendo en cuenta las recomendaciones de cada uno de los macronutrientes arriba mencionados, se establece que el aporte energético óptimo para corredores de larga distancia resulta de la suma de la carga energética de hidratos de carbono, proteínas y lípidos. De esta forma, se puede calcular el valor del aporte calórico ideal en función del peso medio de los corredores de este estudio.

$$Aporte\ calórico\ recomendado = hidratos\ de\ carbono + proteínas + lípidos$$

$$= \left(7g * 69{,}95kg * 4\frac{Kcal}{g}\right) + \left(1{,}3g * 69{,}95kg * 4\frac{Kcal}{g}\right) + (20\%\ aporte\ calórico)$$

$$= 1958{,}6 + 363{,}74 + 575{,}24 = 2897{,}58\ Kcal$$

Con lo cual, se aprecia que el consumo energético promedio de la muestra en este estudio (2876,21 Kcal) es muy similar a la recomendación (2897,58 Kcal).

Partiendo de que la distribución estadística de los valores de este parámetro energético se corresponde con una distribución normal verificada gracias a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (p=0,74), se puede averiguar si el aporte calórico medido en los corredores canarios es realmente diferente a la media recomendada.

A través de un examen realizado para contrastar ambas medias con la prueba estadística T-Student, se estableció con un 99,5% de confianza que la muestra no era significativamente diferente con respecto al valor recomendado (p=0,0062).

Por lo tanto, se puede afirmar que el aporte calórico observado es adecuado para llevar a cabo una carrera de larga distancia en las mejores condiciones energéticas posibles.

2.6 Ingesta de vitaminas

Una vez estudiados los macronutrientes que proveen de energía a los corredores, se procede al análisis de los micronutrientes, en este caso de las vitaminas. Como se comentó anteriormente, las vitaminas son necesarias para el organismo humano. Las cantidades requeridas son notoriamente más pequeñas que las de macronutrientes, no obstante, son imprescindibles para la realización de determinadas funciones.

Debido a la gran variedad de vitaminas que se pueden encontrar, el presente estudio se ha focalizado en las más importantes y en aquellas cuyas funciones son relevantes para la actividad física, ya que intervienen sobre el metabolismo y la integridad estructural de los diferentes componentes que entran en juego en el deporte.

En la tabla que se adjunta a continuación se expone un resumen de las funciones corporales para cada una de estas vitaminas.[29]

VITAMINAS	Funciones
A	Formación y mantenimiento de tejidos blandos y del hueso
B6	Formación de glóbulos rojos, mantenimiento de la función cerebral y mediación en el metabolismo de proteínas e hidratos de carbono
B12	Regulación del metabolismo, formación de glóbulos rojos y mantenimiento del sistema nervioso central
C	Papel antioxidante, absorción de hierro, cicatrización de heridas y mantenimiento de los tejidos
D	Absorción de calcio y mantenimiento de niveles sanguíneos de calcio y fósforo
E	Papel antioxidante, reducción de la inflamación, y formación de glóbulos rojos

Tabla 11

Destaca que varias de las vitaminas mencionadas comparten una función en común, la formación de glóbulos rojos. Este proceso cuenta con una gran importancia debido a que dichas células contienen la hemoglobina responsable del transporte de oxígeno por todo el cuerpo, el cual será empleado por el tejido muscular durante el metabolismo aeróbico.

Por su parte, el resto de funciones se posicionan como eslabones fundamentales de procesos que ocurren a diario en el organismo. Por ejemplo: el papel antioxidante de las vitaminas C y E ayuda a retardar el envejecimiento de los tejidos y por tanto, el deterioro de las funciones que desempeñan los mismos gracias a la disminución de algunos radicales libres como el oxígeno reactivo. La adecuada provisión de estas dos vitaminas es de gran utilidad para los deportistas que llevan a cabo una actividad de resistencia puesto que existe una mayor necesidad de bloquear la acción de los radicales libres que se producen en su organismo durante el ejercicio aeróbico.

Así pues, la alimentación de los corredores participantes fue examinada para determinar si el aporte de este grupo de micronutrientes era correcto, para lo cual se

equipararon las medias obtenidas en la muestra con los valores de la IDR (Ingesta Diaria Recomendada).

El análisis estadístico se llevó a cabo a través de la prueba de comparación de medias T-Student, la cual señaló, con un 99,5% de confianza, si el consumo de las diferentes vitaminas era significativamente adecuado, insuficiente o excesivo.

De esta forma, se expresan los resultados en la tabla 12 ($\bar{x}$=media muestral).

Vitaminas	IDR	$\bar{x}$	Consumo
A (µg)	900	1078,82	Adecuado
B6 (mg)	1,8	2,71	Excesivo
B12 (µg)	2	3,05	Adecuado
C (mg)	60	227,27	Excesivo
D (µg)	5	1,74	Insuficiente
E (mg)	12	8,16	Insuficiente

Tabla 12

Como se puede observar hay resultados que son excesivos y otros que son insuficientes con relación a la ingesta idónea.

- Vitamina B6: 50,56% por encima de la recomendación
- Vitamina C: 278,78% por encima de la recomendación
- Vitamina D: 34,8% de la recomendación
- Vitamina E: 68% de la recomendación

Es digno de mención que el bajo consumo de Vitamina D en la dieta puede quedar justificado, ya que resulta muy complicado asegurar su abastecimiento únicamente a partir de la alimentación. Así, la otra fuente principal de esta sustancia depende de la radiación ultravioleta del sol, la cual permite que sea el propio organismo humano el que la sintetice a partir de colesterol. De este modo, estas dos vías se equilibran para garantizar unos niveles adecuados de vitamina D.

En cuanto al gran desfase descubierto en el aporte de vitamina C, éste podría quedar explicado por la arraigada costumbre de consumir frutas (como las naranjas, los kiwis y las fresas) y vegetales (por ejemplo, el brócoli y el tomate) por parte de la población corredora, los cuales son alimentos muy ricos en este compuesto.

Por último, como ocurría con los suplementos energéticos, parece que una cantidad considerable de los corredores encuestados (15 de 33 sujetos; 45,45%) hacen uso de complejos de vitaminas que aseguren unos niveles óptimos de las mismas. De esta forma, cabe aclarar que los resultados hacen referencia únicamente a las vitaminas ingeridas a través de los alimentos.

2.7 Ingesta de minerales

El correcto suministro de minerales, al igual que el de vitaminas, constituye un factor de importante consideración en la dieta de un deportista. Debido a su participación en multitud de funciones y procesos relacionados con la actividad física, optimizar la ingesta de minerales podría ser de gran ayuda para mejorar el rendimiento de los corredores.

Por lo tanto, el siguiente cuadro (tabla 13) muestra los procesos principales en los que participan los minerales contemplados en este estudio (debido a su relación con el deporte).[30]

MINERALES	Funciones
Calcio (Ca)	Formación y mantenimiento del tejido óseo, regulación de la contracción muscular, función inmunitaria y nerviosa
Hierro (Fe)	Formación de hemoglobina y mioglobina
Magnesio (Mg)	Regulación del medio intracelular, coagulación y funciones muscular, nerviosa e inmunitaria
Sodio (Na)	Balance hídrico, control del medio extracelular y excitación muscular
Potasio (K)	Formación de tejidos, cicatrización, regulación de la contracción muscular y balance hídrico

Tabla 13

La excitabilidad de la placa motora y el proceso de contracción de la fibra muscular son situaciones fisiológicas en las que la mayor parte de estos elementos químicos son requeridos. Por lo tanto, no resulta difícil imaginar la trascendencia que unos niveles adecuados de los mismos tienen para asegurar la correcta práctica deportiva.

Tras haber examinado detenidamente la dieta seguida por los corredores de este estudio, se compararon los datos con los valores de la IDR respectivos a este grupo de micronutrientes. Para ello se calculó, a través de la prueba estadística de comparación de medias T-Student, si los resultados eran significativamente diferentes de las recomendaciones. Finalmente, se estableció con un 99,5% de confianza, si el consumo de cada mineral por separado fue adecuado, insuficiente o excesivo.

En la tabla 14 se muestra la media de los sujetos ($\bar{x}$) y la ingesta recomendada (IDR), así como la determinación del consumo.

Minerales	IDR	$\bar{x}$	Consumo
Calcio (mg)	900	932,7	Adecuado
Hierro (mg)	16,5	16,16	Adecuado
Magnesio (mg)	352,5	483,15	Excesivo
Sodio (mg)	1500	1389,98	Adecuado
Potasio (mg)	3500	4772,31	Excesivo

Tabla 14

Tal y como se muestra en el cuadro, parece haber dos minerales cuyo consumo no es el idóneo. Estos son:

- Magnesio: 37,06% por encima de la recomendación
- Potasio: 36,35% por encima de la recomendación

Ambos excesos podrían justificarse debido al alto contenido que tienen las aguas canarias de estos dos minerales.

Asimismo, hay que resaltar que la ingesta idónea de hierro (Fe) puede sufrir un incremento de entre el 30% y el 70% para el sector femenino de la muestra de corredores durante el periodo menstrual.[2]

Finalmente, hay que destacar que algunos de los sujetos que han participado en este proyecto de investigación afirmaron llevar a cabo dietas especiales, como por ejemplo: la vegana, la vegetariana, la paleolítica, la mediterránea y la hipocalórica. No obstante, un 84,85% de la muestra (28 de 33 corredores) no realizan ningún tipo de régimen dietético concreto, simplemente se ciñen a intentar comer sano y variado.

De todos los corredores, sólo el 24,2% parece haber modificado sus hábitos dietéticos durante este último año. Por lo que no es de extrañar que una gran parte de los participantes hayan manteniendo su peso estable durante dicha temporada, siendo únicamente el 30,3% el que ha variado de peso (un 9,1% lo ha aumentado y un 21,2% lo ha disminuido).

3. Comparación de los resultados con estudios similares

Para concluir este apartado de resultados y discusión, se procedió a la comparación de estos hallazgos con los de otros estudios con un perfil similar para así poder determinar la validez de las conclusiones.

Los descubrimientos referentes a la ingesta de macronutrientes y al aporte calórico global ponen de manifiesto las altas necesidades energéticas que requieren estos deportistas. De esta forma, no es de extrañar que varios investigadores hayan centrado su trabajo en el análisis de la ingesta específica para deportistas fondistas de alto rendimiento.

Algunos estudios al respecto certifican la existencia de variaciones considerables entre varios grupos de deportistas de resistencia en diferentes países. De esta forma, un estudio publicado por el Laboratorio de Actividad Física y Salud del Instituto Superior de Deportes de Buenos Aires en 2008, reveló que el aporte calórico total examinado en 24 deportistas de alto nivel (entre los que se encontraban varias modalidades de resistencia como: corredores, atletas, remadores y nadadores) fue insuficiente con respecto a sus necesidades estimadas durante las 24 horas que englobaba el examen. Encontrándose así una ingesta de hidratos de carbono inadecuada en el 75% de las mujeres y en el 50% de los hombres participantes. Por su parte, la ingesta de proteínas fue suficiente para cubrir las necesidades, sin embargo, su consumo fue notablemente excesivo (2,17 g/kg al día, frente a los 1,2 g/kg al día recomendados).[31]

Otro estudio llevado a cabo en corredores de larga distancia keniatas en 2004 determinó que la ingesta energética total de los sujetos (2987 ± 293 Kcal) fue menor que el gasto energético requerido en una de sus pruebas (3605 ± 119 Kcal). En cuanto a la proporción de macronutrientes ingeridos en la dieta, los hidratos de carbono fueron los que obtuvieron el registro más alto (76,5% del aporte calórico total), siendo su consumo excesivamente elevado. Asimismo, la ingesta de lípidos

fue insuficiente con respecto a las recomendaciones (13,4%) mientras que el consumo de proteínas fue adecuado (10,1%).[32]

En una investigación con triatletas masculinos de 2011, fue examinada la dieta diaria de 13 sujetos que participaban en las pruebas Iron Man y Medio Iron Man (combinación de diferentes distancias en las modalidades de natación, ciclismo y carrera a pie). El análisis reveló que el aporte calórico también fue insuficiente en este caso (83,4% de la recomendación estimada). Por su parte, la ingesta de hidratos de carbono apareció muy reducida (4,6 g/kg al día, frente a los 7 g/kg al día recomendados), lo que probablemente influyó negativamente a la hora de suministrar la energía necesaria para la prueba.[33]

Como último ejemplo, en 2004 se realizó un estudio sobre 38 triatletas brasileños con el propósito de esclarecer si la dieta que llevaban a cabo proveía las cantidades óptimas de macronutrientes. El aporte energético total fue 3679,37 Kcal en hombres y 2365,31 Kcal en mujeres, siendo ambos inadecuados para el desempeño de la prueba en cuestión. Los valores de cada uno de los macronutrientes para los sujetos masculinos se cifraron en 7,3 g/kg al día de hidratos de carbono; 2,0 g/kg al día de proteínas; y 1,6 g/kg al día de lípidos. Por otro lado, los valores correspondientes a las corredoras femeninas fueron 5,9 g/kg al día de hidratos de carbono; 1,6 g/kg al día de proteínas; y 1,3 g/kg al día de lípidos. Dichos resultados determinaron que únicamente el aporte de hidratos de carbono fue inadecuado para este grupo de deportistas.[34]

Como se puede observar las variaciones recogidas son considerables. No obstante, existe una explicación coherente para esta aleatoriedad, la cual está relacionada con las características morfológicas de cada grupo estudiado, así como el tipo de prueba que lleven a cabo (distancia, modalidad, condiciones climatológicas del país en cuestión, nivel de entrenamiento, etc.).

En los participantes de este estudio, los corredores canarios han evidenciado que ponen en práctica regímenes dietéticos cuya proporción de macronutrientes no es la óptima. A pesar de que las necesidades de energía se consideran abastecidas, es necesario hacer hincapié en la optimización del consumo de grasas y de proteínas. Para ello, un asesoramiento adecuado por parte de especialistas en nutrición, una mejor educación alimentaria y un seguimiento constante del deportista, podrían suponer un incremento muy favorable en su rendimiento físico, así como en la adquisición de hábitos de alimentación más saludables.

Por último, este estudio espera que los resultados brindados sirvan de ayuda y contribuyan tanto a la mejora de la alimentación del deportista como a la investigación futura por parte de la comunidad científica de este campo.

CONCLUSIONES

Tras examinar y discutir los resultados observados en este estudio, se plasman las siguientes conclusiones:

1. La cantidad de energía que los corredores canarios obtienen a través de la dieta es adecuada para el desempeño de una carrera de larga distancia.
2. Aún sin conocer el aporte de agua líquida que toman los corredores de este estudio, las necesidades hídricas están cubiertas entre el 47,86% y el 71,79% sólo a partir del agua que aportan los alimentos.
3. El consumo de proteínas excede al valor recomendado en un 36,45%.
4. El consumo de hidratos de carbono durante las 24 horas previas a la carrera se encuentra dentro del rango óptimo recomendado.
5. El consumo de grasas en general se considera elevado, superando en un 30,9% al valor recomendado. A pesar de ello, la ingesta de las mismas resulta saludable debido al apropiado balance de los diferentes tipos de ácidos grasos, siendo los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) los más abundantes (12,31%).
6. La ingesta de colesterol es muy superior a la recomendación establecida.
7. Los aportes de las vitaminas A y B12 se ciñen a las recomendaciones, mientras que para las vitaminas B6, C, D y E se hallan valores que no se ajustan a las referencias. El consumo de las vitaminas B6 y C es excesivo (50,56% y 278,78% por encima de la ingesta óptima, respectivamente) mientras que el consumo de las vitaminas D y E es insuficiente (34,8% y 68% de la ingesta óptima, respectivamente).
8. El aporte de los minerales es adecuado a excepción del magnesio (Mg) y del potasio (K), ya que ambos exceden los valores recomendables en un 37,06% y en un 36,35%, respectivamente.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- La extrema dificultad que supone cuantificar de forma fiable lo que una persona come, lo que conlleva una ligera inexactitud en las mediciones y por tanto, en los resultados.
- No se han tenido en cuenta ni los picoteos entre comidas ni los suplementos (tanto energéticos como vitamínicos); lo que puede alterar sutilmente las medias en el aporte calórico y en las ingestas de macro y micronutrientes.
- No haber podido realizar las encuestas personalmente para llevar un mejor control de la recogida de datos.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor de este estudio declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González Gross M y col. La nutrición en la práctica deportiva: Adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta del deportista. Archivo del Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. 2001 septiembre; 321-331(4).

2. Martínez Sanz JM, Urdampilleta A, Mielgo Ayuso J y col. Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. European Journal of Human Movement. 2013 junio; 37-52(30).

3. Historia del atletismo. [Online].; 2008 [cited 2016 febrero 23]. Available from: http://www.historiadelatletismo.net/historia-maraton/.

4. Ramírez Vélez R, Argothy Bucheli R, Sánchez Puccini MB y col. Características antropométricas y funcionales de corredores colombianos de élite de larga distancia. Iatreria. 2015 julio-septiembre; 240-247(28(3)).

5. Dan Benardot. Replanteamiento de la termodinámica energética: estrategias de ingesta para la optimización de la composición corporal y el rendimiento de atletas. Pensar en movimiento. 2013 diciembre; 1-14(2).

6. Norton K, Olds T. Anthropometrica. Edición en español ed. Mazza JC, editor. Sidney, Australia: Southwood Press, Marrickville; 1996.

7. Nelson DL, Cox M. Lehninger: Principios de bioquímica. 5th ed. Freeman WH, editor. Barcelona, ESP: EGEDSA - Sabadell; 2009.

8. Espino González E, Muñoz Daw MJ, Candia Lujan R. Efectos en el rendimiento físico de la ingesta de suplementos con carbohidratos y proteína durante el ejercicio: revisión sistemática. Nutrición hospitalaria. 2015 agosto; 1926-1935(32(5)).

9. Villegas García JA, Zamora Navarro S. Necesidades nutricionales en deportistas. Archivos de Medicina del Deporte. 1991; 169-179(30).

10. Marcelo Fernández J, López Miranda J, Pérez Jiménez F. Índice glucémico y ejercicio físico. Medicina del Deporte. 2008 agosto; 117-124(1(3)).

11. Nuviala RJ. Lípidos y ejercicio físico. Archivos de Medicina del Deporte. 2002 enero; 317-329(90).

12. Urdampilleta A, Vicente Salar N, Martínez Sanz JM. Necesidades proteicas de los deportistas y pautas dietético-nutricionales para la ganacia de masa muscular. Nutrición Humana y dietética. 2011 septiembre; 25-35(16(1)).

13. Bescós García R. Evaluación de la ingesta de proteínas en deportes de resistencia. Archivos de Medicina del Deporte. 2005; 205-211(107).

14. Gómez Ribelles JL, Monleón Pradas M, Ribes Greus A. Termodinámica: Análisis exergético. Edición en español ed. Barcelona, ESP: Reverté S.A.; 1990.

15. Marcos Plasencia LG. Obesidad: Política, Economía y Sociedad. Estrategias de intervención contra la obesidad. Trastorno de la conducta alimentaria. La Habana, Cuba; 2010 enero. p. 1231-1258.

16. González Brito A. Fisiología de la Actividad Física y del Deporte. 2015. Teoría impartida en el Grado de Fisioterapia de Universidad de La Laguna.

17. Petro JL. Metabolismo energético durante el esfuerzo físico. Rentería I, Arenas Berumen E, editor. Memorias del XII Congreso Internacional de Actividad Física y Ciencias del Deporte. Baja California, MEX: Valle Dorado; 2015. p. 204-212.

18. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins WK, editor. Buenos Aires, Argentina: Panamericana; 2015

19. R Montecinos JE. Requerimientos energéticos en las carreras atléticas. Centro de investigación Médico-Deportiva de Barcelona. 1982; 231-243(19).

20. Alonso Curiel D. La aplicación de ritmos de carrera en el entrenamiento de la prueba de Maratón para la mejora del rendimiento mediante la utilización de las reservas lipolíticas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. 2003; 1-14(3(9)).

21. Djurisic Z, Scott C. Oxidación Metabólica de la Glucosa: Consideraciones Termodinámicas para el Gasto de Energía Anaeróbico y Aeróbico. PubliCE Premium. 2008 enero.

22. Lopategui Corsino E. Funcionamiento muscular durante el ejercicio. Universidad Interamericana de PR. 2007.

23. Manonelles Marqueta P. Utilidad en el deporte de las bebidas de reposición con carbohidratos. Archivos de Medicina del Deporte. 2011 diciembre; 542-553(238).

24. Caldas Zarate R. Estado de hidratación y capacidad de trabajo físico. Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquía. 2008; 17-33(2).

25. Pérez Guisado J. El deportista y el pH: importancia del lactato y la dieta. Medicina del Deporte. 2010 febrero; 103-107(45(166)).

26. Universidad Miguel Hernández. Cuestionario de frecuencia alimentaria. Departamento de Salud Pública y Epidemiología. 2002.

27. Gutiérrez Bedmar M, Gómez Aracena J, Mariscal A, y col. NUTRISOL: un programa informático para la evaluación nutricional comunitaria y hospitalaria de acceso libre. Nutrición Hospitalaria. 2008, enero-febrero; 23(1)

28. Medline Plus: Colesterol. [Online].; 2015 [cited 2016 mayo 6]. Available from: https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/cholesterol.html.

29. Medline Plus: Vitaminas. [Online].; 2016 [cited 2016 mayo 9]. Available from: https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002399.htm.

30. Henufood: Minerales. [Online].; 2015 [cited 2016 mayo 10]. Available from: http://www.henufood.com/nutricion-salud/aprende-a-comer/minerales/.

31. Ferreira ML, Bardelli FB, Nelio E. Evaluación de la ingesta del deportista de alto rendimiendo del CENARD. Revista electrónica de Ciencias aplicadas al Deporte. 2008 junio; 1-15(1).

32. Onywera VO, Kiplamai FK, Boit MK. Food and macronutrient intake of elite Kenyan distance runners. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2004 diciembre; 709-719 (14(6)).

33. Lassalle C, Onzari M, Fernández G. Optimización de las características alimentarias, antropométricas y de percepción del esfuerzo en triatletas de media y larga distancia. Revista electrónica de Ciencias aplicadas al Deporte. 2011 diciembre; 22(15).

34. Nogueira JA, Da Costa TH. Nutrient intake and eating habits of elite triathletes on a Brazilian diet. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2004 diciembre; 684-697 (14(6)).

ANEXO 1: Encuesta nutricional en corredores de fondo canarios

Esta breve encuesta está diseñada para conocer el tipo de dieta que llevan a cabo los fondistas canarios las 24 horas previas a la prueba. Su estructura consta de una primera parte formada por preguntas acerca de datos personales y de características de la modalidad deportiva (tales como tipo de prueba que se suele realizar o el tipo de terreno donde se corre con más frecuencia) y de una segunda parte que trata de la clasificación de las comidas que ingieren según el grupo alimenticio (tema que realmente concierne a este estudio).

Esta encuesta es completamente anónima.

1. Datos personales (*Obligatorio)

En esta primera parte de la encuesta se responderá a ciertos parámetros generales que hay que conocer antes de rellenar la parte nutricional del formulario.

1. **Edad** *

_____

2. **Sexo** *

Marca solo un óvalo.

- ( ) Hombre
- ( ) Mujer

3. **Altura en cm (descalzo)** *

_____

4. **Peso en kg** *

_____

5. **¿Hace cuánto que realiza actividad física?** *

_____

6. **¿Podría estimar cuánto tiempo lleva entrenando de forma específica para este tipo de modalidad deportiva?** *

_____

7. **De media, ¿cuántas sesiones de entrenamiento hace a la semana?** *

Marca solo un óvalo.

- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7

8. **Aproximadamente, ¿cuánto tiempo entrena por sesión?** *

_____

9. **¿Qué distancia suele realizar?** *

Sólo se consideran las carreras realizadas en un mismo día, es decir, se descartan aquéllas que requieran más de una jornada para su realización por ser extremadamente largas. Asimismo, marque aquella prueba que realice con más frecuencia (a pesar de que lleve a cabo varias).

Marca solo un óvalo.

- 10km
- Media Maratón (21.097 metros)
- Maratón (42.195 metros)
- Ultramaratón (desde 50km a 160km)
- Otro: _____

10. **¿Qué marca suele realizar?** *

Se considerará su respuesta en función del tipo de prueba que suele realizar. Por lo tanto, si realiza con más frecuencia distancia maratón, responda su tiempo medio en dicha prueba (por ejemplo).

Marca solo un óvalo.

- <1h
- 1h30' - 2h
- 2h - 2h30'
- 2h30' - 3h
- 3h - 3h30'
- 3h30' - 4h
- 4h - 430'
- 4h30' - 5h
- >5h

11. **¿En qué tipo de terreno suele correr?** *

Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] Asfalto
- [ ] Tierra
- [ ] Tartán
- [ ] Césped
- [ ] Arena
- [ ] Otro: _____

12. **¿En cuántas pruebas ha participado aproximadamente?** *

Marca solo un óvalo.

- ( ) 1 - 5
- ( ) 5 - 10
- ( ) 10 - 15
- ( ) 15 - 20
- ( ) 20 - 25
- ( ) >25

13. **¿Alguna vez se ha retirado durante la realización de una prueba?** *

Marca solo un óvalo.

- ( ) Sí
- ( ) No

14. **En el caso de que la respuesta anterior haya sido afirmativa, ¿cuáles cree que han sido los motivos principales para abandonar?**

Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] Cansancio
- [ ] Lesión o riesgo de lesión
- [ ] Malas condiciones climatológicas
- [ ] Desinterés
- [ ] Agotamiento psicológico
- [ ] Deshidratación
- [ ] Insolación
- [ ] Otro: _____

15. **¿Padece algún tipo de trastorno alimenticio? (Diabetes Mellitus, Enfermedad de Crohn, etc.) En caso afirmativo, cuál?** *

_____

2. Hábitos dietéticos

INSTRUCCIONES:

- En la encuesta se pregunta qué cantidades se consumen de los alimentos señalados durante las 24 HORAS PREVIAS A LA PRUEBA que se va a realizar. Por lo tanto, se ha estructurado el formulario dividiéndolo en 3 secciones correspondientes a la parte de hábitos dietéticos: la primera sección engloba los alimentos consumidos durante el ALMUERZO del día anterior a la prueba; la segunda sección trata de los ingeridos en la CENA del día anterior a la prueba; y la tercera y última sección, considera los productos tomados en el DESAYUNO del mismo día de la prueba.
- Por favor, marque su respuesta para todos los alimentos, incluso si no los come (marcando entonces la opción "0").
- Trate de adaptar su respuesta al máximo fijándose en las cantidades que vienen ya establecidas (cucharadas, tazas, etc.)
- Asegúrese de leer bien todas las opciones dentro de cada grupo alimenticio con el fin de concretar con la mayor exactitud posible lo que come. Por ejemplo: fíjese si la leche que toma es desnatada, semidesnatada o entera.
- Siga estas instrucciones y trate de responder lo mejor posible, teniendo en cuenta el consumo del alimento aislado, así como el añadido a otros platos. Por ejemplo: los huevos que lleva una tortilla, el pollo que le pone a una paella, la leche en el café, etc.
- Al final del seguimiento nutricional, encontrará un anexo de cuestiones varias relacionadas con costumbres dietéticas.
- Si tiene dudas, pida la colaboración de un familiar o amigo, o llame al teléfono de contacto indicado en la sección 1.

2.1 Alimentos ingeridos en el ALMUERZO

En esta sección deberá señalar qué alimentos y en qué cantidades ingiere en el almuerzo del día previo a la prueba (recuerde marcar también los productos que no consuma, tachando la casilla “0”).

16. **I. Lacteos** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Leche entera (1 vaso o taza, 200ml)							
Leche semidesnatada (1 vaso o taza, 200 ml)							
Leche desnatada (1 vaso o taza, 200ml)							
Leche condensada (1 cucharada)							
Yogurt (Uno, 125g)							
Requesón, cuajada, queso blanco o fresco (100g)							
Queso cremoso o en porciones (una porción)							
Queso curado o semicurado, manchego (1 trozo, 50g)							
Natillas, flan, puding (uno)							
Helados (1 cucurucho, vasito o bola)							

17. **II. Huevos, carnes y pescados** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Huevos de gallina (uno)							
Pollo con piel (1 plato o pieza)							
Pollo sin piel (1 plato o pieza)							
Carne de ternera, cerdo, cordero como plato principal (1 plato o pieza)							
Carne de caza: conejo, codorniz, pato (1 plato)							
Hígado de ternera, cerdo o pollo (1 plato)							
Vísceras: callos, sesos, mollejas (1 ración, 100g)							
Embutidos: jamón, salchichón, salami, mortadela (1 ración, 50g)							
Salchichas y similares (una mediana)							
Patés, foie-gras (media ración, 50g)							
Hamburguesa (una, 100g)							
Tocino, bacon, panceta (2 lonchas, 50g)							
Pescado frito variado (un plato o ración)							
Pescado hervido o a la plancha: merluza, lenguado, sardinas, atún (1 ración)							
Pescados en salazón: bacalao, anchoas (media ración, 50g)							
Pescados en conservas: atún, sardinas, arenques (1 lata)							
Almejas, mejillones, ostras (1 ración, 100g)							
Calamares, pulpo (1 ración, 100g)							
Marisco: gambas, langosta y similares (1 ración, 100g)							

18. **III. Verduras y legumbres** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Espinacas cocinadas (1 plato)							
Col, coliflor, brócolis cocinados (1 plato)							
Lechuga, endivias, escarola (1 plato)							
Tomates (uno mediano)							
Cebolla (una mediana)							
Zanahoria, calabaza (una)							
Judías verdes cocinadas (1 plato)							
Berenjenas, calabacines, pepinos (uno)							
Pimientos (uno)							
Espárragos (una ración o plato)							
Champiñones, setas (1 plato)							
Legumbres cocinadas: lentejas, garbanzos, judías pintas o blancas (1 plato mediano)							
Guisantes cocinados (1 plato)							

19. **IV. Frutas** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Naranjas, pomelo, mandarinas (una)							
Zumo de naranja natural (un vaso pequeño, 125ml)							
Plátano (uno)							
Manzana, pera (una mediana)							
Fresas (1 plato o taza de postre)							
Cerezas (1 plato o taza de postre)							
Melocotón, albaricoques (uno mediano)							
Higos frescos (uno)							
Sandía, melón (1 tajada mediana)							
Uvas (un racimo mediano o plato de postre)							
Aceitunas (tapa o plato pequeño, aprox. 15 unidades pequeñas)							
Frutas en almíbar: melocotón, peras, piña (2 mitades o rodajas)							
Frutos secos: piñones, almendras, cacahuetes, avellanas (1 plato o bolsita pequeña)							

20. **V. Pan, cereales y similares** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Pan blanco (una pieza pequeña o 3 rodajas de molde, 60g)							
Pan integral (pieza pequeña o 3 rodajas de molde)							
Picos, roscos y similares (una unidad, 3'5g)							
Patatas fritas (1 ración, 100g)							
Patatas cocidas, asadas (1 patata mediana)							
Bolsa de patatas fritas (1 bolsa pequeña, 25-30g)							
Arroz cocinado (1 plato mediano)							
Pastas: espagueti, macarrones y similares (1 plato)							
Gofio (1 ración, 100g)							

21. **VI. Aceites y grasas** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Aceite de oliva (1 cucharada)							
Otros aceites vegetales: girasol, maíz, soja (1 cucharada)							
Margarina añadida al pan o a la comida (1 cucharada o untada)							
Mantequilla añadida al pan o a la comida (1 cucharada o untada)							
Manteca (de cerdo) añadida al pan o a la comida (1 cucharada o untada)							

22. **VII. Dulces y pastelería** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Galletas tipo María (1 galleta)							
Galletas con chocolate (1 galleta)							
Croissant, donuts (uno)							
Magdalena, bizcocho (uno)							
Pasteles, tarta (unidad o trozo mediano)							
Churros (masa frita) (1 ración)							
Chocolate, bombones (una barrita o dos bombones, 30g)							
Chocolate en polvo o similares (1 cucharada)							

23. **VIII. Bebidas** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Vino blanco, tinto o rosado (1 vaso, 125ml)							
Cerveza (una caña o botellín 1/5, 200ml)							
Cerveza sin alcohol (un botellín 1/5 o 200ml)							
Brandy, ginebra, ron, whisky, vodka, aguardientes 40º (1 copa, 50ml)							
Refrescos con gas: cola, naranja, limón (Ej. cocacola, fanta, etc.) (uno, 250ml)							
Zumo de frutas envasado (1 lata pequeña o vaso, 200ml)							
Café (1 taza)							
Café descafeinado (1 taza)							
Té (1 taza)							

24. **IX. Precocinados, preelaborados y misceláneas** *

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1/2	1	2	3	4	5 ó >5
Croquetas (una)							
Palitos o delicias de pescado frito (una unidad)							
Sopas y cremas de sobre (1 plato)							
Mayonesa (1 cucharada)							
Salsa de tomate (media taza)							
Picantes: tabasco, pimienta, guindilla (1/2 cucharadita)							
Sal (1 pizca o pellizco con dos dedos)							
Ajo (1 diente)							
Mermeladas,miel (1 cucharada)							
Azúcar (Ej. en el café, postres, etc.) (1 cucharadita)							

2.2 y 2.3 Alimentos ingeridos en la CENA y en el DESAYUNO

[A fin de evitar que este anexo sea demasiado extenso, se han suprimido las casillas correspondientes a los grupos alimenticios para la cena y el desayuno, ya que son exactamente iguales que las que se presentan para el almuerzo.]

3. Anexo: Costumbres dietéticas

En esta última sección deberá responder a un breve conjunto de cuestiones relacionadas con sus costumbres dietéticas.

43. **¿Qué hace usted con la grasa visible cuando come carne?** *

Marca solo un óvalo.

- La quito toda
- Quito la mayoría
- Quito un poco
- No quito nada

44. **¿Cada cuanto tiempo come comidas fritas? (Fuera o dentro de casa)** *

Marca solo un óvalo.

- A diario
- 4-6 Veces por semana
- 1-3 Veces por semana
- Menos de 1 vez por semana

45. **¿Qué clase de grasa o aceite usa para aliñar?** *

Marca solo un óvalo.

- Manteca/Mantequilla
- Margarina
- Aceite de oliva
- Otros aceites vegetales

46. **¿Qué clase de grasa o aceite usa para cocinar/freír?** *

Marca solo un óvalo.

- Manteca/Mantequilla
- Margarina
- Aceite de oliva
- Otros aceites vegetales

47. **¿Toma usted algún producto de vitaminas? Si la respuesta es "sí", cuál?** *

_____

48. **¿Hace uso usted de algún tipo de suplemento energético antes, durante o después de la carrera? Si su respuesta es afirmativa, por favor, indique el tipo de dicho suplemento y el momento en el que lo toma.** *

_____

49. **¿Hace usted algún tipo de dieta? Si la respuesta es "sí", cuál?** *

_____

50. **¿Ha cambiado su dieta durante el año pasado?** *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

51. **¿Ha cambiado su peso durante el último año?** *

Marca solo un óvalo.

- No, peso lo mismo.
- Sí, he aumentado mi peso.
- Sí, he disminuido mi peso.