



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias de la Salud

Efectividad de las ayudas ergogénicas en el ciclismo: una revisión bibliográfica

Alumno: Cercadillo Rubio Álvaro

Tutor: Prof. Dr. Alejandro Galán-Mercant.

Departamento: Ciencias de la Salud

Junio 2016

ÍNDICE

1.- Resumen.....	3
2.- Introducción.....	5
2.1. ¿Qué son las ayudas ergogénicas?.....	6
2.2. La cafeína como ayuda farmacológica.....	6
2.3. Los carbohidratos como ayuda nutricional.....	9
2.4. El bicarbonato como ayuda fisiológica.....	9
2.5. El nitrato como ayuda fisiológica.....	10
2.6. Fundamentación de la investigación.....	11
2.7. Objetivo de estudio.....	11
3.- Métodos.....	12
3.1. Estrategia de búsqueda. Bases de datos y fuentes de investigación.....	12
3.2. Criterios de exclusión e inclusión.....	12
3.3. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos seleccionados....	13
4.- Síntesis de los resultados más relevantes.....	14
5.- Discusión.....	15
6.- Limitaciones.....	21
7.- Conclusiones.....	22
8.- Tablas.....	24
Tabla 1: Escala PEDro para la evaluación de la evidencia de los ECAs.....	24
Tabla2: Características de los ECAs.....	25
9.- Referencias bibliográficas.....	39

1.- RESUMEN

Objetivo: El objeto de esta revisión bibliográfica es analizar la evidencia científica existente en la eficacia ergogénica de la cafeína, el bicarbonato de sodio, el nitrato y los carbohidratos en la mejora del rendimiento físico y el descenso de la fatiga en un deporte de resistencia como el ciclismo.

Métodos: Se ha llevado a cabo una revisión de la literatura científica en las bases de datos "Pubmed", "Medline" y "Scopus". La búsqueda en las bases de datos mencionadas tuvo lugar entre los meses de enero y marzo de 2016, teniendo en cuenta que los estudios no tuviesen una antigüedad superior a 5 años, aunque hemos tenido que aumentar el espacio temporal para el bicarbonato. Los descriptores utilizados fueron los mismos en las bases de datos utilizadas, mientras que los filtros que se introdujeron fueron las siguientes palabras claves: "Caffeine" "Bicarbonate" "Nitrate" "Carbohydrate" "Cycling" "Physicalfitness" "Ergogenic aids".

Resultados: Se localizaron un total de 1113 artículos en la literatura. Una lectura del título y resumen me permitió el descarte de los artículos duplicados siendo estos 3, y 1091 artículos fueron excluidos al no cumplir todos los criterios de inclusión/exclusión. De los 19 artículos finales, tras una lectura de los textos completos, se seleccionaron un total de 16 artículos que cumplieron con todos los criterios de inclusión y exclusión, siendo todos ellos ensayos clínicos aleatorizados.

Conclusiones: Todos los ensayos clínicos analizados ponen en evidencia una cierta mejora en el rendimiento al consumir las ayudas ergogénicas estudiadas. Pero la heterogeneidad de los estudios y las diferencias poco significativas no pueden demostrar con seguridad la efectividad de las ayudas ergogénicas. Además, todos los ensayos concluyen con la necesidad de realizar estudios más exhaustivos para mostrar los beneficios en el rendimiento.

Palabras claves: Cafeína, bicarbonato de sodio, nitrato, los carbohidratos, ayudas ergogénicas, ciclismo

ABSTRACT

Objective: The purpose of this review is to analyze the scientific evidence in the ergogenic efficacy of caffeine, sodium bicarbonate, nitrate and carbohydrates in improving physical performance and decrease fatigue in an endurance sport like cycling.

Methods: It has been carried out a review of the scientific literature in databases " PubMed ", "Medline" and "Scopus". The search in the databases took place between January and March 2016, considering that the studies did not were older than 5 years, although we had to increase the periodfor bicarbonate. The descriptors were those of the analyzed databases. The filters that were introduced were the following keywords: "Caffeine", "Bicarbonate", "Nitrate", "Carbohydrate", "Cycling", "Physical fitness", "Ergogenic aids".

Results: A total of 1113 articles were found in the literature. A reading of the title and abstract allowed to discard duplicate items. 1034 items were excluded because of not meeting all the criteria for inclusion / exclusion. From the remaining 19 articles, after reading the full text, a total of 16 articles that met all inclusion and exclusion criteria were selected, all of them randomized trials.

Conclusions: All analyzed clinical tests demonstrate some improvement in performance by consuming studied ergogenic aids. But the heterogeneity of the studies and minor differences can not safely demonstrate the effectiveness of ergogenic aids. In addition to this, all trials conclude with the need for more comprehensive studies to show the benefits in performance.

Keywords: caffeine, sodium bicarbonate, nitrate, carbohydrates, ergogenic aids, cycling

2. INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo se le ha atribuido cualidades especiales a distintos productos, no solo como fuentes de nutrientes importantes, sino como recursos ergogénicos. A estos recursos se les han otorgado desde hace años unas cualidades significativas en la mejoría del rendimiento físico. Pero además, el auge del mundo del deporte ha provocado una fuerte comercialización de algunas ayudas denominadas ergogénicas a las que se les otorga múltiples beneficios en la lucha contra la fatiga y una fuerte mejoría en el rendimiento físico. El auge de estos productos en los últimos años ha hecho florecer un mercado de nutrición deportiva muy fructífero. Por supuesto, al consumo de estos productos estrellas solo se les sugieren bondades y muy pocas veces aparecen los efectos que podrían conllevar el consumo prolongado de éstos.

Más concretamente en el ámbito del deporte de competición(1), se han incrementado ayudas de todo tipo para la mejora del alto rendimiento como mejores aparatos, instrumentos, equipamientos o ayudas psicológicas. Pero los que se han desarrollado de manera esencial son los de tipo fisiológico afín de optimizar la buena funcionalidad metabólica general del organismo, y dentro de éstos, los que han evolucionado con mayor rapidez son los denominados ergogénicos tanto nutricionales como no nutricionales, pretendiendo así complementar y mejorar la recuperación durante y tras el esfuerzo, aumentando las reservas energéticas necesarias para afrontar las competiciones que producen un gran esfuerzo físico (2).

Los estudios con evidencia científica sobre estas ayudas ergogénicas no siempre han demostrado las bondades de estos productos, sobre todo las que han sido atribuidas por las marcas comerciales(3). No obstante, otros trabajos sí que parecen mostrar una clara relación causa-efecto y su uso (siempre que estén permitidas), son recomendables para ciertas especialidades deportivas. En este ámbito, la Ciencia de la Nutrición está investigando sobre distintas sustancias, y sus micro y macro nutrientes, cuando se agregan o manipulan en la dieta, logrando así aumentar el rendimiento físico.

El ciclismo es un deporte con unas exigencias energéticas considerables y estas características especiales del ciclismo presenta exigencias físicas altas (frecuencia, intensidad y duración de la competición, insuficiencia de días de recuperación...), sometiendo el ciclista al organismo a grandes esfuerzos durante varios días de competición. El desgaste que se produce durante la

carrera es muy importante, y todo ello está suscitando una gran polémica respecto a la utilización de las ayudas ergogénicas, pero sobre todo sobre la real efectividad de éstas así como la seguridad de su uso.

Es por ello que me he planteado varios aspectos de investigación sobre esta temática:

- ✓ Analizar la evidencia científica en la mejoría del rendimiento de cuatro ayudas ergogénicas muy utilizadas en el ciclismo en estos últimos tiempos: la cafeína, los carbohidratos, el bicarbonato y el nitrato.
- ✓ Investigar la efectividad de estas ayudas cuando se toman solas o en combinación con una de las otras en la mejora del rendimiento y el descenso de la fatiga.
- ✓ Revisar algunos efectos negativos importantes en el consumo de éstas.
- ✓ Averiguar si estas ayudas son suplementos válidos y seguros como sustancia ergogénica en el ejercicio.

2.1. ¿Qué son las ayudas ergogénicas?

Las ayudas ergogénicas tienen como objeto el mejorar la capacidad física, limitando los efectos fatigantes del ejercicio, tanto intenso como prolongado. Pero ¿qué son las ayudas ergogénicas? Una ayuda ergogénica(4) es cualquier técnica de entrenamiento, dispositivo mecánico, práctica nutricional, método farmacológico o técnica psicológica que pueda incrementar la capacidad de rendimiento durante el ejercicio y/o incrementar las adaptaciones al entrenamiento. Otra definición nos la ofrece Ramírez Montes y Osorio (5) exponiendo que una ayuda ergogénica es “cualquier medio que mejora la producción, utilización, control, eficiencia en el uso y la recuperación de la energía, proporcionando con ello una ventaja competitiva”.

2.2. La cafeína como ayuda farmacológica.

La cafeína, junto con la teína, han sido dos sustancias clasificadas como ayudas ergogénicas farmacológicas aunque también pueden considerarse nutricionales debido a que se encuentran en bebidas de consumo habitual. La cafeína constituye un estimulante natural, encontrado en suplementos nutricionales y una de las sustancias psicoactivas más utilizada en el mundo. Está presente en bebidas tradicionales como el café, té, chocolate, pero también como aditivo de gaseosas, bebidas energizantes, geles, gomas, chicles e inclusive en medicamentos, que ofrecen concentraciones adicionales de cafeína para aumentar el

rendimiento físico o psicológico, produciendo también efectos en otras funciones fisiológicas como el estado de ánimo, el humor, el sueño o el dolor. Ésta se ha convertido en una sustancia común en la dieta de la mayoría de los ciclistas. Asimismo, es tal su consumo y la publicidad de sus bondades que está apareciendo ahora en muchos productos nuevos, como el agua embotellada, mentas, chocolatinas, patatas fritas u hojuelas de avena (5).

La capacidad de la cafeína para mejorar el trabajo muscular se identificó ya en 1907, pero solo será en la década de los 70 cuando apareció su uso en los deportistas, y en 1978 los trabajos de Costill y colaboradores (6) serán los primeros estudios científicos sobre esta temática. Estos autores plantearon que, en ciclistas competitivos, la ingesta de 330 g de cafeína tenía un efecto ergogénico para el ejercicio de larga duración.

La cafeína (1, 3, 7 trimetilxantina) es un alcaloide presente en los granos, hojas o frutos de más de 60 especies de plantas (café, té, cacao, guaraná, cola). Pertenecen al grupo de sustancias denominadas metilxantinas (paraxantina, teofilina, teobromina) las cuales son estructuralmente similares a los nucleótidos cíclicos e interactúan con las fosfodiesterasas de los nucleótidos cíclicos(5). La cafeína se absorbe rápidamente a través del tracto gastrointestinal. Su ingesta (una hora en promedio) puede ser prolongada con la ingesta de alimentos y tiene una vida media de entre 3-7 horas. Presenta una biodisponibilidad del 100%, una alta solubilidad, tanto en el agua como en los solventes orgánicos no polares y se mueve a través de las membranas celulares con la misma eficacia que se absorbe, distribuyéndose a los tejidos. La cafeína atraviesa rápidamente las membranas celulares, como también la barrera hematoencefálica y placentaria, alcanzando grandes concentraciones en todo el cuerpo, inclusive en el encéfalo (5).

La cafeína tiene mecanismos de acción tanto en el sistema nervioso central, como en el sistema cardiovascular, en las funciones renales, en el sistema respiratorio, en los músculos y en el sistema gastrointestinal. Pero me voy a centrar. Nos sobre todo en mecanismos que considero de importancia para el objeto de este trabajo.

✓ Sistema nervioso central

- El efecto más conocido es su acción en el sistema nervioso central. Se cree que la cafeína produce sus efectos estimulantes y la excitación mediante la liberación de la inhibición tónica de la dopamina. La dopamina es un importante mediador de los efectos estimulantes locomotores de la cafeína y, cuando se administra cafeína de manera aguda, puede potenciar los efectos

locomotores de agentes que liberan dopamina. Los receptores A2A están ubicados, principalmente, en regiones ricas en neuronas dopaminérgicas, como el estriado, el cual sirve como unidad de recepción de los núcleos basales (5).

✓ A nivel muscular:

- La cafeína parece ejercer una acción directa a nivel muscular y esta acción se considera importante a la hora de explicar el efecto ergogénico. Se produce una movilización del calcio intracelular. Distintos estudios han mostrado que la cafeína mejora la liberación del calcio desde retículo sarcoplásmico, e inhibe la recaptación mejorando de esta manera la fuerza de contracción durante ejercicios submáximos tanto de consumidores habituales de cafeína como los que no.
- Estimulo de las bombas de K y Na de las fibras musculares no activas, lo que supone una disminución de la concentración de K⁺ en sangre, con el consiguiente retraso en la aparición de la fatiga.

✓ A nivel metabólico, la cafeína presenta los efectos siguientes:

- Antagonista de la adenosina: la cafeína bloquea los receptores de la adenosina inhibiendo competitivamente su acción.
- Incremento de la oxidación de los lípidos: Se incrementa el uso de las grasas ya que aumenta la actividad de la hormona lipasa sensible (HLS) inhibiendo la actividad del Glucógeno fosforilasa.
- Actúa como un inhibidor no competitivo selectivo de las enzimas fosfodiesterasas.
- Ahorro de la utilización del Glucógeno. En ejercicios de resistencia como es el ciclismo, algunos estudios muestran la existencia de una mejora significativa en el rendimiento, retrasando así la aparición de la fatiga en ejercicios submáximos a un 70-80% de VO₂max. El incremento en la resistencia es el aumento de la lipólisis o liberación de ácidos grasos, aumentando sus niveles en plasma. Así se consigue una utilización más eficaz del glucógeno muscular, y por ello se afirma que la cafeína actúa como ahorradora de glucógeno.
- Incrementa la acumulación de glucógeno después del ejercicio. Este punto está presentando bastantes controversias, pues se requieren más estudios con evidencia científica que lo corroboren.

Los beneficios asociados a la ingesta de cafeína en los deportistas incluyen retraso en la sensación de fatiga, reducción de las sensaciones de dolor y esfuerzo, incremento del tiempo hasta la fatiga, incrementos en la oxidación de ácidos grasos, aumento en la producción de potencia media, estimulación de la actividad motora, aumentos en el estado de alerta, la sensación subjetiva de energía y de la capacidad para concentrarse (5).

2.3. Los Carbohidratos como ayuda nutricional.

Los carbohidratos no constituyen en realidad una ayuda ergogénica sino el macronutriente principal de la dieta de la mayoría de los deportistas. Sin embargo, en la actualidad existe cierto consenso en relación a que su utilización durante el esfuerzo produce mejoras significativas en el rendimiento (7) (8), y es por ello que la he incluido entre las sustancias con efectividad comprobada para mejorar el rendimiento. Normalmente durante el esfuerzo, los carbohidratos se ingieren junto con agua a través de la utilización de bebidas deportivas (7), mostrando así que el efecto investigado que pueden producir tanto los carbohidratos como los fluidos durante el esfuerzo es muy interesante. Estos trabajos exponen que los carbohidratos durante el ejercicio parecen retrasar el inicio de la fatiga y mejorar el rendimiento en actividades prolongadas, pero también en actividades de menor duración y mayor intensidad, aunque los mecanismos por los cuales mejora el rendimiento son diferentes. Durante el ejercicio prolongado, los beneficios en el rendimiento de la ingesta de carbohidratos parecen que se alcanzan por el mantenimiento o la elevación de las concentraciones de glucosa en plasma y el mantenimiento de tasas altas de oxidación de carbohidratos, mientras que durante el ejercicio intenso, el consumo de carbohidratos podría afectar positivamente al sistema nervioso central.

Jeukendrup y colaboradores (7) plantean que aunque la ingesta de carbohidratos puede mejorar el rendimiento en el ejercicio, el consumo de grandes cantidades no es necesariamente una buena estrategia ya que las soluciones con altas concentraciones de carbohidratos y las bebidas con una osmolalidad alta han sido asociadas al desarrollo de malestar gastrointestinal. Por lo tanto, y según los autores citados, parece que hay un fino equilibrio entre ingerir cantidades óptimas de carbohidratos que puedan oxidarse para obtener energía, mientras que al mismo tiempo se evite el malestar gastrointestinal que pueda llevar a un mal rendimiento (9).

2.4. El Bicarbonato sódico como ayuda fisiológica.

Una de las sustancias ergogénicas más estudiadas en los últimos años ha sido el bicarbonato de sodio, que funciona como el tampón extracelular más importante del organismo. El ácido generado en las células musculares es transportado hacia la sangre siguiendo su gradiente de concentración. El resultado de tal proceso es una reducción en los niveles de acidez muscular, lo que podría retrasar la fatiga e incrementar la producción de fuerza muscular. La ingesta oral de bicarbonato se neutraliza en su mayor parte en el estómago, por lo que hay que dosificar bien el nivel alcalino (10).

El bicarbonato sódico se debería de tomar unas dos horas antes de la competición. Los deportes en los que tendría mayor efectos, sería aquellos de esfuerzo máximo – continuo de 1 a 5 minutos de duración; y en deportes interválicos con mínimas recuperaciones. La ingestión 1 – 2 horas antes del ejercicio de 0.3 gr. de bicarbonato por kg. de peso corporal del deportista en aproximadamente un litro de agua, produce ese efecto neutralizador de la bajada de pH. A igual que con otras sustancias, pueden producir efectos secundarios, como son molestias gástricas, con lo que no se debería de utilizar directamente en una competición importante, sino previamente en entrenamientos o competiciones de segundo nivel (10).

Si bien la literatura científica indica de forma empírica que esta sustancia tendría efectos positivos en el rendimiento, más concretamente en el retraso de la aparición de fatiga, los estudios realizados hasta la fecha han sido contradictorios en sus resultados, creando la necesidad de sugerir nuevas ideas, recomendaciones e investigaciones que permitan comprobar la real efectividad de esta sustancia aplicada al deporte (11).

2.5. El Nitrato como ayuda fisiológica.

La popularidad del nitrato en la dieta está creciendo como un suplemento de nutrición deportiva. El nitrato inorgánico está presente en numerosos productos alimenticios, y es abundante en los vegetales de hoja verde y el betabel (remolacha). Después de su consumo, el nitrato se convierte a nitrito dentro del cuerpo, es almacenado y distribuido en la sangre. En condiciones donde la disponibilidad de oxígeno es baja, el nitrito se puede convertir en óxido nítrico, el cual se sabe que juega funciones importantes en el control vascular y metabólico(12)(13). La suplementación dietética con nitrato aumenta las concentraciones de nitrito en plasma y reduce la presión arterial en reposo. Además, la suplementación con

nitrato también reduce el costo de oxígeno en ejercicios submáximos, y en algunas circunstancias, puede mejorar el rendimiento y la tolerancia al ejercicio. El óxido nítrico (NO) es una molécula de señalización fisiológica importante que puede modular la función el músculo esquelético a través de su rol en la regulación del flujo sanguíneo, la contractilidad muscular, la homeostasis de la glucosa y el calcio y la biogénesis y la respiración mitocondrial(12) (13).

Se ha encontrado que la suplementación con nitrato, en forma de suplemento o a través de su fuente natural (jugo de remolacha) puede reducir el costo de oxígeno en estado estable en un ejercicio submáximo en bicicleta en un 5% e incrementar el tiempo hasta el agotamiento en un ejercicio de alta intensidad en un 16 %. Según los distintos estudios, una fuente natural del nitrato como es el jugo de remolacha, puede ser igual de efectiva que la utilización de la sustancia ingerida en forma aislada como nitrato de sodio. Las dosis que se plantean como las normales en los diferentes trabajos consultados son de 0,1 mmol/kg de masa corporal y por día, o 0,5 L de jugo de remolacha por día (13).

2.6. Fundamentación de la investigación.

En el ámbito del deporte de competición como el de no competición se han incrementado ayudas de todo tipo para la mejora del rendimiento: innovación en los aparatos, equipamientos y ayudas para ir cada vez más lejos en el rendimiento, desarrollándose de manera indispensable los de tipo fisiológico afín de optimizar la buena funcionalidad metabólica general del organismo. Es así que se ha visto incrementado, y a una velocidad impresionante, los denominados ergogénicos tanto nutricionales como no nutricionales. Estas ayudas se presentan como productos que complementan y mejoran la recuperación antes, durante y tras el esfuerzo, y/o aumentando las reservas energéticas necesarias para afrontar las competiciones que producen un gran esfuerzo físico. Habiendo realizado un búsqueda inicial para analizar la efectividad de las misma, encontrando un volumen significativo de evidencias en documentos primarios, y habiendo comprobado la no presencia de documentos secundarios de la temática planteada; se planteó el analizar los niveles de evidencia científica sobre la real efectividad de éstas más allá de las modas o la publicidad que anuncian estos suplementos, sin informar realmente de su uso adecuado y su contenido.

2.7. Objetivo de estudio.

Analizar la evidencia científica existente en la eficacia ergogénica de la cafeína, el bicarbonato de sodio, el nitrato y los carbohidratos en la mejora del rendimiento físico y el descenso de la fatiga en un deporte de resistencia como el ciclismo.

3. MÉTODOS

3.1. Estrategia de Búsqueda. Base de datos y fuentes de investigación.

Para la presente investigación, se han formulado varias preguntas de investigación tal y como se ha expuesto en la introducción. Para responder a éstas, se realizó una revisión de la literatura científica en las bases de datos "Pubmed", "Medline" y "Scopus". La búsqueda en las bases de datos mencionadas tuvo lugar entre los meses de enero y marzo de 2016, teniendo en cuenta que los estudios no tuviesen una antigüedad superior a 5 años. Los descriptores utilizados fueron los mismos en las bases de datos utilizadas, mientras que los filtros que se introdujeron fueron las siguientes palabras claves: "Caffeine" "Bicarbonate" "Nitrate" "Carbohydrate" "Cycling" "Physical fitness" "Ergogenic aids", utilizando el conector "AND".

Asimismo se recurrió a otros trabajos de literatura e investigación de base, como se muestra en la bibliografía, para la comprensión de los mecanismos de acción de las ayudas ergogénicas que se ha seleccionado para este trabajo tanto en lengua inglesa como española, permitiéndose así centrar mejor la temática y comprender los resultados publicados en los distintos estudios seleccionados en este trabajo.

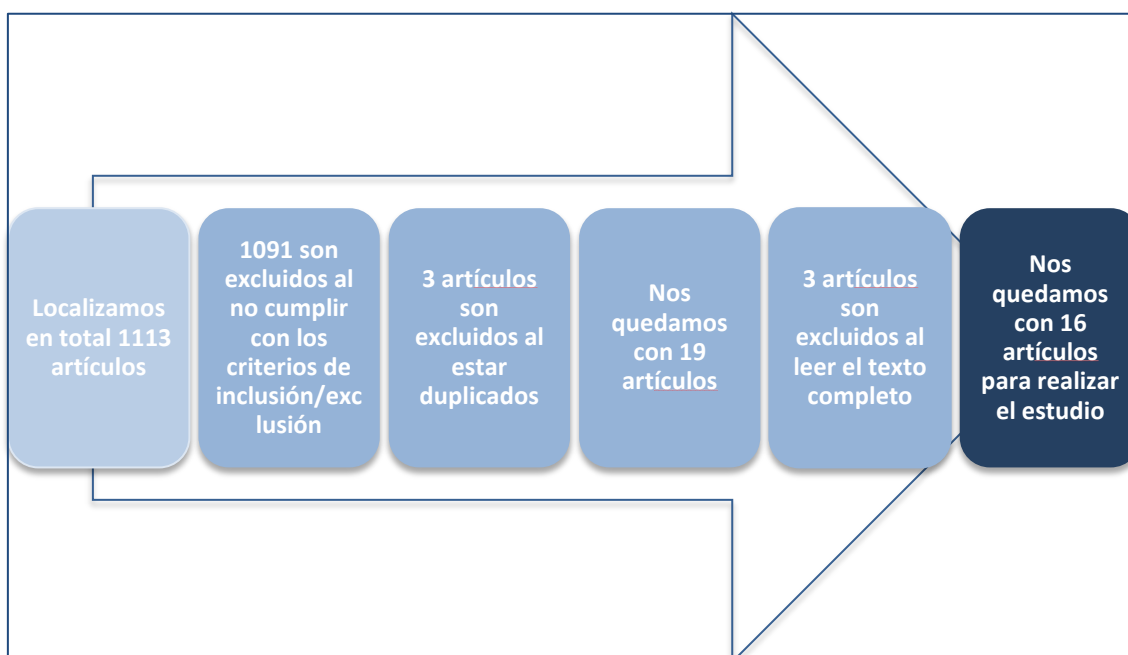
3.2. Criterios de exclusión e inclusión.

Se incluyeron todos aquellos estudios que fueron realizados sobre ayudas ergogénicas en el ciclismo, bien fuera en ambientes de laboratorio o en condiciones reales del desarrollo de la actividad. La estrategia de búsqueda estuvo orientada a localizar ensayos clínicos aleatorizados con doble ciego. A partir de esto, se bajarían los criterios de búsqueda en función de la calidad metodológica de las evidencias primarias. En el caso de la cafeína se excluyeron todos aquellos artículos que tenían más de 5 años de antigüedad, dado que es la ayuda más estudiada, existiendo una literatura científica abundante. Sin embargo, con respecto a las demás ayudas ergogénicas, hemos tenido que ampliar el espectro temporal. Todos los estudios incluidos en el trabajo describen las características de la población objeto de intervención, las

intervenciones realizadas, los resultados obtenidos y las comparaciones con otros estudios realizados sobre la misma temática. Solo se aceptaron estudios con variables de resultados relacionadas con la efectividad y mejora del rendimiento de la condición física en ciclistas. Los estudios que no cumplieron los criterios de inclusión fueron rechazados para el análisis.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo de la búsqueda y selección de los artículos incluidos en esta revisión. Tras la búsqueda en las bases de datos reseñadas, con los descriptores descritos, así como los criterios de inclusión y exclusión utilizados como criterios de búsqueda se localizaron un total de 1113 artículos en la literatura. Una lectura del título y resumen permitió el descarte de los artículos duplicados (3 estudios), y 1091 artículos fueron excluidos al no cumplir todos los criterios de inclusión/exclusión. De los 19 artículos finales, tras una lectura en profundidad de los textos completos, se seleccionaron un total de 16 artículos que cumplieron con todos los criterios de inclusión y exclusión, siendo todos ellos ensayos clínicos aleatorizados.

Figura 1: Flowchart de la búsqueda y selección de los artículos.



3.3. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos seleccionados.

Para la evaluación de la calidad metodológica de los artículos seleccionados, teniendo en cuenta que todos ellos son ensayos clínicos aleatorizados, se utilizó la herramienta de evaluación PEDro. La escala “Physiotherapy Evidence Database (PEDro)” es una herramienta diseñada para evaluar la calidad metodológica de los diseños clínicos (14) y empleada en

numerosas revisiones bibliográficas. Esta escala está basada en la lista desarrollada por Verhagen y colaboradores (15) utilizando la técnica de consenso Delphi. Presenta un total de 11 ítems. El ítem 1 hace referencia a la validez externa del estudio, mientras que los ítems 2-9 hacen referencia a la validez interna, indicando los ítems 10 y 11 si la información estadística aportada por los autores permite interpretar los resultados de forma adecuada. Todos los ítems de esta lista están dicotomizados como “sí”, “no” o “no informa”. Cada ítem contestado como “sí” suma un punto, mientras que los ítems contestados como “no” o “no informa”, no recibe puntuación alguna.

La calidad metodológica de los artículos seleccionados fue evaluada por dos revisores independientes, obteniendo en los 16 artículos una puntuación entre los 8 y 11 puntos, como se muestra en el Tabla 1.

4. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS MÁS RELEVANTES

Los resultados principales de esta revisión se expresan en las tablas 1 y 2. La tabla 1 muestra los resultados y puntuaciones de la escala PEDro pasados a los artículos incluidos en la presente revisión. La tabla 2 expone la síntesis y revisión de los ensayos clínicos seleccionados con sus principales características y resultados más significativos. Del total de los artículos seleccionados, seis tratan el impacto de la cafeína en el ciclismo, dos exponen el estudio sobre el nitrato, y dos sobre el bicarbonato. El resto analizan la combinación de dos ayudas: cafeína y carbohidrato; cafeína y bicarbonato y cafeína y nitrato; lactato y bicarbonato, y por fin otro analiza la cafeína con una variable psicológica como es el afecto (placer y descontento). Existe un número importante de variables estudiadas en el conjunto de los trabajos seleccionados, encontrado heterogeneidad entre los diferentes estudios en las variables principales de resultado. No obstante, las variables más examinadas son el ritmo cardíaco (en 12 ensayos), el esfuerzo percibido (en 10 ensayos), el lactato en sangre (en 10 ensayos), la potencia media (en 6 ensayos) y el V02 (en 6 ensayos). La población seleccionada en casi todos los ensayos es masculina, excepto en tres ensayos donde en uno, la población es totalmente femenina; en otro es al 50% y en otro solo representa el 0,09%. Además esta población ciclista son mayoritariamente deportistas tanto hombres como las mujeres, deportistas bien entrenados. Todos los ensayos trabajan con muestras de población pequeñas (las muestras son de entre 6 y 14 ciclistas), y todas las intervenciones se desarrollan en laboratorios. Las diferencias en los resultados entre los trabajos seleccionados no son muy significativas.

5. DISCUSIÓN

La búsqueda de estudios en relación al uso de ayudas ergogénicas en el ciclismo ha resultado ser bastante amplia, lo que indica que es un tema sobre el que se han realizado numerosas investigaciones, habiéndose generado numerosos documentos primarios al respecto. Como se puede constatar en la literatura científica, las investigaciones sobre la cafeína y su poder ergogénico en el rendimiento y descenso de la fatiga en ciclistas bien entrenados son las más numerosas. No obstante, en los últimos años han aparecido estudios muy interesantes sobre la eficacia ergogénica del nitrato, del bicarbonato, pero sobre todo de la combinación de la cafeína con otras ayudas. El presente estudio de revisión, ha llevado a estudio la numerosa literatura científica existente en la eficacia ergogénica de la cafeína, el bicarbonato de sodio, el nitrato y los carbohidratos en la mejora del rendimiento físico y el descenso de la fatiga en un deporte de resistencia como el ciclismo.

Un primer aspecto a señalar de los resultados obtenidos de la selección de los artículos es la variabilidad de éstos. Los resultados muestran heterogeneidad tanto en el conjunto de las variables estudiadas como en la población seleccionada. De las veinte variables analizadas, solo, la variable “ritmo cardiaco” está en el 75% de los estudios seleccionados. Otro elemento que muestra la heterogeneidad es la cuestión de la dosis más adecuada para la efectividad de las ayudas ergogénicas en el rendimiento, así como el tiempo de ingestión. Además en las repuestas a estas cuestiones planteadas en las discusiones, éstas son también variables. El tiempo de ingestión también varía mucho en los ensayos.

La eficacia ergogénica de la cafeína en el deporte se estudia desde hace tiempo. Costill y colaboradores (6) fueron los primeros científicos contemporáneos en concluir que, en ciclistas competitivos, la ingesta de 330 g de cafeína tenía un efecto ergogénico para el ejercicio de larga duración. Más tarde en 1979, otros investigadores (16) publicaron que con ciclistas entrenados que pedaleaban a 80 rpm durante 90 minutos después de una dosis fraccionada de 500 mg de cafeína, la producción de trabajo y el metabolismo lipídico aumentaban. Spriet y colaboradores (17) utilizando una dosis de 9 mg/Kg en sujetos que pedalearon hasta el agotamiento al 80% del VO₂ máximo, observaron que con la cafeína lograban mayores distancias, y que durante los primeros 15 minutos de la prueba la glucogenólisis se reducía en un 15%. Graham y Spriet (18) evaluaron los efectos de varias dosis de cafeína sobre el

rendimiento en el ejercicio y expusieron la existencia de un incremento significativo del rendimiento con dosis bajas (3 mg/kg) y moderadas (6 mg/kg) de cafeína pero no para dosis altas (dosis superiores a los 9 mg/kg se aproximan al valor tóxico y pueden provocar efectos secundarios como problemas gastrointestinales, insomnio, irritabilidad o arritmias y alucinaciones) y sugieren que las altas dosis de cafeína pueden estimular tanto al SNC hasta un punto en el cual se anulan las respuestas ergogénicas positivas.

Los trabajos que hemos seleccionados, a pesar de la heterogeneidad, presentan en algunos casos resultados en consonancia entre ellos. Todos exponen alguna mejoría según la dosis de cafeína ingerida, pero realmente creemos que los datos no son altamente significativos. El estudio de Nathan W. Pitchford y colaboradores (19) utilizando una dosis de cafeína de 3mg kg⁻¹, 90 minutos antes del ejercicio indica una pequeña mejoría en el rendimiento. Michael J. Duncan, Joanne Hankey (20) mediante una bebida energética con cafeína concluye que los datos revelan efectos positivos de la ingestión de bebidas energéticas sobre la percepción del esfuerzo, y del dolor muscular. L.R. McNaughton, R.J. Lowelly colaboradores (21) con una dosis de 6mg.kg⁻¹ concluye que existe una mejoría pero que la cafeína puede considerarse como una ayuda ergogénica pero cuando la dosis es de esa cantidad. Todd A. Astorino y colaboradores (22) revelan que no hay diferencias en la mejora del rendimiento cuando se toma idénticas dosis de cafeína en días distintos (5mg/kg de cafeína), pero además expusieron que en dos de los ciclistas, los resultados no fueron mejores en la cafeína vs el placebo. Para estos autores los datos indican la necesidad de estudios más exhaustivos y más individuales para realizar investigaciones sobre el porqué la cafeína tiene efectos en algunos sujetos y en otros no. En el trabajo de Stephen C. Lane y colaboradores (23) con una dosis de 3 mg⁻¹ · kg⁻¹ de masa corporal, la cafeína mejora la potencia independientemente de la tasa de glucógeno muscular pero la cafeína no tiene la capacidad de restaurar plenamente la potencia y una tasa de glucógeno inicialmente controlado al comienzo de la prueba. Y por fin, Tina L. Skinnery colaboradores (24) con una dosis de 6,1 ml kg⁻¹ min⁻¹ demostró que las concentraciones séricas máximas de cafeína tras una comida antes del ejercicio no tuvieron efecto por lo menos hasta 120 minutos después de la ingesta de cafeína. De ahí la importancia de establecer la relación entre la dosis de cafeína, y el momento de la administración de ésta.

Todos estos resultados obtenidos en los trabajos seleccionados nos indican que los distintos métodos de suplementación con cafeína, así como las diferentes dosis apoyan una visión consistente sobre la forma y dosificación apropiadas para obtener datos significativos sobre el efecto ergogénico de la cafeína. En 1995, los trabajos de Graham y colaboradores (18), ya

plantearon que los efectos de una dosis similar de cafeína suministrada en diferentes formas (cápsulas más agua, café normal, café descafeinado más cafeína en cápsulas y placebo), solo la cafeína en cápsulas incrementó significativamente la capacidad de trabajo, comparada con las otras formas de administración. De ahí que se proponga que tal vez otros componentes indistinguibles en el café vuelven a la cafeína menos eficaz que cuando se consume en su forma anhidra. Esta propuesta fue apoyada por otros investigadores(25) en una publicación en la que indicaban que en el proceso de tostado del café se producen derivados de los ácidos clorogénicos que pueden tener el potencial de alterar los efectos de la cafeína como antagonista de la adenosina, disminuyendo así su acción inhibitoria. De los resultados publicados se verifica que la suplementación en los seis casos estudiados pueden optimizar el rendimiento por una combinación de efectos sobre sistemas centrales y periféricos, pero me pregunto si esta mejoría solo depende del efecto de la cafeína o de otros factores como la condición del deportista, el tipo de ejercicio realizado (modo, intensidad y duración de éste) y la dosis de cafeína. Otro elemento a tener en cuenta es la hora de administración. Según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), la administración, una hora antes del ejercicio, de 3 mg de cafeína por kg de peso corporal incrementa la capacidad de resistencia, mientras que si se administran 4 mg/kg se reduce la percepción del esfuerzo realizado. Como hemos señalado Skinner y colaboradores (24) puso de relieve la importancia de establecer la relación entre la dosis de cafeína, y el momento de la administración de la cafeína.

La eficacia ergogénica de los nitratos está siendo estudiada en estos últimos años de manera apreciable. Los trabajos del profesor A. Jones (12) (13) de la Universidad de Exeter sobre los beneficios del jugo de remolacha en los ciclistas tuvieron mucha repercusión en los medios deportivos. El estudio “Research reveals new secret weapon for le Tour” (26) realizado sobre ciclistas activos, hizo un seguimiento de los niveles de VO₂ de los atletas durante el ejercicio para asegurarse que los ciclistas realizaran el máximo esfuerzo. Los resultados muestran que cuando los ciclistas bebían jugo de remolacha, éstos tenían una mayor potencia de salida para el mismo esfuerzo. Sabemos que la suplementación con nitrato de la dieta disminuye la presión arterial en reposo, y por lo tanto, puede ser importante en el mantenimiento y la promoción de la salud cardiovascular. Distintos trabajos(27) (28) plantearon que tres días de suplementación con nitrato de sodio incrementan la concentración de NO₂⁻ en plasma y reducen el costo de O₂ del ejercicio submáximo en bicicleta. Los resultados del estudio de Larsen y colaboradores (27) fueron de considerable interés porque sugirieron que una intervención dietética a corto plazo podía mejorar la eficiencia en el ejercicio (es decir, reducir la energía requerida para ejercitarse a la misma intensidad) y tener el potencial de aumentar el

rendimiento. Los trabajos de Bailey colaboradores (28) también expusieron que después de tres días de suplementación con jugo de remolacha (0,5 L/día) se duplicó la concentración de NO₂⁻ y se redujo el VO₂ en estado estable durante el ejercicio de intensidad moderada y se atenuó el componente lento del VO₂ durante el ejercicio de intensidad rigurosa. En la revisión que presento, los ensayos los trabajos de Lansley y su equipo (29) y el ensayo de Cermak y colaboradores (30) han obtenido resultados similares a los de estos trabajos citados anteriormente. K. E. Lansley y colaboradores (29) en su estudio concluye que la suplementación dietética con solo 0,5 L /día dosis de nitrato ricos mejoró el rendimiento en las pruebas de 4 y 16,1 km en ciclistas bien entrenados al comparar con las condiciones del placebo. Se redujo la presión arterial y aumentó la concentración de NO₂⁻, y redujo el VO₂. Estos resultados sugieren que a corto plazo, la intervención dietética natural mejora la eficiencia del trabajo muscular ya que los sujetos entrenados fueron capaces de producir una mayor potencia para el mismo intercambio de energía oxidativa. Respecto al trabajo de Cermak y colaboradores (30), éste me lleva a las mismas conclusiones. Seis días de suplementación con jugo de remolacha (8 mmol/día) redujeron significativamente el VO₂ a dos tasas de trabajo sub-máximo y mejoraron la producción de potencia promedio y el rendimiento en la prueba contrarreloj de 10 km (en 1.2%) en ciclistas entrenados. La suplementación dietética de nitrato disminuye los valores medios de VO₂ durante el ejercicio submáximo y mejora de 10 km el rendimiento en pruebas de entrenamiento. Estos resultados sugieren que el nitrato o productos alimenticios naturalmente ricos en nitrato pueden ser utilizados como un ayuda ergogénica eficaz para los atletas de competición

Desde 1998 se han publicado múltiples trabajos sobre la eficacia ergogénica del bicarbonato en el deporte. Las hipótesis de estos trabajos se centraban en determinar si la ingesta de NaHCO₃ redundaba en un efecto ergogénico al realizar diferente tipo de esfuerzos (31). En el caso del impacto del bicarbonato, los trabajos de McNaughton (11)(32) son muy interesantes. Tras muchos estudios realizados en cicloergómetro e intensidad máxima con carga de bicarbonato entre los años 70 y 90, en los que no encontraron mejoras ergogénicas, McNaughton en 1992(32) comprobó en un ensayo que suministrando placebo (CaCO₃) en una dosis de 0.5g·kg⁻¹ y bicarbonato en dosis de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 g·kg⁻¹ a ciclistas en cicloergómetro, se obtenía el mejor resultado de pico de potencia (1295±72.8 W) con 0.3 g·kg⁻¹.

Si bien las aportaciones realizadas en la literatura científica hasta la fecha, indica de forma empírica que esta sustancia tendría efectos positivos en el rendimiento, específicamente en el retraso de la aparición de fatiga, los numerosos estudios realizados a este respecto, siguen

siendo contradictorios en sus resultados, sugiriéndose la recomendación de realizar nuevos estudios de investigación que permitan comprobar la verdadera efectividad de esta sustancia (31).

A este respecto, sobre la idoneidad de la ingesta del NaHCO_3 , el ensayo de McNaughton, Dalton y Palmer(11) lo corrobora: los ciclistas que ingieren placebo y los que no toman nada, obtienen resultados similares en cicloergómetro, pero siguen siendo mucho mejores los que sí ingieren NaHCO_3 . Los ciclistas que consumieron NaHCO_3 tuvieron rendimientos promedios totales 13% y 14% mayores que los grupos control y placebo, respectivamente. Los resultados de este estudio sugieren que el bicarbonato de sodio puede ser utilizado para compensar el proceso de fatiga durante la alta intensidad en el ciclismo aeróbico que dura 60 min. El estudio de Matthew W. Driller y colaboradores (33) concluye que la carga con NaHCO_3 produce una mejora significativa en el rendimiento, y además las cargas NaHCO_3 proporcionan un método eficaz para aumentar la salida de potencia media durante 4 minutos. Sin embargo, este estudio no ha obtenidos datos significativos para poder afirmar sus hipótesis de trabajo, poniendo de relieve la necesidad de realizar más estudios sobre los efectos negativos que podrían aparecer según la carga.

Los restantes trabajos que son objeto de mi estudio se plantean los efectos ergogénicos de la combinación de la cafeína con otra sustancia. Estos estudios se están desarrollando en la actualidad de forma importante, a la vez que constatamos una multiplicidad de productos en el mercado de la nutrición deportiva, de ahí la necesidad de investigar realmente la eficacia de estas combinaciones.

- ✓ En primer lugar analizamos la combinación conjunta de cafeína y carbohidratos. Dos trabajos tratan este tema: el estudio de Chia Lun Lee y colaboradores (34) y el trabajo de Tiffany L. Acker-Hewit y colaboradores (35). El primero de ellos analiza la eficacia ergogénica de la ingestión mutua de carbohidratos y cafeína en ciclistas bien entrenados. Los resultados son muy interesantes ya que las conclusiones a las que lleva este trabajo, revelan que la cafeína no mejora los sprints intermitentes de alta intensidad con tiempos de recuperación cortos (≤ 20 s). Para este equipo la co-ingestión de cafeína y de hidratos de carbono tiene un efecto negativo significativo en el trabajo total y en el cansancio durante la mitad y las últimas etapas de sprints de alta velocidad. El estudio no muestra ningún beneficio de la ingestión de 6 mg kg^{-1} la cafeína seguido por 0,8 g kg^{-1} de hidratos de carbono en el rendimiento de alta intensidad. Por otra parte, la co-ingestión de la cafeína y carbohidratos aumentó la glucosa en sangre así como las concentraciones de cortisol. El segundo trabajo

muestra que consumidos conjuntamente la cafeína y el carbohidrato mejoran el rendimiento en la carrera contrarreloj, pero no es el caso cuando se toman de manera aislada. Este estudio no concluye de manera exhaustiva los efectos de esta combinación.

Los dos estudios introducen la necesidad de realizar estudios más exhaustivos sobre la combinación de la cafeína co-ingerida con el carbohidrato así como sobre los suplementos de nutrición deportiva, pero sobre todo sobre su eficacia ergogénica en sus diversas formas en un entorno real de entrenamiento y competición.

- ✓ Otras investigaciones que se están desarrollando tratan la eficacia de la cafeína co-ingerida con nitrato. Dos trabajos tratan esta temática: el trabajo de Mark Glaister y colaboradores (36) y el de E. Kilding y colaboradores (37). El primero concluye que los resultados de este estudio apoyan los efectos beneficiosos en la administración de suplementos de cafeína sobre el rendimiento de resistencia. Sin embargo, la suplementación aguda con nitrato de la dieta no parece tener ningún efecto sobre el rendimiento de resistencia y no añade nada a los beneficios que ofrece la administración de suplementos de cafeína. Este estudio se ha realizado con una población ciclista 100% femenina, por lo tanto no conocemos las diferencias por género que podrían existir. El segundo concluye que cuando se ingiere de forma individual, tanto la cafeína como el nitrato se observa una mejoría en el rendimiento en ciclismo de contrarreloj en ciclistas bien entrenados. Pero la ingestión de cafeína y nitrato combinados antes de los ensayos de alta intensidad realizados en el laboratorio no parece aumentar más o atenuar el efecto ergogénico comparado con la ingestión de ellos de forma individual. También estos estudios reclaman la necesidad de más investigaciones sobre los efectos de suplementos combinados en un escenario real.
- ✓ El trabajo de M. J. Northgraves y colaboradores (38) analiza la combinación de bicarbonato y lactato, concluyendo que hay poco beneficio ergogénico obtenido mediante la inducción de alcalosis metabólica a través de la suplementación con NaHCO_3 antes una carrera prolongada. Las dosis utilizadas de los suplementos de lactato en el estudio no permiten afirmar, que éstos podrían ser una alternativa viable a NaHCO_3 en términos de mejorar la capacidad buffer en la sangre. No obstante, la ingestión de NaHCO_3 ha presentado malestar gastrointestinal (no así en la condición de lactato), reduciendo los beneficios ergogénicos. Este trabajo también requiere la necesidad de futuros ensayos sobre la suplementación de lactato y su impacto ergogénico en el rendimiento.

- ✓ Y por fin el trabajo de Susan H. Backhouse y colaboradores (39). Este es el primer estudio que evalúa los efectos de la ingestión de cafeína en dimensiones subjetivas como el placer- descontento y el grado de excitación durante el ejercicio prolongado del ciclismo, es decir que intenta determinar los efectos de la ingesta de cafeína en las dimensiones de afecto y las percepciones del esfuerzo durante el ejercicio. El interés de este estudio radica en la búsqueda de los múltiples efectos de la cafeína en el cuerpo ya que los deportistas ingieren ésta con la creencia ciega de las bondades ergogénicas de la cafeína. Una literatura emergente está poniendo de relieve que el rendimiento físico y el comportamiento no se rige solo por la fisiología y el metabolismo, sino que la percepción, el afecto y los factores cognitivos van a jugar un papel relevante. ¿Tiene la cafeína efectos psicológicos? ¿Y con qué dosis? ¿Y qué tipo de efectos? Los resultados de este estudio sugieren que una dosis moderada de cafeína ingerido 1 h antes del ejercicio mantiene una sensación subjetiva más positiva de la experiencia durante el ciclo prolongado, y esta sensación de placer podría explicarse en parte los efectos ergogénicos de la cafeína como hemos indicado anteriormente. Tras el análisis de este trabajo, creemos que éste presenta importantes limitaciones, como la recogida de los datos de los niveles de cafeína en plasma o las escalas utilizadas para medir los niveles de percepción y sensaciones. Siendo conscientes de estas limitaciones, los autores plantean también la necesidad de futuras investigaciones donde se consideren la interacción del afecto, el sentido del esfuerzo, la percepción del dolor y el rendimiento.

6. LIMITACIONES.

Tras el estudio de los 16 ensayos seleccionados, se ha podido identificar algunas limitaciones en las investigaciones llevadas a estudio para poder realmente corroborar los resultados obtenidos.

- ✓ Los ensayos se han realizado en el ambiente del laboratorio, de ahí que muchos de estos trabajos requieran la necesidad de realizar estos ensayos en un entorno real y no simulado para conocer realmente la eficacia ergogénica de las ayudas. El ambiente real frente al laboratorio, presenta numerosas variables que condicionan en el rendimiento de la actividad (variaciones barométricas, variaciones de temperatura en función de por dónde discurra el ciclista, etc.).

- ✓ Las muestras utilizadas en general fueron pequeñas, y por tanto es muy difícil poder inferir y generalizar estos resultados a una población más amplia de ciclistas con similares características de los llevados a estudio.
- ✓ El análisis complejo de dosis-respuesta de ayuda ergogénica, así como el tiempo de ingestión de éstas utilizadas en los ensayos, presentaron una alta variabilidad, por lo que no ayudan tampoco a la generalización de los resultados.
- ✓ Las condiciones basales, así como las intervenciones desarrolladas a los sujetos de estudio, para la realización de los ensayos son muy distintas como para poder comparar los resultados obtenidos entre los diferentes estudios incluidos en esta revisión.

7. CONCLUSIONES.

Esta revisión bibliográfica ha permitido abrir algunas líneas de reflexión que sólo son puertas abiertas a estudios más exhaustivos sobre el impacto de las ayudas ergogénicas en el ciclismo en particular y en el deporte en general.

En primer lugar todos los ensayos seleccionados parecen mostrar la existencia de alguna mejoría en el rendimiento deportivo tras el consumo de alguna ayuda ergogénica frente a la utilización de placebos. Sin embargo, estas diferencias son tan pequeñas que ello no me permite plantear con seguridad las bondades de estas ayudas. Ninguno de los estudio llevados a revisión, expone con claridad los efectos beneficiosos ni de la cafeína, de los carbohidratos, del nitrato o del bicarbonato, sumando a ello que todos estos ensayos revisados, como se ha expuesto, se realizan en un ambiente de laboratorio, difiriendo estas en gran medida con las condiciones reales de actividad. En el mundo real de la competición ¿se llegaría a estos resultados? Y sí éstos fueran significativos ¿se deben realmente al consumo de estas ayudas o se deberían investigar otros factores que intervienen también en las buenas condiciones del deportistas? Las evidencias nos muestran la necesidad de investigar más los efectos de estas ayudas, en otros ambientes, con condiciones basales similares, así como un consenso en el estudio de la dosis en estudio de dosis respuesta y aumentando el número total de sujetos para poder generalizar los resultados a grupos de población mayores. Asimismo parece que las intervenciones con combinaciones de cafeína con otras sustancias ergogénicas no apoyan las tesis de un mejor rendimiento, y las diferencias en las tomas solas de cafeína u otra sustancia o combinándolas no son muy significativas.

Otro elemento a poner en cuestión es la dosis y el tiempo de ingestión de estas ayudas. Las respuestas de los ensayos son muy dispares, y no exponen los efectos adversos que podrían provocar el consumo de estas ayudas durante un tiempo prolongado. Probablemente estas ayudas tengan una efectividad a corto plazo ¿pero cuándo el consumo es muy prolongado los efectos adversos podrían ser más elevados que las bondades? ¿Son realmente seguras?

La presente revisión se desarrolla en el marco del auge del mercado de la nutrición deportiva, donde la publicidad se centra en los efectos positivos y las bondades de las ayudas ergogénicas para el descenso de la percepción del dolor y el aumento de la resistencia, y no solo para los deportistas de competición sino para los deportistas amateur. Es conocido el auge que ha tomado el ciclismo en la actualidad en nuestro país, produciéndose carreras todos los fines de semana, carreras que requieren un esfuerzo muy elevado y prolongado donde ciclistas de todas las edades participan cada vez más. Es fácil por tanto constatar la multiplicidad de ventas de productos de ayudas ergogénicas que parecen que van a provocar milagros en el rendimiento físico y mayor resistencia en estas carreras. ¿Cuáles podrían ser los efectos de salud de un consumo sin control de estas ayudas? ¿Son controlados los deportistas amateur antes de las carreras locales? ¿Se piden certificados médicos para poder desarrollar este tipo de actividad física?

Para finalizar, un aspecto que se debería investigar respecto a esta temática, y que está más centrado en la aplicación en fisioterapia. Todos los ensayos plantean una variable de resultado importante: la percepción del dolor. Estas ayudas tienen como función el bajar esa percepción durante un esfuerzo prolongado. ¿Qué lesiones pueden provocar el diagnosticar a tiempo un dolor que puede ser atenuado por estas ayudas ergogénicas?

8. TABLAS

Tabla 1: Escala PEDro para la evaluación de la evidencia de los ECAs

CRITERIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	PUNTOS
Michael J. Duncan, Joanne Hankey: (2013)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	11
Tina L. Skinner et al (2013)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	11
Nathan W. Pitchford et al (2014)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
L.R. McNaughton, R.J. Lowell et al.(2008)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Cemark et al (2012)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Mark Glaister et al. (2015)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Chia Lun Lee et al (2014)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
K. E. Lansey et al (2011)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Matthew W. Driller et al (2012)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Mc Naughton et al (1999)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Mattehew J. Northgraves et al(20014)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
E. Kilding et al (2012)	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	10
Todd A. Astorino et al: (2012).	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	9
Tiffany L. Acker-Hewit et al. (2012)	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	9
Susan H. Backhouse et al. (2011)	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	9
Stephen C. Lane et al. (2013)	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8

Tabla 2: Características de los ECAs

Estudio	Valoración Escala Pedro	Diseño	Participantes	Variables	Intervención	Resultados	Conclusiones
Nathan W. Pitchford et al (2014)	10	Aleatorio, Doble ciego, cruzado, controlado o por placebo	N= 9 ciclistas varones altamente entrenados (VO2 max $64,4 \pm 6,8$ ml min ⁻¹ kg ⁻¹ , potencia de salida máxima de 378 ± 40 W)	Temperatura corporal. Frecuencia cardíaca. Esfuerzo percibido VO2	Tres sesiones: Una de familiarización y dos experimentales de laboratorio en condiciones ambientales de 35 ° C y 25% de HR 90 min después de consumir ya sea cafeína (3 mg kg ⁻¹ BW) o placebo.	Los resultados de rendimiento en tiempo-ensayo fue más rápido en el ensayo de cafeína en comparación con el placebo (media $\pm$ DE, 3806 $\pm$ 359 s frente a 4079 $\pm$ 333 s, p = 0,06, IC 90% 42-500 s, un 86% de probabilidad de beneficio, d = -0.79). La ingestión de cafeína se asoció a un pequeño aumento de la frecuencia cardíaca media (p = 0,178, d = 0,39), el VO 2 (p = 0,154, d = 0,45). La relación de intercambio respiratorio (p = 0,292, d = 0,35) y la temperatura es más moderada (p = 0,616, d = 0,22) en comparación con el placebo. Sin embargo, éstos no fueron estadísticamente significativos. RPE media durante la	El estudio concluye que la suplementación de cafeína en una dosis de 3mg kg ⁻¹ , 90 minutos antes del ejercicio, puede mejorar la carrera contrareloj en un ambiente de calor.

						cafeína no fue significativamente diferente del placebo (p = 0,41, d = -0.13).	
Michael J. Duncan, Joanne Hankey: (2013)	11	Doble ciego, cruzado	N=14. 7 varones y 7 mujeres con edades comprendidas entre los 23,5 años y los 26,5 años.	Percepción del dolor en las piernas. Esfuerzo percibido. Ritmo cardiaco. LDH	Tres sesiones: Cuestionario previo para conocer sus patrones dietéticos 48 horas antes de realizar los test Dos ensayos en bicicleta durante 60 minutos a una intensidad del 60% VO2 max precedida por la ingestión de soluciones que contienen ya sea una bebida energética con cafeína o placebo	El ritmo cardiaco (HR) fue significativamente mayor (P = 0,002) de 30 a 60 min y el esfuerzo percibido (RPE) (P = 0,0001) y la percepción del dolor (P = 0,0001) fueron significativamente más bajos de 20 a 60 min en la condición de bebida energética en comparación con placebo. El DLH fue significativamente mayor (p = 0,021) en los últimos 15 min del ensayo de bebida energética y el esfuerzo físico (RTIPE) (P = 0,001) aumentó significativamente más en la pre-ingestión del ejercicio posterior a la ingestión en la condición de bebida energética en comparación con el placebo. En el estudio no se evidencian diferencias de género (P> 0,05)	El estudio concluye que los datos revelan efectos positivos de la ingestión de bebidas energéticas sobre la percepción del esfuerzo, y del dolor muscular. Los efectos de estas bebidas también parecen producir efectos positivos en la disposición a invertir esfuerzos durante el ciclismo submáximo en adultos activos
L.R. McNaught	10	Aleatorio, Doble	N=6 Varones ciclistas con	Frecuencia cardiaca Lactato en Sangre	Se realizaron tres tests.	Los tres tests presentaron	Este estudio concluye que

on, R.J. Lowell et al.(2008)		ciego	características físicas similares. Proviene de clubes ciclistas Todos son no fumadores	Glucosa en sangre	1.- Control 2.- Placebo 3.- Cafeína En el tercer test cada sujeto toma una dosis de 6mg.kg-1 y en el grupo placebo solo tomaron una bebida.	diferencias. No obstantes, éstas no son significativas. No obstante, el test de cafeína tuvo más rapidez que el grupo control. Respecto a las otras medidas no se puede decir que son significativas en los tres tests.	existe una mejora en el uso de un suplemento de cafeína. Por tanto plantean que la cafeína puede considerarse como una ayuda ergogénica pero cuando la dosis es de 6 mg.kg(-1)
Todd A. Astorino et al (2012).	9	Aleatorio Simple ciego, cruzado	N= 9 ciclistas (8 varones y 1 mujer) (edad media y el consumo máximo de oxígeno, 27,4 ± 5,9 años y 57,5 ± 3,9 ml kg -1 min)	Ritmo cardiaco Esfuerzo percibido Tiempo Potencia media	Se realizan cinco sesiones en el laboratorio. Se les exigen no haber realizado ejercicios fuertes 48 horas antes del ensayo. Antes de cada sesión cada participante ingiere 5mg/kg de cafeína o placebo	En los ensayos con cafeína, se incrementó (P = .02) el rendimiento en un 1,6% y un 1,9% frente a placebo (16,98 ± 0,96 y 16,92 ± 0,97 minutos con cafeína vs 17,25 ± 0,96 minutos en el placebo), y 7 de 9 sujetos mejoraron su actuación. La mejoría media de rendimiento en las pruebas de cafeína fue similar (p = 0,35; -0.27 - 0.32 y minutos, respectivamente) en los distintos días. La frecuencia cardíaca durante el ejercicio fue mayor (P <0,001) con la cafeína que en el placebo, aunque el índice de esfuerzo percibido fue similar (P = .65).	Los datos revelan que no hay diferencias en la mejora del rendimiento cuando se toma idénticas dosis de cafeína en días distintos. En d de los ciclistas, los resultados no fueron mejores En la cafeína vs el placebo. También se plantea la necesidad de estudios más exhaustivos y más individuales para realizar investigaciones sobre el porqué la cafeína tiene efectos en algunos sujetos y en otros no.

Stephen C. Lane et al. (2013)	8	Doble ciego cuadrado latino	N= 12 Doce ciclistas entrenados en resistencia / triatletas	Ritmo cardiaco Esfuerzo percibido. Cociente respiratorio VO2 Lactato en sangre Cafeína en plasma	Cuatro ensayos experimentales: Se manipulo el contenido de glucógeno muscular a través de la dieta antes del ejercicio. Es así que dos ensayos experimentales se iniciaron con una baja tasa de glucógeno y otra normal. Sesenta minutos antes de una prueba experimental, los sujetos ingirieron una cápsula de cafeína anhidra (CAFF, 3 mg·1 · kg-1 de masa corporal) o placebo (PLBO). La potenciase midió a lo largo del entrenamiento en intervalos de alta intensidad (8xepisodios 5 minutos a intensidad máxima autoseleccionada con recuperación de 1 minuto)	Hubo efectos significativos tanto para el contenido de glucógeno (antes del ejercicio) y la ingesta de cafeína en el rendimiento de la potencia. Una baja tasa de glucógeno reduce el rendimiento de la potencia en un 8% en comparación con NORM (P <0,01), mientras que la cafeína aumenta el rendimiento 2,8% y un 3,5% para una tasa normal y una tasa más baja de glucógeno, (P <0,01).	La cafeína mejora La potencia independiente mente de la tasa de glucógeno muscular pero la cafeína no tiene la capacidad de restaurar plenamente la potencia y una tasa de glucógeno inicialmente controlado al comienzo de la prueba. Sin embargo, el aumento de la potencia observada no proporciona un beneficio en el rendimiento pero puede mejorar la respuesta muscular en las sesiones de entrenamiento, lo que se ha con una disponibilidad reducida de glucógeno
Tina L. Skinner et al (2013)	11	Aleatorio Doble ciego, Controlado, cruzado	N= 14ciclistas y triatletas masculinos entrenados (edad 31 ± 5 años, la masa corporal de 75,4 ± 5,7 kg, el VO 2 máx 69,5 ± 6,1 ml kg -1 min -1 y potencia de salida máxima de 417 ± 35 W	Esfuerzo percibido Tiempo Fuerza Frecuencia cardiaca Lactato	Los ciclistas consumen 6 mg kg -1 de cafeína o un placebo una hora antes de completar una prueba de 40 km, o cuando el inicio del ejercicio coincide con	Después de la ingestión de cafeína, El pico de concentración se cafeína sérica máxima se produjo a los 120 minutos en 12 participantes y a los 150 min en 2	El estudio demostró que las concentraciones séricas máximas de cafeína tras una comida antes del ejercicio no tuvieron efecto

					el pico sérico individual de de las concentraciones de cafeína. Las concentraciones de cafeína se determinan en una sesión para elaborar los “perfiles de cafeína ». Se realizan mediante un control de las concentraciones de cafeína en la sangre cada 30 minutos durante un período de 4 h.	participantes. El tiempo para completar los 40 kilómetros de contrarreloj fue significativamente más rápido (2,0%; $p = 0,002$) en el grupo de cafeína en comparación con el placebo. Aunque no se encontraron diferencias significativas en los marcadores metabólicos entre C y las condiciones de placebo, no obstante las concentraciones plasmáticas de glucosa ($p = 0,005$), norepinefrina y epinefrina ($p \leq 0,002$) fueron mayores en el C de prueba 6 minutos después del ejercicio en comparación con el placebo.	por lo menos hasta 120 minutos después de la ingesta de cafeína De ahí la importancia de establecer la relación entre la dosis de cafeína, y momento de la administración de ésta que este estudio no muestra que a más cafeína en la sangre no hay más eficacia
Susan H. Backhouse et al. (2011)	10	Aleatorio, doble ciego, de diseño contrapeso	N= 12 ciclistas varones bien entrenados de edad entre 24 y 25 años, y con una masa muscular de 73.5 más o menos 76.1 kg y un VO2 max de 4.7 más o menos 0.21'	Medidas del estado afectivo *Esfuerzo percibido Excitación percibida	Para controlar el consumo de cafeína habitual se le indicó a todos los participantes que se abstuvieran de consumir productos con cafeína 60 h anteriores a cada ensayo Los participantes completaron dos pruebas de ejercicio ; cada uno separado	El afecto y el esfuerzo percibido se evaluaron en intervalos regulares. Durante el ejercicio , las calificaciones de placerse mantuvieron mejor ($F (3,38) = 4,99$, $P < 0,05$) en el ensayo de la CAF en comparación con el ensayo de PLA con puntuaciones significativamente	Este es el primer estudio que evalúa los efectos de la ingestión de cafeína en dimensiones subjetivas como el placer-descontento y el grado de excitación durante el ejercicio prolongado del ciclismo

					por al menos 1 semana y fueron asignados a la cafeína (CAF) o placebo (PLA) A los CAF se les dio 6 mg kg⁻¹ de cafeína disuelto en 3 ml kg⁻¹ de masa corporal de edulcorante artificial con sabor a agua de limón.	superiores a los 15, 30 y 75 min($p < 0,05$) . El esfuerzo percibido también aumentó ($F(3,28) = 19.86$, $p < 0,01$) durante todo el ejercicio y los valores ,en general , fueron significativamente más bajos ($F(1,11) = 9,26$, $p < 0,05$) en el ensayo de la CAF en comparación con el ensayo PLA . La excitación percibida es más elevada durante el ejercicio, pero no había diferencias significativas entre los ensayos.	En general, los resultados sugieren que una dosis moderada de CAF ingerido 1 h antes del ejercicio mantiene una sensación subjetiva más positiva de la experiencia durante el ciclo prolongado . Esta observación podría explicar en parte los efectos ergogénicos de la cafeína.
Mark Glaister et al. (2015)	10	Aleatorio Doble ciego Cuadrado latino	N= 14 mujeres ciclistas competitivas (edad: 31 ± 7 años, altura: $1,69 \pm 0,07$ m; masa corporal: 61.6 ± 6.0 kg)	Fuerza media Ritmo cardíaco Cociente respiratorio Lactato en sangre	Completaron cuatro ensayos de 20 km Aproximadamente 2,5 horas antes de cada ensayo, un grupo consumió una dosis de 70 ml de zumo de remolacha concentrado que contiene 0,45 g de nitrato de la dieta y otro grupo consumió dicho zumo sin nitrato (placebo). Una hora antes de cada ensayo, los sujetos consumieron una cápsula que contiene 5 mg · kg⁻¹ de cafeína o maltodextrina(placebo)	Hubo un efecto significativo de la suplementación en la producción de energía ($p = 0,001$), desvelando niveles de potencia más altos en cafeína (205 ± 21 W) frente a nitrato (194 ± 22 W) y el placebo (194 ± 25 W). Las mejoras inducidas por la cafeína provocan valores significativamente más altos de la frecuencia cardíaca (cafeína: 166 ± 12 latidos · min⁻¹ frente al placebo: 159 ± 15 latidos · min⁻¹; $p = 0,02$), lactato en sangre	Los resultados de este estudio apoyan los efectos beneficiosos en la administración de suplementos de cafeína sobre el rendimiento de resistencia. Sin embargo, la suplementación aguda con nitrato de la dieta no parece tener ningún efecto sobre el rendimiento de resistencia y no añade nada a los beneficios que ofrece la administración de

					o).	(la cafeína: $6,54 \pm 2.40$ mmol·L ⁻¹ frente a placebo: 4.50 ± 2.11 mmol·L ⁻¹ ; $p < 0,001$), y la relación de intercambio respiratorio (cafeína: $0,95 \pm 0,04$ frente a placebo: $0,91 \pm 0,05$; $p = 0,03$). No hubo ningún efecto ($p > 0,05$) = de la suplementación de cadencia de pedaleo, índice de esfuerzo percibido, o actividad electromiográfica integrada	suplementos de cafeína.
Chia Lun Lee et al (2014)	10	Aleatorio doble ciego, controlado con placebo, equilibrado	N= 12 edad, 20.4 ± 1.1 años; altura, 1.79 ± 0.08 m; masa corporal, 75 ± 9 kg Todos son deportistas	Potencia Trabajo total en julios Índice de fatiga Rango de esfuerzo percibido Frecuencia cardiaca Lactato en sangre Testosterona Cortisol Glucosa en sangre	4 intervenciones al menos 7 días de diferencia.. Los participantes ingirieron el placebo (PLA) o CAF (6 mg kg ⁻¹ PV) 1 h antes de una prueba de SU, y se ingiere una solución PLA o CHO (0,8 g kg ⁻¹ BW) antes de someterse al protocolo de pruebas. El protocolo se compone de diez series de 5 × 4-s sprints en un cicloergómetro con una recuperación de 2 minutos entre cada serie. Durante las visitas, se les	No hubo diferencia significativa entre el pico de potencia y la potencia entre los ensayos ($P > 0,05$). En comparación con PLA, CAF + CHO dio en una reducción de 5,2 % del trabajo total correspondiente a una aumento 24,7-25,7 % del cansancio en la etapa final de la sprints intermitentes de alta intensidad. La administración de los suplementos de la CAF + CHO también dio lugar a un aumento del 11,1% en el lactato en sangre, y las concentraciones de glucosa en sangre fueron más elevados a	Los resultados de esta investigación demuestran claramente que la cafeína no mejora los sprints intermitentes de alta intensidad con tiempos de recuperación corto (≤ 20 s). Concluyen los autores que la co- ingestión de cafeína y de hidratos de carbono tiene un efecto negativo significativo en el trabajo total y en el cansancio durante la mitad y las últimas etapas de sprints

					proporcionó un desayuno pre envasado estandarizado de aproximadamente 500 kcal(65 % de carbohidratos , 22 % de grasa y 13 % de proteína)	lo largo de las pruebas intermitentes de alta intensidad en comparación con PLA ($p < 0,05$) . Las concentraciones de cortisol también se incrementaron con la ingesta de CHO + CAF en comparación con PLA ; Sin embargo , no hubo efecto significativo de la suplementación CAF + CHO sobre las concentraciones de testosterona	de alta velocidad . El estudio no muestra ningún beneficio de la ingestión de 6 mg kg^{-1} la cafeína seguido por 0,8 g kg^{-1} de hidratos de carbono en el rendimiento de alta intensidad. Por otra parte, la co ingestión de la cafeína y carbohidratos aumentó glucosa en sangre así como las concentraciones de cortisol. El trabajo concluye con la necesidad de realizar más estudios sobre los suplementos de nutrición deportiva y su eficacia ergogénica de sus diversas formas en un entorno de competición real
K. E. Lansey et al (2011)	10	Aleatorio Doble ciego y cruzado	N=9 varones ciclistas edad, 21 ± 4 años; altura, 1.81 ± 0.08 m; masa corporal , $79,6 \pm 9,7$ kg; VO2 $56,0 \pm 5,7$ ML kg^{-1}	(VO2) Tiempo Potencia	Se les realizó cinco sesiones durante tres semanas. La primera se les pasó una prueba de esfuerzo	La suplementación BR elevó en plasma [nitrito] (PL = 241 ± 125 vs BR = 575 ± 199 nM, $P < 0,05$). Los valores de	Este estudio concluye que suplementación dietética con solo 0,5 L /día dosis de

			1.min-1)		para determinar el pico de VO2. Las cuatro ocasiones siguientes complementaron la prueba en las siguientes condiciones : 1) 4 Km TT después de la suplementación BR rica en nitrato (0.5 L/día de jugo de remolacha) , 2) 4 km TT después de la administración de suplementos de nitrato agotado (placebo) 3) de 16.1 km TT después de la suplementación BR , y 4) de 16.1 km TT Después de la suplementación PL.	VO2 durante el TT no fueron significativamente diferentes entre las condiciones BR y PL en cualquier distancia transcurrida ($P > 0,05$), pero BR aumentó significativamente el PO durante los 4-km ($PL = 279 \pm 51$ vs $BR = 292 \pm 44$ W, $p < 0,05$) y de 16.1 km TT ($PL = 233 \pm 43$ vs $BR = 247 \pm 44$ W, $P < 0,01$). En consecuencia, BR mejoró el rendimiento de 4 km en un 2,8% ($PL = 6,45 \pm 0,42$ vs $BR = 6,27 \pm 0,35$ min, $p < 0,05$) y el rendimiento en 16.1 km en un 2,7% ($PL = 27.7 \pm 2.1$ vs $BR = 26,9 \pm 1,8$ min, $p < 0,01$).	nitrato ricos mejoró el rendimiento en las pruebas de 4 y 16,1 km en ciclistas bien entrenados. Se redujo la presión arterial. Aumentó la concentración de NO₂⁻, re dujo el VO2. Estos resultados sugieren que a corto plazo , la intervención dietética natural mejora la eficiencia del trabajo muscular
Tiffany L. Acker-Hewit et al. (2012)	9	Aleatorio, Doble ciego Y cruzado	N= 10 ciclistas varones (28 ± 9 años, peso 73 ± 6 kg, VO2 66 ± 9 mL · kg ⁻¹ · min ⁻¹	Frecuencia cardíaca, Índice de esfuerzo percibido, Lactato en sangre VO2 Glucosa en sangre	Pedalean durante 20 min en régimen estable (SS 60% Wmax). Después simulaban una carrera de contra reloj de 20 km (TT) en las condiciones siguientes: placebo (PLA), carbohidratos (CHO), cafeína (CAF), y CAF-CHO combinados,	La condición CAF-CHO mejora de 3,4 ± 2 % el rendimiento de la carrera contrarreloj (84 ± 57 s) comparado con el grupo PLA ($p < 0,05$); No se observan diferencias de entre las otras condiciones (CHO, CAF et PLA). La tasa de intercambio respiratorio (RER) en SS es más elevado ($p < 0,05$) en CHO ($0,92 \pm$	Consumidos conjuntamente la cafeína y el carbohidrato mejoran el rendimiento en la carrera contrarreloj, pero no es el caso cuando se toman de manera aislada. Este estudio no concluye de manera exhaustiva

						0,03), en CAF (0,96 ± 0,07) et en CAF-CHO (0,95 ± 0,02) comparado al PLA (0,89 ± 0,03). Las concentraciones sanguíneas de glucosa son más altas ($p < 0,05$) en CAF-CHO (SS : 88,3 ± 16,7 mg·dL ⁻¹ , TT : 111,2 ± 33,5) que en PLA (74,5 ± 9,8, 85,4 ± 17,6). En condiciones de equilibrio (SS), no se han observado diferencias en el consumo de oxígeno, el ritmo cardíaco, la fuerza muscular del cuádriceps, el esfuerzo percibido,	los efectos de esta combinación
Matthew W. Driller et al. (2012)	10	Aleatorio Doble ciego cruzado controlado con placebo	N=8 ciclistas varones bien entrenados (edad = 28 ± 8 años; altura 181 ± 5 cm; VO2 pico = 66,8 ± 8,4 ml · kg ⁻¹ · Todos los ciclistas compiten a nivel estatal, y el estudio se llevó a cabo durante la fase de competencia	Potencia media Lactato en sangre Concentración de iones bicarbonato, Niveles de pH. VO2	Tres pruebas en tres semanas *NaHCO ₃ (AL), NaHCO ₃ serie (SL), y una condición de carga placebo (P). En el ensayo AL, los ciclistas ingirieron una dosis de 0.3 g/kg ²¹ según la masa corporal En el ensayo requiere SL los ciclistas ingieren una dosis de 0,4 g/kg ²¹ según la masa corporal que deben tomar en 3 partes iguales durante todo el día durante un período	Tanto los ensayos AL y SL produjeron una potencia media significativamente más alta en la prueba de 4 minutos (3,3 ± 2,0 y 2,3 ± 2,5%, $p < 0,001$ y $p = 0,01$, respectivamente) en comparación con el ensayo P. No hubo diferencia significativa entre los ensayos AL y ensayos SL ($p = 0,29$). El ensayo AL produjo una alcalosis en comparación con los ensayos SL y P. Los ensayos SL y AL mejoraron	El estudio concluye que la carga con NaHCO ₃ produce una mejora significativa en el rendimiento y además las cargas de NaHCO ₃ proporcionan un método eficaz para aumentar la salida de potencia media durante 4 minutos. Pero también pone de relieve la necesidad de realizar más estudios sobre los efectos negativos que podrían aparecer según la

					de 3 días El día de la prueba de lensayo SL, los ciclistas ingieren una dosis placebo, comenzando 90 minutos antes de la prueba (5 tomas en dosis iguales repartidas en un período de 60 minutos) Se tomaron muestras de sangre a lo largo del estudio para medir el lactato, la concentración de iones bicarbonato, y los niveles de pH.	significativamente el rendimiento de 4 minutos cuando se compara con el ensayo placebo.	carga
McNaughton et al.(1999)	10	Aleatorio Doble ciego cruzado controlad o con placebo	N=10ciclistas varones bien entrenados (edad: 20,4±1 años; de altura: 175,5± 2,2 c ; de masa corporal , 68,3±2,6kg ; el consumo máximo de oxígeno (VO2 máx) , 67,3 ±3,3 ml x kg (-1) x min (-1	PH Concentración de bicarbonato en sangre Lactato en sangre	En el grupo experimental , los sujetos ingirieron una dosis de NaHCO ₃ de 0,3 g/kg de masa corporal mientras que el grupo(P), los sujetos tomaron una dosis equimolar de cloruro de sodio. Se tomaron muestras de sangre a intervalos de 10 min durante todo el ejercicio. También se tomaron muestras a 1, 3, 5, y 10 min después del ejercicio. Se analizó la sangre para el lactato, la presión parcial de dióxido de carbono y	El bicarbonato de sodio tuvo el efecto deseado de aumentar HCO ₃ - sangre antes del inicio de la prueba. Los sujetos completaron E 950,9 (81,1) kJ de trabajo, que fue significativamente mayor (F (2,27) = 5,28, p <0,01) que en cualquiera de los C [835.5 (100.2) kJ] o P [839.0 (88.6) kJ] ensayos. No se observaron diferencias en la potencia de pico	Los ciclistas que consumieron NaHCO ₃ tuvieron rendimientos promedios totales 13% y 14% mayo- res que los grupos control y placebo, respectivamente. Los resultados de este estudio sugieren que el bicarbonato de sodio puede ser utilizado para compensar el proceso de fatiga durante la alta intensidad en el ciclismo aeróbico que dura 60 min.

					oxígeno, el pH y la concentración de bicarbonato de plasma (HCO		
Matthew J. Northgraves et al(20014)	10	Aleatorio Doble ciego controlado o con placebo	N=7 (Edad, $22,3 \pm 3,3$ años, altura, $182,5 \pm 6,5$ cm; peso corporal, $79,2 \pm 6,3$ kg). 4= ciclistas 2= futbolistas 1= corredor	Ritmo cardiaco Esfuerzo percibido Tiempo PH Lactato Hidrogeno Bicarbonato	Cuatro ensayos: 1.- Los sujetos ingerieron (a) 300 mg · kg ⁻¹ de peso corporal de NaHCO ₃ (Bicarb) 2.-45 mg · kg ⁻¹ de cloruro de sodio de peso corporal (PL-Bicarb) como placebo para el ensayo de NaHCO ₃ 3.-1115 mg de lactato (lactato) 4.- harina de trigo como placebo para el ensayo de lactato (PL-lactato) 60 minutos antes del ejercicio.	No hubo diferencias significativas en el rendimiento entre las 4 condiciones ($p > 0,05$). A pesar de que la ingestión de NaHCO ₃ indujo cambios significativos en todas las variables ácido-base (todos $p < 0,05$),. No se observaron ningún cambio significativo después de la ingestión de lactato ($p > 0,05$). Los sujetos en la condición LACTATE tenían una frecuencia cardíaca significativamente mayor ($p < 0,05$) sin experimentar ningún mayor esfuerzo percibido ($p > 0,05$) que las otras 3 condiciones. Ni NaHCO ₃ ni los suplementos de lactato parecen mejorar el rendimiento en 40 km	El estudio concluye que hay poco beneficio ergogénico obtenido mediante la inducción de alcalosis metabólica a través de la suplementación con NaHCO ₃ antes una carrera prolongada. Las dosis utilizadas de los suplementos de lactato en el estudio no permite afirmar , que éstos Podrían ser una alternativa viable a NaHCO ₃ en términos de mejorar la capacidad .buffer en la sangre. No obstante, la ingestión de NaHCO ₃ ha presentado malestar gastrointestinal (no así en la condición de lactato), Reduciendo los beneficios ergogénicos,

							Se requieren futuros trabajos sobre la suplementación de lactato y su impacto en el rendimiento.
E. Kilding et al. (2012)	10	Aleatorio Doble ciego cruzado.	N=10(edad: 24,2±5.4 años; de altura: 179.0 ± 5.1 cm; peso corporal 79.1 ± 7.2 kg). Han entrenado 6 semanas antes del estudio (9.1 ± 2.3 h / semana)	Bicarbonato Ph en sangre Lactato Frecuencia cardiaca Potencia media	Cuatro ensayos. Todas las pruebas se llevaron a cabo durante la mañana en un laboratorio a temperatura controlada (20 ° C y humedad relativa del 60 %) 24 horas antes de la primera prueba , los participantes completaron un diario de alimentos y bebidas consumidas detallado. Se pidió a los participantes la misma dieta en24 h antes de cada prueba. Antes de cada contrarreloj , los participantes ingirieron 3 mg de peso corporal / kg (BM) de CAFF , 0,3 g · kg - 1 · BM- 1 de SB, una combinación de los dos (CAFF + SB) o un placebo (PLAC) .	El PH preventivo y HCO3 fueron mayores en el ensayo SB y SB + CAFF que en los ensayos CAFF y PLAC . Las diferencias entre tratamientos para el esfuerzo percibido y el malestar gástrico fueron claros. En comparación con el PLAC , la potencia media durante los 3 km TT fue mayor en el CAFF , SB , y ensayos CAFF + SB (2.4 % , 2.6 % , 2.7 % , respectivamente) , provocando tiempos más rápidos de rendimiento (-0.9 , - 1.2 , -1.2 % respectivamente). Los efectos para todos los ensayos fueron pequeños (0,21-0,24)	Este estudio concluye que cuando se ingiere de forma individual , tanto CAFF como SB se observa una mejoría en el rendimiento en ciclismo de contrarreloj en ciclistas bien entrenados. Perola ingestión de CAFF y SB combinados antes de los ensayos de alta intensidad realizados en el laboratorio no parece aumentar más o atenuar el efecto ergogénico comparado con la ingestión de ellos de forma individual. Se requieren más estudios sobre los efectos de suplementos combinados en un

				Completaron cada 3 - km de contrarreloj.			escenario real
Cermark et al (2012)	10	Doble ciego , cruzado medidas repetidas	N= 12 ciclistas varones bien entrenados (31 ± 3 años, 177 ± 1.7 cm, 73 ± 2 kg). Los participantes tienen un entrenamiento regular de 10 horas a la semana y entrenan desde hace unos 10 años con una capacidad (W_{max} (342 ± 10 W) and VO_{2peak} (58 ± 2 ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹))	VO_2 (L / min) VCO_2 (L / min) Relación de intercambio respiratorio Oxidación de carbohidratos (kJ / min) Oxidación de grasas (kJ / min) * Total de energía (kJ) Frecuencia cardíaca (latidos / min) Índice de esfuerzo percibido	Los ciclistas tomaron 140 ml / d de remolacha concentrado (~ 8 mmol / d nitrato), zumo (remolacha BEET) o un placebo (PLAC) durante 6 días . Después de la suplementación en el día 6 , los sujetos realizaron 60 min de ciclismo submáximo (2 × 30 min a 45 % y 65 % W_{max} , respectivamente), seguido por un tiempo de 10 - km	El tiempo de rendimiento (953 ± 18 vs 965 ± 18 s , $p < 0,005$) y la potencia (294 ± 12 frente a 288 ± 12 W , $p < .05$) mejoraron después del zumo de remolacha (BEET) comparados con el placebo (PLAC). $VO_{2submáxima}$ fue menor después de BEET (45 % W_{max} = $1,92 \pm 0,06$ vs. $2,02 \pm 0,09$ L / min, 65 % W_{max} $2,94 \pm 0,12$ vs. $3,11 \pm 0,12$ L / min) que con PLAC (efecto principal , $p < 0.05$)	El estudio concluye que la suplementación dietética de nitrato disminuye los valores medios de VO_2 durante el ejercicio submáximo y mejora de 10 km rendimiento en pruebas de entrenamiento. Estos resultados sugieren que el nitrato o productos alimenticios naturalmente ricos en nitrato pueden ser utilizados como un ayuda ergogénica eficaz para los atletas de competición

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. - Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. Free Radic Biol Med. 2016 Feb 5.
2. - Liddle DG, Connor DJ. Nutritional supplements and ergogenic AIDS. Prim Care. 2013 Jun; 40(2):487–505.
3. - Koncic MZ, Tomczyk M. New insights into dietary supplements used in sport: active substances, pharmacological and side effects. Curr Drug Targets. 2013 Aug; 14(9):1079–92.
- 4.- Del Rosso S. Ayudas Ergogénicas y Rendimiento - Una Revisión a la Literatura Científica. PubliCE Prem [Internet]. 2007 Feb 13 [cited 2016 May 8]; Disponible en <http://g-se.com/es/suplementacion-deportiva/articulos/ayudas-ergogenicas-y-rendimiento-una-revision-a-la-literatura-cientifica-777>
- 5.- Ramírez-Montes CA, Osorio JH. Uso de la cafeína en el ejercicio físico: ventajas y riesgos. Rev. Fac. Med. 2013; 61:459-468
6. - Costill DL, Dalsky GP, Fink WJ Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. Med Sci Sports. 1977 Dec;10(3):155–8.
7. - Jeukendrup AE, McLaughlin J. Carbohydrate ingestion during exercise: effects on performance, training adaptations and trainability of the gut. Nestlé Nutr Inst Workshop Ser. 2011; 69:1–12; discussion 13–7.
8. - Baker LB, Rollo I, Stein KW, Jeukendrup AE. Acute Effects of Carbohydrate Supplementation on Intermittent Sports Performance. Nutrients. 2015 Jul;7(7):5733–63.
- 9.- Jeukendrup, A: Los carbohidratos durante el ejercicio: la investigación de los últimos 10 años. Nuevas recomendaciones. Apuntes. Educación Física y Deportes 2013, n. º 113, 3.er

trimestre (julio-septiembre), pp. 7-22. Disponible en www.raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/download/270902/358437

10.-Pérez Barroso A.: Ayudas ergogénicas en el deportista, 2005. Disponible en www.aamoratalaz.com/articulos/AED05.pdf

11.- McNaughton L, Dalton B, Palmer G. Sodium bicarbonate can be used as an ergogenic aid in high-intensity, competitive cycle ergometry of 1 h duration. Eur J Appl Physiol. 1999 Jun; 80(1):64–9.

12.- Jones AM. (2014): Suplementación de nitrato en la dieta y rendimiento deportivo. SportsMed. 44(Suppl 1):35-45.

13. - Jones, A. Dietary nitrate: The new magic bullet? Sports Science Exchange (2013) Vol. 26, No. 110, 1-5.
Disponible en https://secure.footprint.net/gatorade/stg/gssiweb/pdf/110_Jones_SSE.pdf

14. - de Morton N. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study, Australian Journal of Physiotherapy, Volume 55, Issue 2,, 2009:129-133

15. - Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41).

16. - Ivy JL, Costill DL, Fink WJ, Lower RW. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. Med Sci Sports. 1979; 11(1):6–11

17.- Spriet LL, MacLean DA, Dyck DJ, Hultman E, Cederblad G, Graham TE. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. Am J Physiol. 1992 Jun;262(6 Pt 1):E891–8.

18.-Graham TE, Spriet LL. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. 1995 Mar; 78(3):867–74.

- 19.- Pitchford NW, Fell JW, Leveritt MD, Desbrow B, Shing CM. Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat. *J Sci Med Sport Sports Med Aust*. 2014 Jul; 17(4):445–9.
20. - Duncan MJ, Hankey J. The effect of a caffeinated energy drink on various psychological measures during submaximal cycling. *Physiol Behav*. 2013 May 27;116-117:60–5.
21. - McNaughton LR, Lovell RJ, Siegler J, Midgley AW, Moore L, Bentley DJ. The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008 Jun;3(2):157–63.
22. - Astorino TA, Cottrell T, Lozano AT, Aburto-Pratt K, Duhon J. Increases in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable. *Nutr Res N Y N*. 2012 Feb; 32(2):78–84.
23. - Lane SC, Areta JL, Bird SR, Coffey VG, Burke LM, Desbrow B, et al. Caffeine ingestion and cycling power output in a low or normal muscle glycogen state. *Med Sci Sports Exerc*. 2013 Aug; 45(8):1577–84.
24. - Skinner TL, Jenkins DG, Taaffe DR, Leveritt MD, Coombes JS. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *J Sci Med Sport Sports Med Aust*. 2013 Jan;16(1):54–9.
25. - de Paulis T, Schmidt DE, Bruchey AK, Kirby MT, McDonald MP, Commers P, et al. Dicinnamoylquinides in roasted coffee inhibit the human adenosine transporter. *Eur J Pharmacol*. 2002 May 10;442(3):215–23.
26. -AM. Jones: Research Reveals New Secret Weapon for Le Tour.” University of Exeter. University of Exeter, 1 July 2011
27. -Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiol Oxf Engl*. 2007 Sep; 191(1):59–66.

- 28.- Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2009 Oct 1; 107(4):1144–55.
- 29.- Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2011 Jun;43(6):1125–31
30. - Cermak NM, Gibala MJ, van Loon LJC. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012 Feb;22(1):64–71.
- 31.- Som Castillo A. El efecto del bicarbonato sódico (NaHCO₃) sobre el rendimiento deportivo. *Revista Digital, Buenos Aires, Año 13, Nº 125, Octubre 2008*. Disponible en Internet <http://www.efdeportes.com>
32. -McNaughton, L.R. (1992). Sodium bicarbonate ingestion and its effects on anaerobic exercise of various durations, *Sports Sci*, 10 (5), 425-435.
33. -Driller MW, Gregory JR, Williams AD, Fell JW. The effects of serial and acute NaHCO₃ loading in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc*. 2012 Oct; 26(10):2791–7.
- 34.- Lee C-L, Cheng C-F, Lee C-J, Kuo Y-H, Chang W-D. Co-ingestion of caffeine and carbohydrate after meal does not improve performance at high-intensity intermittent sprints with short recovery times. *Eur J Appl Physiol*. 2014; 114(7):1533–43.
35. - Acker-Hewitt TL, Shafer BM, Saunders MJ, Goh Q, Luden ND. Independent and combined effects of carbohydrate and caffeine ingestion on aerobic cycling performance in the fed state. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appliquée Nutr Métabolisme*. 2012 Apr;37(2):276–83.
- 36.- Glaister M, Pattison JR, Muniz-Pumares D, Patterson SD, Foley P. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc*. 2015 Jan; 29(1):165–74.

37.- Kilding AE, Overton C, Gleave J. Effects of caffeine, sodium bicarbonate, and their combined ingestion on high-intensity cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012 Jun;22(3):175–83.

38. - Northgraves MJ, Peart DJ, Jordan CA, Vince RV. Effect of lactate supplementation and sodium bicarbonate on 40-km cycling time trial performance. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* 2014 Jan; 28(1):273–80.

39. - Backhouse SH, Biddle SJH, Bishop NC, Williams C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite.* 2011 Aug; 57(1):247–52