



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

TRABAJO FIN DE GRADO

Investigación Aplicada

Doble Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y en
Educación Primaria con mención en lengua extranjera: Inglés y mención
en Educación Física

Alumna: Celia Recio Ochovo

Profesor: Diego Moreno Pérez

Curso: 2022 – 2023

Fecha: 25 de Abril de 2023

TRABAJO FIN DE GRADO

Investigación Aplicada

“Efectos de la suplementación con cacao en la composición corporal en atletas de resistencia”.



Alumna: Celia Recio Ochovo

Profesor: Diego Moreno Pérez

Curso: 2022 – 2023

Fecha: 25 de Abril de 2023

ÍNDICE

1. <u>Resumen/Abstract y palabras clave</u>	6
2. <u>Introducción y justificación del tema elegido</u>	8
3. <u>Marco teórico</u>	9
3.1. Concepto de Resistencia y factores determinantes del rendimiento	9
3.1.1. Consumo máximo de Oxígeno (VO ₂ máx)	9
3.1.2. Umbral Anaeróbico (UAN)	9
3.1.3. Eficiencia energética	10
3.1.4. Capacidad y Potencia Anaeróbica	10
3.2. Ayudas ergogénicas	10
3.3. Ayudas ergonómicas nutricionales	12
3.3.1. Macronutrientes	12
3.3.1.1. Hidratos de Carbono	12
3.3.1.2. Lípidos	12
3.3.1.3. Proteínas	13
3.3.2. Clasificación según función y demandas de los micro/macro – nutrientes	14
3.4. Alimentos funcionales	14
3.4.1. Alimentos funcionales ricos en polifenoles	17
3.4.2. Propiedades beneficiosas de los polifenoles	19
3.5. El cacao	20
3.5.1. Efectos en la composición corporal	23
3.5.2. Efectos en el rendimiento deportivo	25
4. <u>Objetivos e hipótesis</u>	27

5. <u>Método</u>	28
5.1. Participantes	28
5.2 Instrumentos	29
5.3. Procedimiento.....	30
5.4. Análisis de datos.....	32
6. <u>Resultados</u>	33
7. <u>Discusión</u>	35
8. <u>Conclusiones</u>	39
9. <u>Reflexión del TFG</u>	40
10. <u>Referencias bibliográficas y webgrafía</u>	41

NDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figuras

Figura 3.1: Estructura del grupo fenol (simple)	17
Figura 3.2: Variación del contenido de polifenoles totales en el proceso de elaboración del chocolate de mesa	22
Figura 3.3: Contenido de polifenoles totales de los diferentes chocolates de mesa	22
Figura 5.1: Diagrama de flujo del estudio	28
Figura 6.1: Niveles de adipquinas antes y después de 10 semanas de suplementación con placebo o cacao	34

Tablas

Tabla 3.1: Composición química del cacao	21
Tabla 3.2: Composición del cacao por cada 100g	21
Tabla 5.1: Macronutrientes, energía total y composición en fibra de la dieta de los atletas	31
Tabla 6.1: Parámetros de composición corporal	33
Tabla 6.2: Determinaciones de la prueba de VO₂máx y medición del rendimiento	34

1. Resumen/Abstract y palabras clave

Resumen:

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) es la muestra de los conocimientos adquiridos a lo largo de los cinco años de formación universitaria en el ámbito de las Ciencias del Deporte. En concreto, se trata de una investigación aplicada en la que se ha llevado a cabo un estudio de los efectos de la suplementación con cacao en la composición corporal en deportistas de resistencia.

El cacao es una sustancia con un alto contenido de flavonoides, como la (-) epicatequina o la catequina, que tiene efectos beneficiosos en la salud como antioxidante, antiinflamatorio y neuroprotector. Estos beneficios revierten en mejoras en el rendimiento deportivo, entre las que se pueden destacar las siguientes: mejora en la recuperación muscular gracias al aumento de FSTN (folistatina) y la reducción en el porcentaje de masa grasa corporal, concretamente del tronco y extremidades inferiores. El conocimiento y estudio de estos efectos puede servir de ayuda a aquellos deportistas que quieran mejorar su rendimiento.

El objetivo de este TFG es brindar una base científica al uso del cacao como suplemento en el ámbito deportivo y ser una aportación de utilidad al resto de investigaciones relacionadas con la suplementación con cacao, ya que la evidencia científica existente es muy baja.

Palabras clave: investigación aplicada, suplementación con cacao, composición corporal, miostatina y folistatina.

Abstract:

This Final Degree Project (FDP) is the sample of the knowledge acquired throughout the five years of university education in the field of Sports Sciences. Specifically, it is applied research in which a study of the effects of cocoa supplementation on body composition in endurance athletes has been carried out.

Cocoa is a substance with a high content of flavonoids, such as (-) epicatechin or catechin, which has beneficial effects on health as an antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective. These benefits revert to improvements in sports performance, among which the following can be highlighted: improvement in muscle recovery thanks to the increase in FSTN (follistatin) and the reduction in the percentage of body fat mass, specifically of the trunk and lower extremities. The knowledge and study of these effects can help those athletes who want to improve their performance.

The objective of this FDP is to provide a scientific basis for the use of cocoa as a supplement in the sports field and to be a useful contribution to the rest of research related to cocoa supplementation, since the actual scientific evidence is very low.

Key words: applied research, cocoa supplementation, body composition, myostatin and follistatin.

2. Introducción y justificación del tema elegido

El cacao es una sustancia que consume un gran número de personas en el mundo y existen diversos estudios sobre sus efectos tanto en la salud como en la composición corporal en ámbitos como el sanitario o el deportivo. Tiene un alto contenido en compuestos bioactivos, como flavonoides, lo que hace que se considere una sustancia que aporta beneficios para la salud: propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y neuroprotectoras.

La investigación de la suplementación en el ámbito deportivo está creciendo, entre ellas, la suplementación con cacao ya que se ha ido probando que tiene efectos positivos en el rendimiento deportivo. Dentro de estos efectos positivos se podrían destacar: mejora en la recuperación muscular, en el estado de ánimo y en el rendimiento. Este aumento del interés de las investigaciones de suplementaciones en el ámbito deportivo se debe a que los deportistas, sobre todo los de alto rendimiento, quieren utilizar de forma legal y segura elementos o sustancias que les ayuden. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la evidencia científica es limitada y se requiere más investigación, por lo que este Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene el objeto de ser una aportación al campo de la investigación de la suplementación con cacao en deportistas.

El tema de este TFG es una investigación aplicada sobre los efectos de la suplementación con cacao en la composición corporal en atletas de resistencia. A la hora de elegir temática para el TFG, el tutor me propuso diferentes líneas de investigación, pero me decanté por esta porque la suplementación en el deporte es un área que me llama la atención y era una oportunidad para conocer e indagar más profundamente en qué hay detrás de un suplemento deportivo. Dentro de la temática de suplementación me propuso dos elementos: el cacao y la remolacha. Decidí trabajar sobre el cacao porque considero que es una sustancia muy común en el mundo y que las personas consumen de manera habitual. Además, sería una oportunidad para no sólo conocer los efectos que tiene en el ámbito deportivo, sino también de conocer qué efectos tiene de forma general en la composición corporal.

3. Marco teórico

3.1. Concepto de Resistencia y factores determinantes del rendimiento

El concepto de “Resistencia” puede definirse de varias formas, pero todas ellas podrían sintetizarse en unos puntos clave siguiendo lo propuesto en Esteve et al. (2010): es la capacidad física y mental de ser capaz de mantener una intensidad de esfuerzo, dependiente del tiempo, y retrasar la fatiga y sus efectos. Verjoshanski (2008) planteó la división entre deportes cíclicos y acíclicos para aclarar algunos aspectos del concepto de resistencia. En la resistencia en deportes cíclicos existen unos factores que determinan el rendimiento: el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{máx}$), el umbral anaeróbico (UAN), la eficiencia energética y la capacidad y potencia anaeróbica. (Esteve et al., 2010)

3.1.1. Consumo máximo de Oxígeno ($VO_2\text{máx}$)

El $VO_2\text{máx}$, también conocido como Velocidad/Potencia Aeróbica Máxima (VAM/PAM), sirve como base para la planificación de entrenamientos y condiciona la economía. En bajos o medios niveles de resistencia, es la variable con la que se puede definir la capacidad cardiorrespiratoria del sujeto. Dependiendo del rendimiento de los sujetos, los niveles de resistencia varían, viendo que los deportistas de alto rendimiento duplican, como mínimo, a los de bajo nivel. Así mismo, es importante tener en cuenta que el $VO_2\text{máx}$ funciona tanto como determinante (en pruebas de corta duración), como limitante (en pruebas de larga duración) y su desarrollo es importante para facilitar la recuperación rápida (Esteve et al., 2010).

3.1.2. Umbral Anaeróbico (UAN)

El umbral anaeróbico (UAN) es la capacidad de mantener durante un largo periodo de tiempo una misma velocidad, es decir, es la relación entre el tiempo del esfuerzo y el $VO_2\text{máx}$ mantenido en el mismo, describiendo así el índice de resistencia. Una vez la persona alcanza este umbral, la fatiga irá aumentando de forma no proporcional. Para el diseño de entrenamientos, es interesante tener en cuenta la velocidad o el porcentaje de $VO_2\text{máx}$ a la que se trabaja en este umbral (Esteve et al., 2010).

3.1.3. Eficiencia energética

La eficiencia energética es la habilidad que tiene el cuerpo de gastar la menor energía posible a una determinada velocidad (o carga de trabajo). Se mide con el porcentaje de VO_2 máx solicitado a una velocidad constante determinada y, en relación con deportistas de resistencia muy entrenados, es determinante cuando existen factores como la termorregulación, la fatiga muscular o la cantidad de energía acumulada, que son limitantes. La eficiencia energética también se considera un aspecto crucial cuando la temperatura ambiental o el tiempo de esfuerzo afectan, provocando la deriva de la frecuencia cardíaca, relacionada con el componente lento del VO_2 máx. A diferencia de los esfuerzos cortos, en los deportes de larga duración es fundamental ya que el objetivo es mantener el máximo tiempo posible una determinada cantidad de energía (Esteve et al., 2010).

3.1.4. Capacidad y Potencia Anaeróbica

La capacidad anaeróbica, en el ámbito del entrenamiento, es también conocida como capacidad/potencia glucolítica ya que la vía energética que predomina es la glucolítica. A la hora de realizar esfuerzos, la única forma de incrementar la intensidad una vez alcanzado un determinado porcentaje de VO_2 máx es aumentando la producción de energía anaeróbica. Esta capacidad anaeróbica es la habilidad de generar mucha energía por unidad de tiempo, de mantener un largo tiempo de esfuerzo con un predominio anaeróbico. Para poder determinar si un sujeto se encuentra o no en su zona de capacidad anaeróbica, se toman muestras de control del lactato. A diferencia de los deportes acíclicos, en los deportes cíclicos son esfuerzos continuos donde el ritmo aumenta por encima de la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM) durante varios minutos (Esteve et al., 2010).

3.2. Ayudas ergogénicas

Teniendo en cuenta los factores que influyen en el rendimiento de los deportistas, existen unas ayudas ergogénicas que pueden contribuir en el rendimiento del sujeto.

La palabra ergogénica procede del griego “ergos” + “génesis” y podría definirse como la economía en la utilización, control y eficiencia de energía (Naclerio, 2008). Por tanto, las ayudas ergogénicas se refieren a cualquier sustancia, técnica, método, material o equipamiento que favorece la disponibilidad de energía y sirven para

mejorar el rendimiento y recuperación del deportista. (Figuerola y Naclerio, 2010). Atendiendo a su naturaleza, pueden clasificarse en cinco tipos: mecánicas, psicológicas, farmacológicas, fisiológicas y nutricionales (Williams, 1998).

- A) Las ayudas mecánicas: se corresponden con aquellas que tienen que ver con materiales, complementos o técnicas, como las tiras nasales o las zapatillas ergonómicas, relacionadas con las características físicas de los mismos e incluso del propio cuerpo, y con un empleo que mejora el rendimiento deportivo durante las competiciones y/o entrenamientos.
- B) Las ayudas psicológicas: como el control del estrés o la ansiedad, son técnicas y estrategias de entrenamiento psicológico que ayudan a mejorar el rendimiento deportivo.
- C) Las ayudas farmacológicas: son aquellas sustancias químicas introducidas en el organismo con el fin de aumentar el rendimiento orgánico y/o la recuperación. Estas ayudas están prohibidas en el ámbito deportivo la mayoría de los casos ya que se consideran sustancias dopantes, como por ejemplo los esteroides anabolizantes.
- D) Las ayudas fisiológicas: como el bicarbonato sódico, el fosfato sódico o el glicerol, son sustancias presentes de forma natural en el organismo cuyo consumo potencia el rendimiento y/o la recuperación del deportista. Actualmente, algunas de ellas también están consideradas como sustancias dopantes en el ámbito deportivo.
- E) Las ayudas nutricionales: son aquellos complementos alimenticios dietéticos o nutracéuticos consumidos en relación con la secuencia deportiva (pre, intra o post entrenamiento). Dentro de este grupo se encuentran sustancias como concentrados de hidratos de carbono, ácidos grasos o aminoácidos, y su consumo es beneficioso para el deportista ya que afectan de forma directa o indirecta al rendimiento y a la recuperación.

Para la ingesta de estas ayudas, Figuerola y Naclerio (2010) plantean unos criterios: debe ser segura, legal, efectiva y necesaria, teniendo en cuenta también las variables contaminantes que existen para determinar su efecto ergogénico. Dentro de estas variables se encuentran: la dosis de producto, el tiempo de consumo, el tipo de población de estudio y el tipo de deporte realizado.

Tras haber analizado los factores necesarios para determinar la prescripción de ayudas ergogénicas, González – Gross et al. (2007) plantean una serie de casos en los que se pueden emplear estas ayudas:

- Equilibrar el aporte nutricional.
- Asegurar el aporte de elementos esenciales.
- Restituir los nutrientes que se alteran o destruyen por malos hábitos alimenticios.
- Mejorar la respuesta del organismo ante alergias y estados de estrés producidos por el entrenamiento y la competición.
- Ayudar a reducir los síntomas y riesgos y proteger de enfermedades relacionadas con la edad y retrasar los efectos del envejecimiento gracias a la prescripción fundamentalmente de alimentos funcionales con propiedades antioxidantes.
- Cubrir las mayores necesidades nutricionales.

3.3. Ayudas ergonómicas nutricionales

3.3.1. Macronutrientes

Las ayudas ergogénicas nutricionales se pueden clasificar atendiendo a su composición principal, en concreto según los tres tipos de macronutrientes: hidratos de carbono, lípidos y proteínas (Figuroa y Naclerio, 2010).

3.3.1.1. Hidratos de Carbono

En primer lugar se encuentran las ayudas de hidratos de carbono (o carbohidratos). Estos preparados alimenticios poseen altas concentraciones de maltosa y un alto índice glucémico, lo que es idóneo para la regeneración de glucógeno si se ingiere en horas posteriores al esfuerzo (Burke, 2021). La suplementación con este tipo de ayudas beneficia tanto la potencia como la resistencia aeróbica y la resistencia anaeróbica muy intensa, prolongada e intermitente, ayudando al llenado de los depósitos de glucógeno muscular y hepático.

3.3.1.2. Lípidos

En segundo lugar se encuentran las ayudas lipídicas. Estas ayudas se pueden dividir en cuatro grandes grupos: los ácidos grasos Omega 3, que ayudan a la distribución de oxígeno, absorción de nutrientes, síntesis y secreción de hormonas,

mejora el flujo sanguíneo y disminuye el catabolismo muscular (Fontani et al., 2005); el ácido linoleico conjugado (CLA), cuya suplementación a falta de evidencias científicas concluyentes se ha recomendado para el tratamiento de cardiopatías y enfermedades neoplásicas, mejorar el rendimiento físico, reducir los niveles de grasa corporal, reducir el catabolismo muscular y mejorar la capacidad de tolerancia a altas cargas de entrenamiento en varones jóvenes (Kreider et al., 2002); los triglicéridos de cadena media (MCT), formados por ácidos grasos de cadena corta (4 a 6 Carbonos) y media (8 a 12 Carbonos) que se encuentran en productos lácteos y que debido a su rápida asimilación, son utilizados para el ahorro de glucógeno o el mantenimiento de la intensidad de los esfuerzos cuando las reservas de carbohidratos son escasas (Burke et al., 2021); y el glicerol, un alcohol de tres carbonos que actúa como retenedor de agua en los tejidos, es decir, contribuye al aumento de la hiperhidratación y rehidratación, permitiendo mantener una frecuencia cardíaca y temperatura corporal baja durante la práctica de ejercicio (Wagner, 1995; Figueroa y Naclerio, 2010). Este último está considerado actualmente como sustancia dopante en el mundo del deporte.

3.3.1.3. Proteínas

En tercer lugar se encuentran las ayudas proteicas. En su mayoría, los preparados proteicos son producidos y obtenidos a partir de la leche, el huevo, el calostro de bovino, la soja y del trigo (excepcionalmente). Dependiendo del procesamiento durante su elaboración, la calidad variará (Etzel, 2004; Hoffman y Falvo, 2004).

- A) Las proteínas de suero láctico (whey): son ricas en aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, pero carecen de otros aminoácidos importantes para el desarrollo de funciones relacionados con la actividad neuronal y síntesis de sustratos y proteínas neuronales. Es por eso por lo que se recomienda reforzar este tipo de suplementación con aminoácidos como la fenilalanina o arginina.
- B) Las proteínas de caseína: se encuentran en bolos o micelas que ralentizan su velocidad de absorción condicionando el paso a la sangre de los aminoácidos aportados, siendo más sostenido y constante.
- C) Las proteínas de calostro de bovino: se obtienen del líquido secretado antes de la leche materna en los tres días posteriores al parto y contienen

elementos que ayudan en el desarrollo celular y síntesis de ADN, por lo que la suplementación con estas proteínas pueden favorecer la recuperación y el desarrollo muscular.

- D) Las proteínas de soja: aunque son de origen vegetal, son completas y contienen cantidades elevadas de aminoácidos ramificados, glutamina y arginina, que influyen en la actividad neuronal y síntesis de sustratos y proteínas neuronales.

3.3.2. Clasificación según función y demandas de los micro/macro – nutrientes

La clasificación de las ayudas ergogénicas nutricionales también puede establecerse según las funciones y demandas de los micro/macro – nutrientes, los aminoácidos y sustancias derivadas o el agua (Naclerio, 2008).

- A) Los optimizadores del rendimiento y la recuperación: favorecen el desarrollo de procesos de producción de energía, protegen la masa muscular y cumplen funciones esenciales en el metabolismo.
- B) Los estimulantes y para controlar el peso corporal: que modifican la respuesta neuroendocrina y metabólica. En su mayoría son considerados fármacos, no suplementos o integradores nutricionales.
- C) Los optimizadores de la dieta: centrados en la mejora de la calidad y aporte nutricional. Poseen diferentes concentraciones de micro y macro – nutrientes y pueden dividirse en aquellos que aportan una mayor proporción de hidratos de carbono y aquellos que aportan una mayor proporción de proteínas.
- D) Los suplementos nutricionales funcionales: donde se engloban ciertas vitaminas y minerales, nutrientes como ácidos grasos esenciales, polifenoles o isoflavonoides. Este grupo de suplementos tienen efectos beneficiosos ya que pueden actuar como antioxidantes, ayudar en la metabolización o en la síntesis de hormonas o neurotransmisores.

3.4. Alimentos funcionales

Para definir el concepto de “alimento”, he seleccionado dos definiciones que he considerado más acertadas. La Real Academia Española (s.f.), en su segunda acepción, define el concepto de “alimento” como *“conjunto de cosas que el hombre y*

los animales comen o beben para subsistir". Por otro lado, Marcos et al. (2007) lo definen de la siguiente manera:

“sustancia o producto destinado a ser ingerido por los seres humanos o con probabilidad razonable de serlo, tanto si han sido transformados entera o parcialmente, como si no. Incluye bebida y goma de mascar y cualquier sustancia, incluida el agua, incorporada voluntariamente al alimento durante su fabricación, preparación o tratamiento”.

Otro concepto interesante es el de “alimento funcional”, desarrollado en Japón a principios de los años 80, gracias a que el Ministerio de Salud se preocupaba por los elevados gastos en salud de su población. Se creó un marco regulatorio conocido actualmente como FOSHU (Foods for Specified Health Use) para favorecer el desarrollo de estos alimentos (Araya y Lutz, 2003). En este caso, los alimentos funcionales eran definidos como “aquellos alimentos con efecto específico sobre la salud” de los cuales la población se puede beneficiar (Marcos et al., 2007).

Tras su aparición en Japón, se expandieron por todo el mundo, llegando a Estados Unidos, donde organizaciones como la FDA (Food and Drug Administration) se encargaron de establecer un marco legal para que tanto el público como la industria tengan la seguridad para verificar los alimentos que se oferten. Por el contrario, en Europa existe una polémica en este ámbito ya que no existe una regulación específica para ello. A pesar de ello, el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI Europe, International Life Sciences Institute in Europe) ha tenido un papel muy importante y su concepto de alimento funcional emitido en 1999 en el documento de consenso “FUunctional FOod Science in Europe” (FUFOSE) es el que mayor aceptación tiene (Marcos et al., 2007). Esta definición establece que un alimento funcional es “aquel que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, siendo relevante para la mejoría de la salud y el bienestar y/o la reducción del riesgo de enfermar” (ILSI Europe, 1999).

Además de esta definición, el ILSI Europe expone unas características de qué puede ser un alimento funcional (Marcos et al., 2007):

- Un alimento natural.
- Un alimento al que se le ha agregado o eliminado un componente por alguna tecnología o biotecnología.

- Un alimento donde la naturaleza de uno o más componentes ha sido variada.
- Un alimento en el cual la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes ha sido modificada.
- Cualquier combinación de las anteriores posibilidades.

Existen varios ejemplos de alimentos funcionales y pueden clasificarse siguiendo las características nutricionales complementarias y su recomendación de consumo (Araya y Lutz, 2003):

- a) Alimentos de bajo valor nutritivo. Por ejemplo: el ajo y la cebolla, alimentos con un alto aporte de flavonoides con propiedades antioxidantes que, tras varios estudios, se han relacionado con la disminución de riesgos de enfermedades cardiovasculares, estrés oxidativo y con efecto anticancerígeno. Otro alimento que también se incluye en este grupo es el té, ya que aporta polifenoles (específicamente flavonoides), correlacionados con la disminución de enfermedades crónicas no transmisibles. Aun así, para poder manifestar sus propiedades saludables, el consumo de té debe ser elevado, unos 30 mg diarios (5 o 6 tazas de té) o más.
- b) Alimentos con buen valor nutritivo. En este grupo se encuentran alimentos como los frijoles o el yogurt, con un alto valor nutritivo por su aporte de proteínas, almidones, fibra dietética, riboflavina o probióticos, entre otros elementos.
- c) Alimentos no convencionales. Un alimento se considera no convencional cuando no es consumido de forma habitual en la dieta de la gran mayoría de países. Por tanto, un ejemplo de este tipo de alimentos sería la semilla de linaza, con grandes porcentajes de elementos que poseen roles fisiológicos y que ayudan a reducir los riesgos de enfermedades crónicas no transmisibles.
- d) Alimentos controvertidos. En este grupo de alimentos se encuentran el vino y la cerveza y son controvertidos porque, a pesar de contener flavonoides y otros fitoquímicos saludables, no se debe incitar al consumo de bebidas alcohólicas porque es un riesgo para la salud.
- e) Alimentos condicionados. Un ejemplo de alimento de este grupo es el chocolate. La pasta de cacao contiene un alto contenido de polifenoles (flavonoles como la catequina y la epicatequina, flavonoles como la

quercetina, y antocianidinas como las cianidinas) y otras sustancias como la teobromina y cafeína. A pesar de ello, es un alimento con una gran cantidad de grasas saturadas y azúcares que lo hacen poco recomendable para personas con riesgo de obesidad y enfermedades relacionadas. Por tanto, su consumo debe ser de acuerdo con las características del sujeto al que va dirigido.

Además, el ISLI Europe establece unas áreas de aplicación de los Alimentos Funcionales como prioritarias (Marcos et al., 2007):

- Crecimiento y desarrollo en la primera infancia.
- Regulación de los procesos metabólicos básicos.
- Defensa contra el estrés oxidativo.
- Fisiología cardiovascular.
- Fisiología gastrointestinal.
- Rendimiento cognitivo y mental, incluidos el estado de ánimo y la rapidez de reacción.
- Rendimiento y mejora del estado físico.

3.4.1. Alimentos funcionales ricos en polifenoles

Los polifenoles son sustancias químicas que se encuentran principalmente en las plantas y se caracterizan por poseer más de un grupo fenol en su molécula (Fig. 3.1). Se originan como producto de su metabolismo secundario y algunos de ellos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales o participan en funciones de defensa ante estímulos o situaciones de estrés (Quiñones et al., 2012).

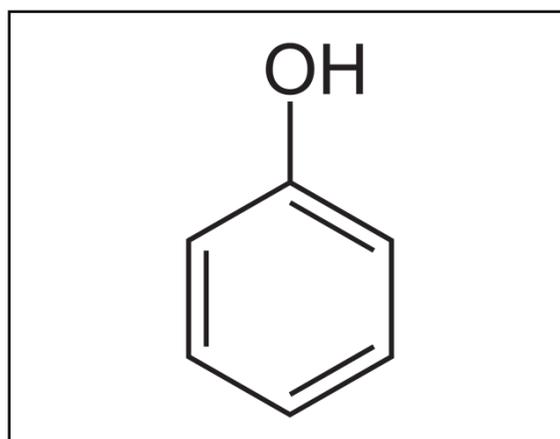


Figura 3.1: Estructura del grupo fenol (simple)

Los polifenoles se biosintetizan a partir de dos rutas primarias en el metabolismo secundario de las plantas: la ruta del ácido síquimo y la ruta de los poliacetatos. Existen varias clases y subclases de polifenoles en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan esos anillos: ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides (Quiñones et al., 2012).

En el caso de los flavonoides, un grupo de moléculas biológicamente activas, se originan a partir de rutas mixtas que combinan precursores de ambas rutas. El nombre de flavonoide deriva del latín “*flavus*”, que significa “amarillo” y es la clase de polifenoles más abundante. Además, hay una gran variedad de subgrupos de flavonoides dependiendo del estado de oxidación de uno de los anillos de la molécula (Quiñones et al., 2012). Los principales subgrupos de flavonoides son:

- a) Flavonoles: el compuesto más representativo de este grupo es la quercetina. Las frutas y verduras son la principal fuente de flavanoles y un ejemplo de alimentos ricos en ellos son el té y el vino.
- b) Flavonas: son el grupo menos abundante en los alimentos, pero hay alimentos como el perejil y el apio representan la única fuente comestible de este tipo de flavonoides.
- c) Flavanonas: es un grupo minoritario en los alimentos y aparecen en cítricos y tomates o plantas aromáticas como la menta. Se localizan principalmente en la parte sólida de la fruta, por eso se encuentran más concentradas en las piezas de fruta que en los zumos.
- d) Isoflavonas: la principal fuente de isoflavonas es la soja y sus derivados ya que se presentan de forma casi exclusiva en las plantas leguminosas.
- e) Antocianidinas: son compuestos que se encuentran de forma muy distribuida en la dieta humana. Algunos alimentos son ciertas variedades de cereales, en el vino tinto y algunos vegetales, pero mayoritariamente en frutas.
- f) Flavanoles: pueden aparecer en forma de monómeros (catequinas), dímeros condensados, oligómeros (procianidinas) o polímeros (proantocianidinas o taninos condensados). Mayoritariamente se encuentran en frutas y un ejemplo de alimentos son el té, el vino y el chocolate.

Biodisponibilidad es definida por Quiñones et al. (2012) como “la proporción de nutrientes que se digieren, se absorben y se metabolizan a través de las rutas metabólicas habituales de asimilación”. Los polifenoles más abundantes no son siempre los más activos en el organismo por tener una menor actividad intrínseca, baja absorción en el intestino delgado, alta metabolización o rápida excreción. La concentración de los polifenoles en el plasma depende de la estructura química que tengan, su fuente de origen y de la ingesta reiterada a lo largo del tiempo para mantener esa concentración (Quiñones et al., 2012).

Aun así, existen diferentes actividades biológicas, transformaciones o elementos que influyen en la concentración de polifenoles en el organismo y debe tenerse en cuenta a la hora de prescribir la ingesta de estos (Tomás-Barberán, 2003). Existen dos tipos de factores que afectan al contenido cualitativo y cuantitativo de polifenoles de los alimentos. Los primeros son factores intrínsecos al propio vegetal, es decir, dependiendo del género o especie e, incluso, de la variedad de un mismo producto, tendrán un componente genético que determinará la composición en estas sustancias. En relación con este conocimiento, gracias a los avances científicos, existe la posibilidad de obtener variedades de alimentos concretos enriquecidos con polifenoles. En segundo lugar, se encuentran los factores extrínsecos al vegetal, relacionados con las circunstancias de cultivo y las condiciones de conservación. Esto quiere decir que es importante tanto la composición del suelo donde se cultivan, como el grado de maduración con el que se ingiere y, también, el método utilizado para la conservación de estos alimentos para el transporte o la prolongación de su vida comercial (Tomás-Barberán, 2003).

3.4.2. Propiedades beneficiosas de los polifenoles

Los polifenoles se pueden encontrar en un grupo muy variado de alimentos y las recomendaciones de consumo de estos se deben a las características antioxidantes que presentan beneficios en la salud.

En primer lugar, tienen efectos beneficiosos en la lucha contra el cáncer. Es decir, un elevado consumo de frutas y hortalizas ricas en polifenoles, como zanahorias, hortalizas verdes, coles, brócoli o tomates, está relacionado con una menor incidencia de algunos tipos de cáncer como pueden ser: páncreas, esófago, estómago, pulmón o endometrio. Este efecto es gracias a que poseen sustancias con características antioxidantes y neutralizadoras de radicales libres que influyen en los

procesos de diferenciación celular, evitan la formación de nitrosaminas cancerígenas, aumentan la apoptosis (muerte controlada) de células cancerígenas y/o disminuyen la proliferación celular (Tomás-Barberán, 2003).

En segundo lugar, los polifenoles pueden tener un papel importante en las enfermedades neurodegenerativas, ya que se han hecho estudios como el “Estudio de Róterdam” en el que se quiso evaluar el efecto de una dieta rica en polifenoles en la prevención de enfermedades neurodegenerativas y demencia senil. Esto es porque este tipo de enfermedades se deben a un estrés oxidativo y los polifenoles, al ser antioxidantes, podría contrarrestar el efecto negativo de ese estrés (Tomás-Barberán, 2003).

En tercer lugar, tras varios estudios en distintos países, se ha encontrado que los polifenoles, en concreto los flavonoides, tienen un fuerte efecto protector frente a enfermedades coronarias y cerebrovasculares (Tomás-Barberán, 2003). En relación con este efecto protector, y como consecuencia de su acción antioxidante, los polifenoles tienen efectos positivos actuando como vasodilatadores, antilipémicos y antiaterogénicos, antitrombóticos, antiinflamatorios y apoptóticos y antiapoptóticos (Quiñones et al., 2012).

3.5. El cacao

El cacao procede del árbol perenne, conocido como *Theobroma cacao L.*, el cual rinde unas dos cosechas a lo largo del año. Las semillas de cacao comenzaron a usarse en la época de los Aztecas y los Mayas, que las utilizaban como moneda y para producir una bebida denominada “*Chocolat*”, y no fue hasta el año 1520 que se introdujo en España. Principalmente hay ocho países productores de cacao: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador y Malasia. Esto es porque las condiciones en estos países para su cultivo son óptimas, es decir, cumplen con buenos factores críticos para el desarrollo del cacao: la temperatura, la lluvia, el viento, la radiación solar y el suelo, que debe ser rico en materia orgánica, profundo, con un franco arcilloso, con buen drenaje y con una topografía regular (Morales et al., 2012).

Químicamente, el cacao está constituido por diferentes componentes, recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Composición química del cacao (Morales et al., 2012)

Componente	Porcentaje
Grasa	53,05 %
Carbohidratos (glucosa, sacarosa, almidón, pectinas, fibra)	12,32 %
Polifenoles	7,54 %
Agua	3,65 %
Nitrógeno total	2,25 %
Teobromina	1,71 %
Nitrógeno proteico	1,5 %
Ácidos (acético libre, oxálico)	0,304 %
Cafeína	0,085 %

De esta forma, 100 gramos de cacao en polvo contienen:

Tabla 3.2: Composición del cacao por cada 100g (Morales et al., 2012)

Componente	Cantidad/100g cacao
Energía	452 Kcal
Proteínas	21,5 g
Carbohidratos	35 g
Grasa	25,6 g
Calcio	0,17 g
Magnesio	0,54 g
Hierro	0,01 g
Cobre	0,05 g
Fósforo	0,8 g
Potasio	2,1 g
Sodio	0,01 g
Zinc	0,01 g
Teobromina	2,5 g
Flavonoides	7 g

El cacao es un alimento muy amargo y es por eso por lo que se procesa: para obtener diferentes productos que lo contengan, bajos en amargor y atractivos a las papilas gustativas. Diferentes autores han demostrado que el cacao y sus productos derivados, como por ejemplo el licor de cacao, chocolate amargo o polvo de cacao, son alimentos ricos en polifenoles, principalmente en catequinas como por ejemplo la (-) – epicateína, epigallocatequina, galocatequina y catequina, además de otros flavonoides (Perea et al., 2009).

El cacao es un alimento que posee grandes propiedades antioxidantes gracias a los componentes anteriormente descritos, principalmente los polifenoles, pero el tratamiento del grano de cacao influye en el contenido de estos, afectando así a su función antioxidante. El procesamiento del cacao para su transformación en alimentos derivados tiene una serie de etapas: materia prima inicial, maduración, molienda, tostado y mezclado, principalmente. Estas son las que afectan al contenido de

polifenoles en los productos derivados, siendo el tostado la que hace que este contenido disminuya más, un 24% aproximadamente, debido a las altas temperaturas (Fig. 3.2). Otras etapas del procesamiento del cacao como el atemperado, moldeo y enfriamiento no tienen un efecto sobre el contenido total de polifenoles (Perea et al., 2009).

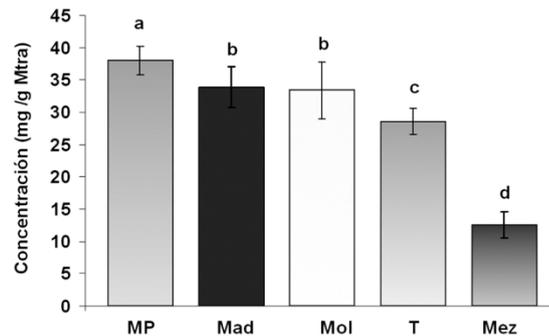
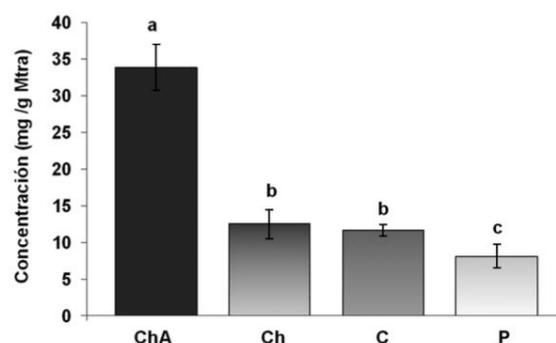


Figura 3.2: Variación del contenido de polifenoles totales en el proceso de elaboración de chocolate de mesa (Perea et al., 2009)

Perea et al. (2009) realizaron un estudio en el que analizaron varios tipos de productos derivados del cacao en el que los clasificaron en tres grupos principales. Estos grupos presentan diferencias en el contenido de polifenoles ya sea porque están mezclados con otros productos o porque están más o menos procesados. El grupo con un contenido más alto en polifenoles es el grupo donde se encuentra el chocolate amargo, es decir, productos menos procesados. El segundo grupo es aquel donde se encuentra el chocolate de mesa con azúcar y el chocolate de mesa con clavos y canela, un grupo con un contenido intermedio de polifenoles. El tercer grupo es aquel que tiene un contenido minoritario de polifenoles y se pueden encontrar productos como el sucedáneo del chocolate, fabricado a partir de cocoa y grasa vegetal (Fig. 3.3).



**ChA: Chocolate Amargo; Ch: Chocolate de mesa con azúcar; C: Chocolate de mesa con clavos y canela; P: Chocolate fabricado con cocoa y grasa vegetal.

Figura 3.3: Contenido de polifenoles totales de los diferentes chocolates de mesa (Perea et al., 2009)

A pesar de que los productos derivados del cacao siguen teniendo un contenido de polifenoles totales, no se puede dejar de prestar atención a la cantidad de grasas y azúcares que estos productos contienen tras el procesamiento. Es cierto que los polifenoles tienen propiedades beneficiosas en el organismo, pero el procesamiento del cacao hace que el contenido de otros componentes aumenten y esos beneficios disminuyan mientras que los perjuicios que provocan estos otros componentes aumenten (Ferri et al., 2015).

3.5.1. Efectos en la composición corporal

Dentro del 7,54% de los polifenoles que posee el cacao, la (-) – epicatequina (en adelante (-)epi) es un tipo de flavonol que está presente. La (-)epi, posee propiedades antioxidantes, es precursor del Óxido Nítrico (NO) y favorece el aumento de la presencia de la folistatina (FSTN) en el plasma sanguíneo. Estas propiedades tienen diferentes efectos beneficiosos en el organismo, relacionados con enfermedades cardiovasculares, musculares y la obesidad (Colomer, 2023).

Alimentos como el cacao, poseen cualidades antioxidantes gracias a los polifenoles que eliminan radicales libres en el organismo. En este caso, el cacao también tiene un papel fundamental en la lucha contra las enfermedades cardiovasculares, en concreto con uno de los factores de riesgo más comunes: la hipertensión.

La hipertensión, o presión arterial alta, es una enfermedad que afecta a las arterias ya que la presión que ejerce la sangre al pasar por ellas es muy elevada constantemente. Si no se trata, aumenta el riesgo de tener un paro cardíaco, un accidente cerebrovascular u otros problemas graves de salud. En la mayoría de los adultos, las causas no están identificadas, pero puede darse debido a la acumulación de placa en las arterias, que obstruye el canal de flujo sanguíneo (Thomas, 2022). El tejido endotelial se encarga de regular el flujo y la perfusión a través de cambios en el diámetro y en el tono vascular y la (-)epi ayuda a mejorar esta función (Ferri et al., 2015). Esto es gracias a que la es precursora de NO, una sustancia que favorece la vasodilatación, mejorando el flujo circulatorio y el transporte de oxígeno y nutrientes a cualquier parte del cuerpo (Colomer, 2023).

Al igual que se han demostrado los beneficios de la consumición de cacao rico en (-)epi en las mitocondrias del músculo esquelético en pacientes con fallos

cardiacos y diabetes tipo 2, se han hecho estudios relacionados con los efectos del tratamiento con (-)epi en contra de la sarcopenia.

La sarcopenia consiste en la pérdida de músculo esquelético libre de grasa y de fuerza como consecuencia de diferentes cambios metabólicos asociados a un estilo de vida sedentario, es decir, inactivo (Gutiérrez – Salmean et al., 2014). El crecimiento del músculo esquelético está controlado por una proteína llamada miostatina (MSTN), que regula tanto el número de fibras musculares que se forman durante el desarrollo del individuo, como el crecimiento de esas fibras musculares. Tras diversos estudios, se ha concluido que bajos niveles de actividad de MSTN provoca un descenso de la acumulación de grasa y mejora el metabolismo de la glucosa, mientras que su activación provoca una atrofia muscular y una alta acumulación de grasa (Lee et al., 2010; Deng et al., 2017). Por tanto, es importante tener en cuenta la necesidad de la presencia de la FSTN en el plasma. La FSTN es una proteína que inhibe la activación de la MSTN, evitando así la pérdida de tono muscular y favoreciendo la no acumulación de grasa en el organismo y la vasodilatación para un mejor flujo sanguíneo.

Siguiendo en esta línea de las propiedades de la FSTN, cabe destacar el papel que cumple en los tratamientos para la obesidad. La OMS (2021) define obesidad como *“una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud”*. Además, en el caso de los adultos, se puede determinar si un sujeto es obeso si su IMC (Índice de Masa Corporal), un indicador de la relación entre peso y talla que se calcula dividiendo el peso (kg) entre el cuadrado de la talla (m), es igual o superior a 30 kg/m² (OMS, 2021) En este caso, los tratamientos que se prescriban deben estar enfocados en la reducción de energía ingerida o en el aumento de gasto energético o en ambos (Singh et al., 2014).

En el organismo tenemos dos tipos de tejido adiposo: el tejido adiposo blanco (WAT: White Adipose Tissue) y el tejido adiposo pardo (BAT: Brown Adipose Tissue). El WAT almacena energía en forma de triglicéridos en periodos de exceso de ingesta de energía, es decir, provoca la acumulación de grasa en el cuerpo. Por el contrario, el BAT se encarga de metabolizar la energía acumulada para generar calor y así ayudar en procesos termogénicos como la regulación de la temperatura corporal (Singh et al., 2014). LA FSTN, cuyos niveles aumentan tras realizar ejercicio físico, es un modulador de la diferenciación de BAT y del metabolismo energético, es decir, ayuda a mejorar la adquisición de propiedades del tejido BAT en el tejido adiposo, por

lo que es un potencial terapéutico contra la obesidad (Lee et al., 2010; Singh et al., 2014).

3.5.2. Efectos en el rendimiento deportivo

Recapitulando lo anteriormente explicado sobre los efectos de los flavanoles del cacao, en concreto la (-)epi, caben destacar los siguientes: estimulan la producción de NO (reduciendo la presión arterial gracias a la mejora de la vasodilatación y la función endotelial), actúan contra el estrés oxidativo e inflamación por ejercicio y mejoran la sensibilidad a la insulina y perfiles lipídicos en sujetos con y sin riesgo cardiovascular (Decroix et al., 2018). En este caso, Decroix et al. (2018) también destaca un efecto derivado del beneficio de la vasodilatación: la función ejecutiva, es decir, la toma de decisiones, y el control motor mejoran porque el riego cerebrovascular aumenta y la interacción con proteínas críticas y quinasas lipídicas también.

El concepto de estrés oxidativo producido por el ejercicio físico se puede definir como “el desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes, en favor de los primeros, que conduce a una ruptura del control y señalización fisiológica que normalmente ejerce el sistema redox, conduciendo a un daño molecular” (Fernández et al., 2009). Dependiendo de las características del ejercicio y de las condiciones ambientales de entrenamiento, se potenciará más o menos la activación de fuentes de generación de ROS (Especies Reactivas del Oxígeno) y se determinarán fallos o insuficiencias de los mecanismos que los contrarrestan, por lo que se llega a un daño molecular y estrés oxidativo. Cuanto mayor sea la concentración de ROS, mayor fatiga muscular habrá ya que hay una respuesta inflamatoria exagerada al daño que los ROS causan en la membrana de los miocitos (Fernández et al., 2009). La (-)epi que contiene el cacao, actúa en contra de este estrés oxidativo eliminando los radicales libres, mejorando la actuación del ejercicio y la recuperación (Decroix et al., 2018).

Por otro lado, al ser la (-)epi precursora de la FSTN, el consumo de cacao puro mejora el metabolismo de la grasa corporal y los carbohidratos durante el ejercicio físico (Decroix et al., 2018). Esto ayuda a que el porcentaje de grasa corporal sea bajo (entre 13% y 17%) y, en el caso de los deportistas de resistencia (como maratonianos), los tiempos de carrera sean rápidos (Barandun et al., 2012). Barandun et al. (2012) realizaron unos estudios en los que analizaron las siguientes variables: edad, altura, peso, pliegues, IMC, % grasa corporal, masa del músculo esquelético,

tiempo (años) que llevaban corriendo, tiempo y distancia media entrenada por semana y velocidad media. Pudieron determinar que existe una correlación negativa significativa entre la velocidad de carrera y el porcentaje de grasa corporal, es decir, en el tiempo de carrera de maratonianos es relevante el porcentaje de grasa corporal y no el Índice de Masa Corporal (IMC). Esto es porque la presencia de un alto porcentaje de tejido adiposo en corredores se traduce en un mayor esfuerzo muscular para acelerar las piernas. Aun así, hay muchas variables como las mencionadas anteriormente que afectan al tiempo en carrera, por lo que no es suficiente únicamente reducir el porcentaje de grasa corporal para mejorarlo (Barandun et al., 2012).

En definitiva, el consumo de cacao tiene efectos beneficiosos en el rendimiento deportivo ya que ayuda a la reducción del porcentaje de grasa corporal y del estrés oxidativo, contribuyendo a la mejora del tiempo en carrera y la recuperación muscular tras el ejercicio físico.

4. Objetivos e hipótesis

Con el propósito de definir el fundamento de esta investigación en relación con su finalidad principal, se establecieron dos objetivos generales de investigación. Estos objetivos, a su vez se secuenciaron en objetivos más específicos para poder profundizar en ellos. Además, se formularon una serie de hipótesis de trabajo en relación con ellos. Los objetivos e hipótesis se describen a continuación.

4.1. Objetivo 1: Medir el efecto de la suplementación con cacao en la composición corporal.

- Objetivos específicos:
 - Medir el efecto de la suplementación con cacao sobre el porcentaje de grasa corporal en corredores.
 - Medir el efecto de la suplementación con cacao sobre la concentración de MSTN y FSTN y el ratio FSTN/MSTN en sangre.
- Hipótesis
 - Hipótesis 1: La suplementación con cacao reduce el porcentaje de grasa corporal.
 - Hipótesis 2: La suplementación con cacao aumenta la concentración de FSTN en sangre.

4.2. Objetivo 2: Medir el efecto de la suplementación con cacao en el rendimiento deportivo.

- Objetivos específicos
 - Medir el efecto de la suplementación con cacao sobre el rendimiento de un esfuerzo de carrera a pie.
 - Medir el efecto de la suplementación con cacao sobre el perfil fisiológico en carrera a pie.
- Hipótesis
 - Hipótesis 1: La suplementación con cacao disminuye el tiempo de carrera de atletas de resistencia cíclica.
 - Hipótesis 2: La suplementación con cacao mejora el perfil fisiológico de los atletas de resistencia cíclica.

5. Método

5.1. Participantes

En el estudio se inscribieron un total de 46 sujetos, pero uno fue inicialmente excluido por no cumplir los criterios de inclusión y otro por no querer seguir en la investigación. Por lo que comenzaron el estudio 44 sujetos distribuidos en dos grupos con igual número de integrantes: grupo cacao (CO) (n = 22) y grupo control (CT) (n= 22). Durante el seguimiento, en el grupo CO abandonaron siete sujetos, mientras que en el grupo CT lo hicieron cinco. Esto fue a causa de enfermedades no relacionadas con el estudio, lesiones musculares o por no seguir el programa de entrenamiento establecido. Finalmente, a la hora de analizar los resultados, un sujeto de cada grupo quedó excluido por lesión, por lo que se analizaron los resultados de 30 sujetos en total: 14 del grupo CO y 16 del grupo CT (Fig. 5.1).

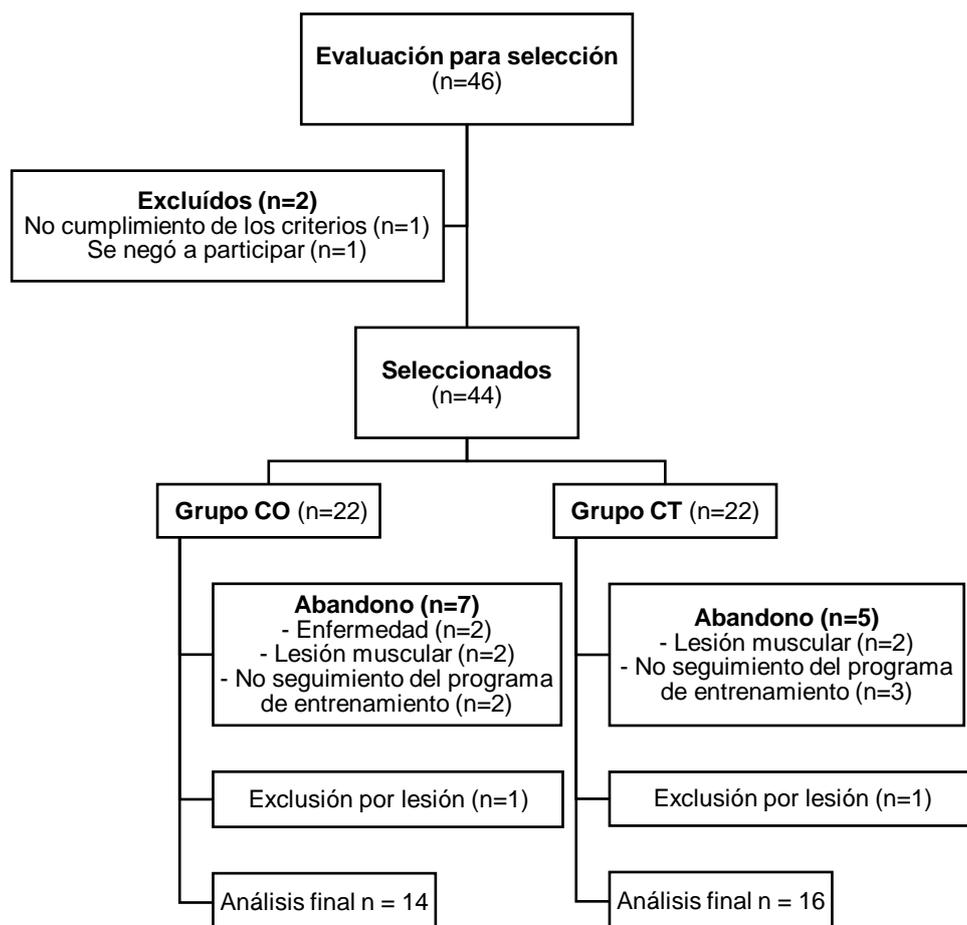


Figura 5.1: Diagrama de flujo del estudio

5.2. Instrumentos

En el estudio se utilizaron diferentes instrumentos, dependiendo de la acción que se desarrollara.

a) Suplementos

- Cacao alto en flavonoides, 83 mg/g (*mercado de Reino Unido*).
- Suplemento de maltodextrina (*Prozis, Portugal*).

b) Seguimiento dietético

- Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (FFQ)

c) Antropometría y composición corporal

- Altura y masa corporal → estadiómetro (*Asimed T2, España*) y balanza (*Ano Sayol SL, España*)
- IMC (kg/m^2)
- Composición corporal → densitometría de rayos X de energía dual (*exploración Hologic DXA, España*)

d) Seguimiento del entrenamiento

- Frecuencia cardíaca (*Garmin Forerunner 235, EE.UU.*)
- Rendimiento en carrera a pie → cinta de correr (*H/P/Cosmos Venus, Alemania*)
- Analizador de gases (*Ultima™ Series, MGC Diagnostic Corporation, EE.UU.*)

e) Análisis MSTN y FSTN

- Muestras de sangre (*tubos aspirador con EDTA*)
- Análisis niveles de MSTN y FSTN (*kit RayBiotech ELISA, EE.UU*)
- Análisis de leptina (*Human Leptin ELISA, EE.UU.*)

f) Análisis estadístico

- Software SPSS 21.0 (*SPSS, EE.UU.*)
- Prueba Shapiro – Wilk.
- Prueba Levene.
- Prueba Mauchly o Greenhouse – Geisser test.
- Gráficos → SigmaPlot V14.0 (*Systat Software, EE.UU.*)

5.3. Procedimiento

El estudio fue un ensayo de 10 semanas, aleatorizado y de dos grupos paralelos: grupo control, que consumía el placebo, y grupo experimental, que consumía el cacao. El Comité de Ética de la Investigación en Drogas de la Comunidad de Madrid (CEIM) aprobó el estudio (Ref: 07/694487.9/17) y los procedimientos que se siguieron, estaban en línea con la Declaración de Helsinki 1964 y las posteriores modificaciones.

Tras obtener los permisos necesarios, se obtuvo el consentimiento por escrito de todos los participantes, que tenían que cumplir unos criterios de inclusión. Estos criterios fueron los siguientes: atletas masculinos de resistencia campo a través, entre los 18 y 50 años de edad, con una condición física elevada ($VO_2 \geq 55$ ml/(kg·min)) y un IMC entre los 18 – 25 Kg/m². Por otro lado, los criterios de exclusión fueron los siguientes: el consumo de cualquier tipo de suplemento nutricional o ergogénico, ser vegetariano o vegano, fumar, tener medicación crónica, tener una cirugía gastrointestinal o cualquier enfermedad diagnosticada.

Una vez seleccionados los participantes, gracias a la función RAND de Excel (Microsoft Office Excel 2019), se los repartió en dos grupos de igual tamaño de forma aleatoria, de forma que quedó: el grupo de cacao (CO; n = 22), que recibió 5g de cacao (que contenía 425 mg de flavonoles), y el grupo control (CT; n = 22), que recibió 5g de maltodextrina como placebo. Ambos suplementos se entregaron por correo postal, sin informar a los participantes qué es lo que estaban tomando, y debían consumirlos en el desayuno. Junto al seguimiento de la suplementación, se hizo un seguimiento dietético, es decir, del consumo alimenticio de los participantes, a través del “*Food Frequency Questionnaire*” (FFQ).

Antes y después de las 10 semanas de intervención, se midió tanto la composición corporal como el rendimiento deportivo. En relación con la valoración de la composición corporal, se utilizó una densitometría (*exploración Hologic DXA, España*) y un estadiómetro (*Asimed T2, España*) y una balanza (*Ano Sayol SL, España*) para medir las siguientes variables: (a) IMC, (b) porcentaje de grasa corporal total, (c) tejido adiposo visceral, (d) distribución de la grasa en cada segmento corporal, (e) masa magra y masa muscular, y (f) distribución de la masa muscular en cada segmento corporal (Tabla 6.1).

Por otro lado, se evaluó el rendimiento en carrera a pie por medio de dos test: (a) prueba incremental en tapiz rodante (*H/P/Cosmos Venus, Alemania*) por metodología de gases (VO_2) (*UltimaTM Series, MGC Diagnostic Corporation, EE.UU.*) hasta llegar a la máxima extenuación, y (b) test de 1 kilómetro a la máxima velocidad posible. A través de ambos test, se midieron las siguientes variables: (a) umbrales ventilatorios submáximos, (b) velocidad aeróbica máxima, (c) consumo de oxígeno máximo ($VO_{2máx}$), (d) economía de carrera, y (e) tiempo en correr 1 kilómetro (Tabla 6.2).

Durante el test progresivo de carrera, se monitorizó la FC (*Frecuencia Cardíaca*) y se asoció a diferentes zonas de entrenamiento, permitiendo así un control de la carga interna de cada deportista. Para poder igualar la carga de entrenamiento entre los grupos durante la intervención de las 10 semanas, se utilizó el método ECOS de Esteve – Lanao y Cejuela.

A lo largo del estudio se hizo igualmente un seguimiento de la ingesta dietética de los sujetos participantes, tomando nota tanto al principio como al final los valores de los macronutrientes, energía total y composición en fibra de la dieta de los atletas (Tabla 5.1)

También, se tomaron muestras de sangre para analizarlas y tomar datos sobre la concentración de FSTN, MSTN, el cociente FSTN/MSTN y niveles de leptina en sangre (Fig. 6.1).

Finalmente, cuando concluyeron las 10 semanas del programa del estudio, se analizaron y estudiaron los datos y resultados obtenidos, llegando a diferentes conclusiones.

Tabla 5.1: Macronutrientes, energía total y composición en fibra de la dieta de los atletas.

	CO			CT		
	t = 0	t = 10 w	p	t = 0	t = 10 w	p
Energía (kcal)	2073 ± 538	2049 ± 533	0.887	2159 ± 633	2117 ± 635	0.806
Carbohidratos (%)	44.15 ± 7.84	45.23 ± 11.05	0.723	46.56 ± 6.84	44.43 ± 8.69	0.604
Carbohidratos (g / kg b.w)	3.33 ± 1.08	3.43 ± 1.51	0.738	3.91 ± 1.70	3.40 ± 0.97	0.421
Proteína (%)	20.69 ± 2.87	20.00 ± 3.65	0.248	18.12 ± 2.96	19.81 ± 3.86	0.130
Proteína (g / kg b.w)	1.53 ± 0.45	1.43 ± 0.23	0.774	1.58 ± 0.89	1.54 ± 0.53	0.128
Grasa (%)	35.30 ± 6.81	34.76 ± 10.25	0.858	36.00 ± 4.18	35.60 ± 4.94	0.804
Grasa (g / kg b.w)	1.20 ± 0.49	1.15 ± 0,50	0.745	1.49 ± 1.26	1.25 ± 0.52	0.356
Fibra (g)	27.27 ± 12.02	31.16 ± 17.23	0.196	31.47 ± 18.56	28.72 ± 12.55	0.088

5.4. Análisis de datos

Antes del análisis de los datos, la distribución normal, la homogeneidad de la varianza y la esfericidad, fueron verificadas con la prueba de Shapiro – Wilk, la prueba de Levene y la prueba de Mauchly o la prueba de Greenhouse – Geisser, respectivamente.

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS 21.0 (*SPSS, EE.UU.*) y se utilizó el procedimiento estadístico ANCOVA tomando como variables principales la toma de suplemento y el tiempo. A la hora de analizar los datos de la composición corporal, las variables de $VO_{2m\acute{a}x_{ABS}}$ y $VO_{2m\acute{a}x_{REL}}$ se utilizaron como covariantes. En el caso de no asumir la distribución normal de los parámetros analizados, se utilizaron la prueba de Wilcoxon o la prueba de Mann – Whitney.

Se determinó la existencia de correlación entre los datos cuando $p < 0.05$, y el tamaño del efecto se calculó gracias al software G*Power 3.1.9.4., mientras que los gráficos se crearon con el software SigmaPlot V14.0 (*Systat Software, EE.UU.*)

Los datos que se analizaron para poder alcanzar los objetivos del estudio y comprobar las hipótesis planteadas fueron los siguientes:

- Composición corporal.
- $VO_{2m\acute{a}x}$
- VT1 (primer umbral ventilatorio)
- VT2 (segundo umbral ventilatorio)
- t/km
- [FSTN] en sangre

De estos parámetros se analizaron los datos comparando entre el grupo CO y el grupo CT, pero también se analizaron variaciones a nivel de intragrupo.

6. Resultados

Los resultados se pueden dividir en dos grupos:

(a) En relación con la composición corporal.

Tras el análisis de los datos, en relación con la composición corporal, no se encontraron cambios significativos en cuanto a la masa y la composición corporales general. Aun así, sí se encontraron cambios significativos en algunos parámetros del grupo CO tras las diez semanas de intervención: disminución del porcentaje de grasa corporal, del porcentaje de grasa visceral y del porcentaje de grasa en los miembros inferiores. Por el contrario, no se encontraron cambios significativos en ninguno de los parámetros libres de grasa analizados (Tabla 6.1).

Por otro lado, se analizaron los datos relacionados con la concentración de FSTN y MSTN en sangre, que influye en el ratio FSTN/MSTN, así como aquellos datos relacionados con los valores de leptina. En este caso, no hubo ningún cambio significativo en los niveles de MSTN en ninguno de los dos grupos, pero los niveles de FSTN aumentaron significativamente tras el consumo de cacao durante diez semanas (Fig. 6.1 A). Este aumento de FSTN produjo un cambio significativo en el ratio FSTN/MSTN del grupo CO (Fig. 6.1 C). Por último, se produjo también un descenso significativo de leptina en el grupo CO tras diez semanas de suplementación con cacao (Fig. 6.1 D).

Tabla 6.1: Parámetros de composición corporal.

	CO (t = 0)	CO (t = 10 w)	p	η^2	CT (t = 0)	CT (t = 10 w)	p
Masa Corporal (kg)	68.68 ± 6.03	68.55 ± 5.62	0.672	0.006	68.17 ± 7.19	68.08 ± 6.63	0.938
IMC	21.80 ± 1.30	21.76 ± 1.32	0.856	0.021	22.35 ± 2.13	22.32 ± 1.92	0.873
Grasa Extremidades Superiores (%)	17.62 ± 4.19	17.02 ± 4.22	0.193	0.026	18.88 ± 6.70	18.96 ± 5.76	0.840
Miembros superiores: masa libre de grasa (kg)	3.25 ± 0.32	3.20 ± 0.33	0.427	0.014	3.13 ± 0.45	3.13 ± 0.42	0.880
Grasa Extremidades Inferiores (%)	18.48 ± 4.43	17.75 ± 4.35	0.004	0.258	19.32 ± 4.36	19.16 ± 4.23	0.404
Miembros inferiores: masa libre de grasa (kg)	10.15 ± 0.76	10.32 ± 0.81	0.131	0.031	9.97 ± 1.06	9.93 ± 0.99	0.582
Grasa Visceral Estimada (cm ³)	277.14 ± 53.18	251.78 ± 69.32	0.034	0.151	295.56 ± 110.23	286.75 ± 114.81	0.690
Grasa del tronco(%)	17.71 ± 2.42	16.44 ± 2.25	0.022	0.173	18.56 ± 4.94	18.33 ± 4.80	0.369
Tronco: masa libre de grasa (kg)	23.89 ± 1.79	24.41 ± 1.88	0.060	0.121	23.75 ± 2.36	24.08 ± 2.28	0.263
Porcentaje de Grasa Corporal (%)	18.63 ± 3.25	17.40 ± 2.90	0.020	0.178	19.06 ± 4.52	19.00 ± 4.22	0.468
Masa corporal: masa libre de grasa (kg)	54.36 ± 3.55	55.08 ± 3.80	0.077	0.108	53.58 ± 5.04	53.83 ± 4.97	0.375

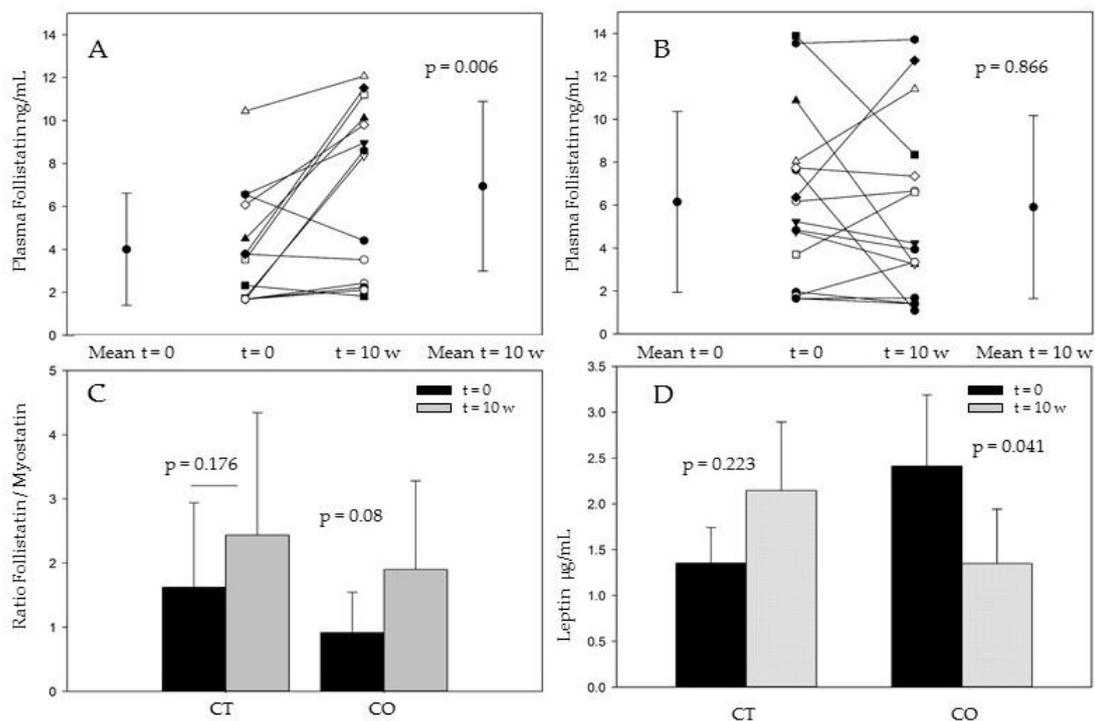


Figura 6.1: Niveles de adipocinas antes y después de 10 semanas de suplementación con placebo o cacao.

(A) Niveles plasmáticos de FSTN en el grupo CO. (B) Niveles plasmáticos de FSTN en el grupo CT. (C) Relación FSTN/MSTN en los grupos CT y CO. (D) Niveles circulantes de leptina. Los datos son la media \pm DE.

(b) En relación con el rendimiento.

Tras el análisis de los datos, en relación con el rendimiento, la carga de entrenamiento, el volumen y el tiempo dedicado al mismo, no fueron significativamente diferentes entre ambos grupos, por lo que el entrenamiento de diez semanas no produjo ningún cambio significativo de t entre los grupos.

Aun así, se produjo una mejora en $VO_{2\text{máxABS}}$, $VO_{2\text{máxREL}}$, VT1, VT2, MAS y el t1km ($p < 0.001$) en ambos grupos tras la intervención (Tabla 6.2).

Tabla 6.2: Determinaciones de la prueba de $VO_{2\text{máx}}$ y medición del rendimiento.

	CO (t = 0)	CO (t = 10 w)	p	CT (t = 0)	CT (t = 10 w)	p
$VO_{2\text{máxABS}}$ (mL/min)	4058.93 \pm 308.13	4210.78 \pm 418.01	0.008	3975.53 \pm 428.81	4173.67 \pm 462.73	<0.001
$VO_{2\text{máxREL}}$ (mL/kg/min)	58.72 \pm 4.17	60.80 \pm 4.65	0.007	58,69 \pm 3,37	60.41 \pm 3.83	<0.001
VT1 (km/h)	16.08 \pm 0.83	16.49 \pm 0.90	<0.001	15.69 \pm 0.82	16.18 \pm 0.93	<0.001
VT2 (km/h)	13.31 \pm 0.71	13.69 \pm 0.88	<0.001	13.21 \pm 0.74	13.74 \pm 0.74	<0.001
MAS (km/h)	18.14 \pm 1.02	18.48 \pm 1.00	<0.001	17.85 \pm 1.04	18.40 \pm 1.21	<0.001
t1km (min)	3.21 \pm 0.24	3.15 \pm 0.21	<0.001	3.28 \pm 0.26	3.19 \pm 0.27	<0.001

7. Discusión

En primer lugar, tras el análisis de los datos obtenidos tanto en el grupo CO como en el grupo CT, se ha observado un cambio significativo en el porcentaje de la grasa corporal, más concretamente en las zonas del tronco y extremidades inferiores, por lo que se podría decir que el la masa grasa visceral es objetivo del cacao. Estos cambios indican que ha habido una disminución del porcentaje de grasa corporal. Además, aunque no se han observado cambios en la concentración de MSTN, sí se han podido observar cambios en la concentración de FSTN en el grupo CO, provocando así un cambio en el ratio FTSN/MSTN. Se puede deducir que la modificación de la grasa corporal podría deberse a estos cambios en el ratio FSTN/MSTN y la disminución de los niveles de leptina. La leptina es una hormona secretada por el tejido adiposo y se encarga de promover la lipólisis (degradación de lípidos), reprimiendo la lipogénesis (generación de lípidos), por lo que el análisis de su variación es relevante para así poder comprobar la veracidad o no de las hipótesis planteadas.

De esta forma, se puede corroborar la veracidad de las hipótesis planteadas en relación con el primer objetivo:

- Hipótesis 1: la suplementación con cacao reduce el porcentaje de grasa corporal en corredores.
- Hipótesis 2: la suplementación con cacao aumenta la concentración de FSTN en sangre.

A parte de tener en cuenta los resultados obtenidos tras esta intervención, también se deben tener en cuenta los diferentes estudios realizados con anterioridad por otros autores. Lee et al. (2010), estudiaron los efectos de la MSTN y la FSTN en el tejido adiposo de ratones, llegando a la conclusión de que la FSTN promueve el desarrollo de BAT y disminuye la grasa abdominal, contrarrestando el bloqueo del crecimiento muscular producido por la MSTN. En esta misma línea, Gutiérrez – Salmean et al. (2014) se centraron en el estudio de la (-)epi y sus efectos beneficiosos relacionados con el crecimiento muscular. A través de investigaciones en tejido muscular animal y tejido muscular humano, analizaron cómo una administración de 25mg/día de (-)epi durante una semana, aumentó el ratio FSTN/MSTN, favoreciendo así el crecimiento muscular. Deng et al. (2017) también estudiaron tanto en modelos

animales como humanos los efectos negativos de la MSTN en la regulación de la masa grasa corporal, provocando su acumulación en el organismo, y la atrofia muscular.

En segundo lugar, tras el análisis de los datos obtenidos tanto en el grupo CO como en el grupo CT, se ha observado una mejora del $VO_2\text{máx}_{\text{ABS}}$, $VO_2\text{máx}_{\text{REL}}$, VT1, VT2, MAS y t1km tras la intervención. Estas mejoras han ocurrido en ambos grupos, por lo que se puede concluir que no se han producido debido a los cambios en la composición corporal provocados por la suplementación con cacao. Respecto al tiempo de carrera, tanto el del grupo CO como el del grupo CT son muy similares antes y después de la intervención, y la mejora que existe no es muy grande. Esto puede deberse a que los sujetos son atletas muy entrenados, por lo que para observar cambios más significativos en los tiempos de carrera se debería realizar el estudio durante un tiempo más prolongado (más de diez semanas).

De esta forma, no se puede corroborar veracidad de las hipótesis planteadas en relación con el segundo objetivo:

- Hipótesis 1: la suplementación con cacao disminuye el tiempo de carrera de atletas de resistencia cíclica.
- Hipótesis 2: la suplementación con cacao mejora el perfil fisiológico de los atletas de resistencia cíclica.

A parte de tener en cuenta los resultados obtenidos tras esta intervención, también se deben tener en cuenta los diferentes estudios realizados con anterioridad por otros autores. Fernández et al. (2009) realizaron una revisión bibliográfica de los efectos del estrés oxidativo inducido por la práctica deportiva. Dependiendo del tipo de ejercicio y las condiciones ambientales, pueden afectar en la activación de generación de ROS, lo que provoca una respuesta inflamatoria exagerada. Años más tarde, Decroix et al. (2018) determinan, tras una revisión bibliográfica, que la ingesta de cacao rico en flavonoles tiene una serie de beneficios: protege contra el estrés oxidativo y la respuesta infamatoria, mejora la función ejecutiva, el rendimiento deportivo en atletas de resistencia cíclica y la función cardiovascular. En relación con la intervención realizada en el estudio presentado en este TFG, ambos artículos presentan información que no se ha podido corroborar, ya que los resultados

obtenidos no muestran una correlación entre la mejora del rendimiento deportivo y la suplementación con cacao.

Además, Barandun et al. (2014) realizaron un estudio sobre la influencia del porcentaje de grasa corporal y el IMC en el tiempo de carrera de hombres maratonianos. En este estudio, llegaron a la conclusión de que el IMC no estaba significativamente relacionado con el tiempo de carrera, pero sí el porcentaje de grasa corporal. Aun así, el cambio en este porcentaje, en el caso de esta investigación, no se debió a la suplementación con cacao (ya que ese no era el objeto de estudio), sino por el entrenamiento realizado. Es por esto, que el estudio presentado en este TFG no puede corroborar las hipótesis del segundo objetivo, pues el tiempo de entrenamiento fue más corto que el del estudio de Barandun et al. (2014) y, a pesar de haber un grupo con suplementación con cacao y otro sin ella, ambos mejoraron el t1km tras la intervención.

Por otro lado, cabe destacar que este estudio realizado es una nueva aportación a la literatura relacionada con los efectos de la suplementación con cacao, ya que existen pocos estudios de la misma índole. Aun así, los datos investigados y los resultados obtenidos corroboran estudios realizados anteriormente en animales o con una duración mayor.

También es importante mencionar que algunas de las dificultades que presenta este estudio están relacionadas con los sujetos. La muestra inicial era de un total de 44, pero a lo largo de la intervención se perdieron algunos por lesión, enfermedad y no seguimiento del programa de entrenamiento, dejando la muestra final en 32 sujetos. El número de participantes en una investigación es importante para poder determinar si los hallazgos se pueden extrapolar a muestras más grandes y que no quede en una simple casualidad. Otras dificultades están relacionadas con el control del seguimiento de la dieta, del entrenamiento y de la suplementación, ya que los investigadores no estaban junto con los sujetos, sino que cada uno de ellos debía completar los datos que se les solicitara. Esto es peligroso porque algunos sujetos podrían no haber sido honestos al completar los datos o podrían no saber cómo completarlos. Aun así, se hacía un seguimiento semanal poniéndose en contacto con ellos por teléfono y así corroborar la suplementación como el entrenamiento realizado.

Finalmente, quisiera destacar algunas propuestas para futuras líneas de investigación, ya que, como he mencionado anteriormente, es necesaria más investigaciones sobre la suplementación con alimentos ricos en flavonoles, como es

el cacao. Por un lado, el tipo de sujetos de los que tomar muestras podrían ser deportistas de deportes de resistencia cíclica, como por ejemplo: deportes colectivos o de lucha. Por otro lado, el alimento utilizado para la suplementación podría seguir siendo el cacao, o podría cambiarse a otros alimentos ricos en flavonoles como el té o ricos en flavonoides como algunas frutas (arándanos, ciruelas, manzanas, bayas, naranjas o fresas).

8. Conclusiones

Como resultado de la investigación realizada, se establecen las siguientes conclusiones:

1. La suplementación con cacao rico en polifenoles produce la mejoras en la composición corporal en atletas de carrera ya que ayuda a reducir el porcentaje de grasa masa corporal total y visceral.

En relación con esta conclusión, se confirman las dos hipótesis planteadas en el objetivo 1.

2. La suplementación con cacao rico en polifenoles no influye en la mejora del rendimiento de un esfuerzo de carrera a pie ni en la mejora fisiológica de los deportistas.

En relación con esta conclusión, no se confirman las dos hipótesis planteadas en el objetivo 2.

9. Reflexión del TFG

Han pasado casi cinco años desde que comencé mi aventura en la universidad, más concretamente en el Doble Grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y Educación Primaria, y creo que mi evolución a nivel personal y docente ha sido notoria. A medida que he ido realizando este TFG, he ido haciendo un repaso de mis sentimientos al principio de la carrera hasta el día de hoy y ha sido un recorrido que he vuelto a vivir en el proceso de creación de este trabajo.

A la hora de enfrentarme por primera vez al TFG tenía miedo de no ser capaz de comprender lo que estaba haciendo y de no poder demostrar los conocimientos que he adquirido a lo largo de estos años. Pero a medida que avanzaba, la confianza en mí misma fue aumentando, haciendo que estuviera segura de mis capacidades y conocimientos, aprendiendo a gestionar mi tiempo y a centrarme en lo más importante, gracias también a mi director de TFG.

A nivel académico, la realización de este TFG me ha servido para ampliar mis conocimientos en el sector de la investigación deportiva, un ámbito que, al igual que el de la gestión deportiva, me llama la atención y podría considerarlo parte de mi futuro profesional.

10. Referencias bibliográficas y webgrafía

- Araya, H. y Lutz, M. (2003). Functional and healthy foods. *Revista chilena de nutrición*, 30(1), 8-14. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182003000100001>
- Barandun, U., Knechtle, B., Knechetle, P., Klipstein, A., Rüst, C.A., Rosemann, T. y Lepers, R. (2012) Running speed during training and percent body fat predict race time in recreational male marathoners. *Dorepress: Open Access Journal of Sports Medicin*, 3, 51 – 58.
- Burke, L. (2021). Nutrition for recovery after training and competition. En L. Burke, V. Deakin y M. Minehan. (Ed.). *Clinical Sports Nutrition 6th Edition* (6.ª ed.) (420 – 462). McGraw Hill / Australia.
- Burke, L., Cort, M., Coz, G., Crawford, R., Desbrow, B., Farthing, L., Minehan, M., Shaw, N., y Warnes, O. (2021). Supplements and sports foods. En L. Burke, V. Deakin y M. Minehan. (Ed.). *Clinical Sports Nutrition 6th Edition* (6.ª ed.) (485 – 579). McGraw Hill / Australia.
- Colomer, J. (2023). *Epicatequina del Cacao: ¿Inhibidor de la Miostatina?* Blog de Fitness, Nutrición, Salud y Deporte | Blog HSN. Recuperado 7 de marzo de 2023, de <https://www.hsnstore.com/blog/suplementos/ganar-peso/epicatequina-del-cacao-beneficios-para-la-salud-cardiovascular-rendimiento-deportivo-inhibidor-de-la-miostatina/>
- Decroix, L., Soares, D., Meeusen, R., Heyman, E. y Tonoli, C. (2018). Cocoa Flavanol Supplementation and Exercise: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(4), 867-892. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0849-1>
- Deng, B., Zhang, F., Wen, J., Ye, S., Wang, L., Yang, Y., Gong, P. y Jiang, S. (2017). The function of myostatin in the regulation of fat mass in mammals. *Nutrition & Metabolism*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0179-1>

- Esteve, J., Cejuela, R. y Menéndez, J. (2010). Entrenamiento de la resistencia en deportes cíclicos. En F. Nacleiro (Ed.). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes* (171-93). Médica Panamericana.
- Etzel, M.R. (2004). Manufacture and use of dairy protein fractions. *J. Nutr.*, 134
- Fernández, J., Da Silva – Gringoletto, M. y Túnez – Fiñana, I. (2009). Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2(1), 19-34
- Figueroa, J. y Naclerio, F. (2010). Ayudas ergogénicas nutricionales para la actividad física y el deporte. En F. Nacleiro (Ed.). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes* (517-537). Médica Panamericana.
- Ferri, C., Desideri, G., Ferri, L., Proietti, I., Di Agostino, S., Martella, L., Mai, F., Di Giosia, P. y Grassi, D. (2015). Cocoa, Blood Pressure, and Cardiovascular Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(45), 9901-9909. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01064>
- Fontani, G., Corradeschi, F., Felici, A., Alfatti, F., Burgarini, R., Fiaschi, A.I., Cerretani, D., Montorfano, G., Rizzo, A.M. y Berra, B. (2005). Blood profiles, body fat an modo state in healthy subjects on different diets supplemented with Omega.3 polyunsaturated fatty acids. *Eur. J. Cl. Invest.*, 35, 499-507.
- González – Gross, M., Pujol – Amat, P. y Tobal, F.M. (2007) En Dirección General de Salud Pública y Alimentación (Eds.), *Alimentos Funcionales. Aproximación a una nueva alimentación* (pp. 196-209). Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios.
- Gutierrez-Salmean, G., Ciaraldi, T. P., Nogueira, L., Barboza, J., Taub, P. R., Hogan, M. C., Henry, R. R., Meaney, E., Villarreal, F., Ceballos, G. y Ramirez-Sanchez, I. (2014). Effects of (-)-epicatechin on molecular modulators of skeletal muscle growth and differentiation. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 25(1), 91-94. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.09.007>

Hoffman, J.R. y Falvo, M.J. (2004). Protein – Which is the best? *J. Sports Sci Med.*, 13, 118-130

ILSI Europe (1999) Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus Document. *British Journal of Nutrition*, 81(4), S1-S27.
<https://doi.org/10.1017/S0007114599000471>

Kreider, R.B., Ferreira, M.P., Greenwood, M., Wilson, M. y Almada, A. L. (2002). Effects of conjugated linoleic acid supplementation during resistance training on body composition, bone density, strength and selected hematological markers. *J. Strength Cond. Res.*, 16(3), 325-334

Lee, S. J., Lee, Y. S., Zimmers, T. A., Soleimani, A., Matzuk, M. M., Tsuchida, K., Cohn, R. D. y Barton, E. R. (2010). Regulation of Muscle Mass by Follistatin and Activins. *Molecular Endocrinology*, 24(10), 1998-2008.
<https://doi.org/10.1210/me.2010-0127>

Marcos, A., Ramos, E., Romeo, J. y Wärnberg, J. (2007). ¿Más que alimentos? En Dirección General de Salud Pública y Alimentación (Eds.), *Alimentos Funcionales. Aproximación a una nueva alimentación* (pp. 32-45). Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios.

Morales, J., García, A. y Méndez, E. (2012) ¿Qué sabe usted acerca de ... cacao?. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 43(4), 79 – 81.

Naclerio, F. (2008). Descripción, uso y aplicación de los suplementos naturales para la salud y el deporte.

OMS [Organización Mundial de la Salud] (2021). *Obesidad y sobrepeso*. OMS. Recuperado 8 de marzo de 2023, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

- Perea, J. A., Cadena, T. y Herrera, J. (2009) El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud.*, 41(2), 128 – 134.
- Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>
- Real Academia Española (s.f.) Alimento (definición 2). En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 12 de enero de 2023, de <https://dle.rae.es/alimento>
- Singh, R., Braga, M. y Pervin, S. (2014). Regulation of brown adipocyte metabolism by myostatin/follistatin signaling. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fcell.2014.00060>
- Tomás-Barberán, F. A. (2003). Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Alimentación, nutrición y salud*, 10(2), 41-53
- Thomas, L. (2022). Presión arterial alta (hipertensión) - Síntomas y causas - Mayo Clinic. *Mayo Clinic*. Recuperado 4 de marzo de 2023, de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/high-blood-pressure/symptoms-causes/syc-20373410>
- Verjoshanski, I.V. (2008). Entrenamiento deportivo: planificación y programación.
- Wagner, J.C. (1995). Glycerol: performance aid or fad? *Strength Cond. J*, 17, 60 – 61
- Williams, M. H. (1998). The ergogenics edge: pushing the limits of sport performance.