



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Grado

Dieta Cetogénica y Rendimiento Deportivo: Revisión sistemática.

Autor: Víctor Haro Pérez

Tutora: María Leyre Lavilla Lerma

2022

Índice

ABSTRACT	3
RESUMEN	4
1- Introducción.	5
1.1- Dieta Cetogénica y sus utilidades.	7
1.2- Dieta Cetogénica, Deportes y Actualidad.	8
2- Objetivos.	9
3- Materiales y Métodos.	10
3.1- Estrategia de búsqueda	10
3.2- Criterios de búsqueda	10
4- Resultados.	12
5- Discusión.	25
6- Conclusión.	27
7- Bibliografía	28

ABSTRACT

INTRODUCTION: The Ketogenic or Ketogenic Diet has been a highly commented diet in recent years, mainly due to its fame related to fat loss and an alternative to combat obesity, diabetes or even heart problems. The Ketogenic Diet is mainly based on a low carbohydrate, high fat and medium protein diet. Due to its popularity, many athletes are joining this diet, making use of it for their high-level sports performance.

OBJECTIVES: To establish the positives or negatives effects of the ketogenic diet on athletic performance. To determine, based on scientific evidence, the positive and negative effects of the ketogenic diet in the reduction of body weight, fat percentage, aerobic performance and strength.

METHODS: A review of the scientific literature available in different databases was carried out: Pubmed, SciELO. A search string was programmed according to the selection criteria of this review and 10 articles were selected to be examined. The effects of the ketogenic diet on body weight, aerobic performance, and strength development were analyzed.

RESULTS: The results suggest that the ketogenic diet together with an adequate training program have beneficial effects on body weight reduction, without compromising lean mass in well-balanced ketogenic diets for a short period of time, and may even improve aerobic performance in people well adapted to such diets. However, future research is needed to find positive or negative effects of the ketogenic diet on the development of sports performance.

KEY WORDS: Ketogenic diet, ketone bodies, sports performance, sport.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La Dieta Cetogénica o Ketogenic, ha sido una dieta muy comentada en los últimos años, debido sobre todo a su fama relacionada con la pérdida de grasa y una alternativa para combatir la obesidad, diabetes o incluso problemas de corazón. La Dieta Cetogénica o Ketogenic, se basa principalmente en una dieta baja en carbohidratos, alta en grasas y media en proteínas. Debido a su popularidad son muchos los deportistas, que se están sumando a esta dieta, haciendo uso de ella para su desempeño deportivo a alto nivel.

OBJETIVOS: Establecer los efectos de la dieta cetogénica en el rendimiento deportivo. Determinar en base a la evidencia científica los efectos positivos y negativos de la dieta cetogénica en la reducción del peso corporal, el porcentaje graso, rendimiento aeróbico y la fuerza.

MÉTODOS: Se realizó una revisión de la literatura científica disponible en diferentes bases de datos: Pubmed, SciELO. Se programó una cadena de búsqueda según el criterio de selección de esta revisión y se seleccionaron 10 artículos a examinar. Se analizaron los efectos que tiene la dieta cetogénica en el peso corporal, rendimiento aeróbico y el desarrollo de la fuerza.

RESULTADOS: Los resultados sugieren que la dieta cetogénica junto con un programa adecuado de entrenamiento tienen efectos beneficiosos sobre la reducción del peso corporal, sin comprometer la masa magra en dietas cetogénicas bien equilibradas durante un período de tiempo no muy prolongado, pudiendo incluso mejorar el desempeño aeróbico en personas bien adaptadas a dichas dietas. Sin embargo, se precisa de futuras investigaciones para encontrar efectos positivos o negativos de la dieta cetogénica en el desarrollo del rendimiento deportivo.

PALABRAS CLAVE: Dieta cetogénica, cuerpos cetónicos, rendimiento deportivo, deporte.

1- Introducción.

La Dieta Cetogénica o Ketogenic, ha sido una dieta muy comentada en los últimos años, debido sobre todo a su fama relacionada con la pérdida de grasa y una alternativa para combatir la obesidad, diabetes o incluso problemas de corazón. La Dieta Cetogénica o Ketogenic, se basa principalmente en una dieta escasa en carbohidratos, con abundantes grasas y una cantidad moderada en proteínas.

Por otro lado, son muchos los deportistas, que se están sumando a esta dieta, un ejemplo muy comentado fue del mismísimo Lebron James, valorado como uno de los mejores jugadores en pisar la NBA, estuvo haciendo uso de ella en 2014 durante 67 días para su desempeño deportivo a alto nivel según la revista MensHealth según nos cuenta Temi Adebawale (asistente editorial) el 17 de Noviembre de 2021. Relacionan la capacidad que tiene la dieta cetogénica en el desempeño de la fuerza, la pérdida de grasa, el rendimiento aeróbico, rendimiento anaeróbico, etc. Motivo por el cual se hace este estudio con el objetivo de comprobar dichos aspectos.

La Dieta Cetogénica es una dieta basada principalmente en una dieta escasa en carbohidratos, con abundantes grasas y una cantidad moderada en proteínas. A nivel de macronutrientes el ratio más común utilizado se asemeja a un 80% de grasas, 15% proteínas y 5% hidratos de carbono[1], con la intención de llevar al cuerpo a un estado de cetosis.

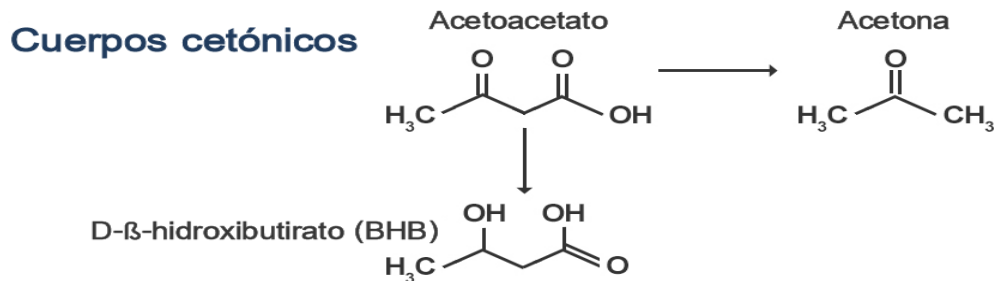
Llamamos cetosis a una situación metabólica en la que se encuentra el organismo, originado por un déficit en el aporte y consumo de hidratos de carbono (<20 gramos diarios). Este déficit de hidratos de carbono va a inducir al metabolismo a sacar la energía de otra fuente energética: las grasas.[2] Este disminuido aporte de carbohidratos va a inducir al catabolismo de las grasas, originando así cuerpos cetogénicos, los cuáles van a proporcionar energía a través de diferentes mecanismos.

El sustrato energético para la producción de los cuerpos cetogénicos son los ácidos grasos libres que metaboliza el organismo. Un incremento de los ácidos grasos es el resultado de un descenso de la cantidad disponible de la glucosa y la insulina plasmática inducida por el descenso de los hidratos de carbono.

Este proceso por el que los ácidos grasos son metabolizados en cuerpos cetónicos se denomina cetogénesis y ocurre mayoritariamente en la matriz mitocondrial del hígado. Podemos diferenciar tres tipos de cuerpos cetogénicos: acetoacetato, betahidroxibutirato y acetona. Estos cuerpos

cetónicos van a pasar a los tejidos como suministro energético, para poder mantener así las funciones vitales. [3]

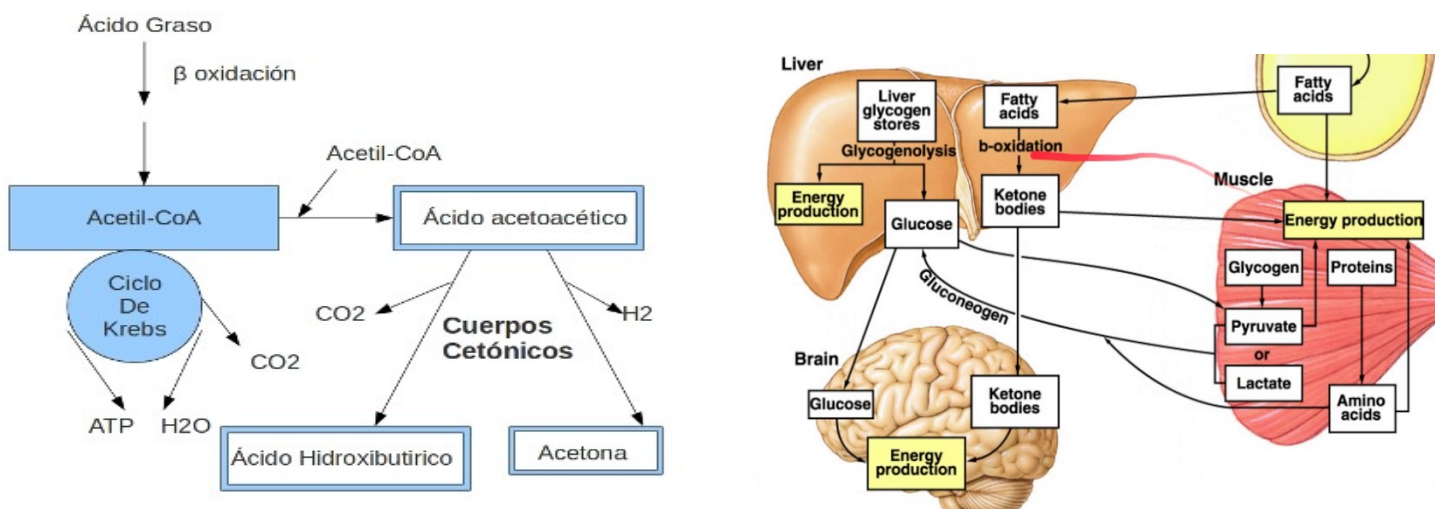
Figura 1- Estructura de los cuerpos cetogénicos. Fuente: www.ketolution.com



La Cetogénesis va a ocurrir tras una serie de reacciones químicas que van a comenzar con acetil CoA y acetoacetyl CoA que darán lugar a una liberación de acetoacetato. La mayoría de este acetoacetato se convertirá en betahidroxibutirato en una reacción que llegará al equilibrio. [4] Por tanto, el betahidroxibutirato será el principal cuerpo cetogénico que circulará a través de nuestro organismo que se utilizará como sustrato energético esencial tanto para el cerebro y otros tejidos como los músculos.

El uso de cuerpos cetogénicos crea más energía que la producida por la metabolización de la glucosa debido a un incremento en la creación de ATP mitocondrial.

Figura 3 y 4 - Producción y uso de los cuerpos cetogénicos. Fuente: bio2bachmr.blogspot.com



Por otro lado señalar que aunque los índices de glucosa que hay disponibles en la sangre hayan descendido, a nivel fisiológico todavía se mantienen, gracias a la gluconeogénesis de los aminoácidos glucogénicos y al glicerol de los triglicéridos. El ayuno y las dietas bajas en hidratos de carbono va a conducir al cuerpo a un estado de cetosis fisiológica en los que los niveles de cuerpos cetónicos rondarán los 7-8 mmol/L pero en este estado no provocará un cambio de pH. [5] Se va a originar un proceso que se da de forma natural, donde los niveles de insulina se van a mantener estables y funcionales. Además remarcar la diferencia que hay entre cetosis y cetoacidosis, un estado no óptimo en la que la concentración de los cuerpos cetónicos va a ser mayor a la que se puede tolerar en un estado de cetosis normal (7-8mmol/L) provocando así un descenso del pH en sangre que deberá controlarse rigurosamente. Principalmente las personas que sufren de esta cetoacidosis son personas con diabetes.

Blood Levels	Normal Diet	Ketogenic Diet	Diabetic Ketoacidosis
Glucose, mmol L ⁻¹	4.4–6.7	3.6–4.4	>16.7
Insulin, μU L ⁻¹	6–23	6.6–9.4	≅0
KB, mmol L ⁻¹	0.1	7–8	>25
pH	7.4	7.4	<7.3

Tabla de los niveles de sangre en una dieta normal y una cetogénica[5]

1.1- Dieta Cetogénica y sus utilidades.

El uso de la Dieta Cetogénica se dió a conocer anteriormente como un método, para combatir la epilepsia en personas que no asimilan bien los tratamientos farmacológicos, para proporcionar un control antiepiléptico. Este tratamiento, es una terapia no farmacológica globalmente utilizada, en especial en niños de hasta 7 años con epilepsia que es complicada de controlar.[6]

El apoyo fundamental de esta base es que, al realizar una dieta cetogénica, el cuerpo no dispone de glucosa en sangre, lo que va a conllevar una inhibición del lactato deshidrogenasa, una enzima necesaria para dar energía a las neuronas del sistema nervioso a través del lactato por medio de la glucosa. Esto va a provocar una hiperpolarización de las neuronas y con esto se eliminarían así las convulsiones. Además se descubrió que sobre esta enzima, el lactato deshidrogenasa, es un objetivo diana del estiripentol, un antiepiléptico utilizado para combatir el síndrome de Dravet. Esto le da más fuerza a la capacidad que tiene la dieta cetogénica como tratamiento efectivo no farmacológico.[7]

Se ha utilizado también la dieta cetogénica para el posible tratamiento de tumores malignos por crear un entorno metabólico comprometedor para las células cancerosas[8] , pero su mayor uso por el cuál fue ganando fama fue por su eficacia en la pérdida de peso corporal y el impacto que pueden tener los cuerpos cetónicos en el porcentaje graso. Las posibles razones por la cuál se le atribuye a la dieta cetogénica, la eficiencia en la pérdida de peso corporal, se debe a, en primer lugar una disminución del apetito por saciedad del consumo de proteínas, por la relación que tiene la dieta cetogénica en las hormonas que están relacionadas con el apetito como puede ser entre otras la grelina y por un posible efecto bloqueador del apetito por los cuerpos cetogénicos inducidos de la dieta cetogénica. En segundo lugar por el aumento oxidativo que tiene la dieta cetogénica de las grasas y una mayor utilización de energía debido a la gluconeogénesis.[4]

1.2- Dieta Cetogénica, Deportes y Actualidad.

La Dieta Cetogénica es una dieta muy comentada últimamente por cantidad de deportistas de élite que hacen uso de ella, para su desempeño deportivo. Algunos de los deportistas que utilizaron esta dieta fueron Lebron James, Tim Tebow , entre más deportistas que se van sumando con los años.

El impacto que puede llegar a producir la dieta cetogénica en el rendimiento deportivo ha ido formando controversia a día de hoy. Mucha gente coincide en que la dieta cetogénica puede ser bastante útil como posible terapia para combatir distintas enfermedades, pero todavía los expertos creen que no es posible tener un buen rendimiento deportivo eliminando los carbohidratos de la dieta. Se solía pensar de esta manera hasta que en una conferencia el Dr Jeff Volek habló sobre el rendimiento deportivo y la dieta cetogénica. Esto levantó el interés del personal e hizo que se investigara más.

En relación a la dieta cetogénica hay muchos más estudios en relación a la efectividad de la dieta cetogénica en cuanto a la pérdida de peso corporal, ya que actualmente muchos deportes piden un control de peso o dividen a los atletas en diferentes categorías de peso para poder desempeñar su deporte, por ejemplo, el boxeo, la lucha libre, halterofilia, culturismo, entre otras disciplinas, pero, todavía, existe la necesidad de investigar la efectividad de la dieta cetogénica y el uso de los cuerpos cetónicos en relación con el rendimiento deportivo, ya sea la pérdida del porcentaje de grasa corporal, el aumento del tejido magro, desarrollo de la fuerza, y resistencia.

Por otro lado, se está investigando mucho en la capacidad que tiene la dietas cetogénicas en mejorar el rendimiento en pruebas de resistencia de duración prolongada [9]. La inclusión de las dietas cetogénicas en dicha disciplina pueden clasificarse como una ventaja sobre el rendimiento en lo que se refiere a las reservas disponibles de energía,[10] sabiendo la limitación de los depósitos de glucógeno en comparación con la disponibilidad energética de las grasas. [11]

Por otra parte, lo que sí conocemos a día de hoy, a pesar de que no hay datos suficientes basados en la evidencia, es que los cuerpos cetogénicos se pueden usar como un buen sustrato de energía a modo de suplemento muy eficaz en ciertas condiciones. Por ejemplo, sirven de fuente de combustible y ahorrador de carbohidratos endógenos que complementen un buen rendimiento en ejercicios de resistencia.[12] Por lo demás, con esta revisión sistemática no se pretende argumentar que la dieta cetogénica siempre es mejor que otra estrategia nutricional, sino proporcionar evidencia científica y recopilar de forma objetiva la información que existe entre la dieta cetogénica y el rendimiento deportivo.

2- Objetivos.

El principal objetivo que se ha marcado en este trabajo será el de recopilar de manera objetiva el grado de efectividad del uso de dietas cetogénicas y su relación con el rendimiento deportivo aportando la evidencia científica con la que se dispone en estos momentos. Para el logro del principal objetivo, se presentarán unos objetivos complementarios:

- Establecer los efectos de la dieta cetogénica en el rendimiento deportivo.
- Establecer en base a la evidencia científica los efectos positivos de la dieta cetogénica tanto en la pérdida del peso corporal global, en la fuerza, en la ganancia muscular, rendimiento aeróbico.
- Establecer en base a la evidencia los efectos negativos de la dieta cetogénica tanto en la pérdida del peso corporal global, en la fuerza, en la ganancia muscular, rendimiento aeróbico.

3- Materiales y Métodos.

3.1- Estrategia de búsqueda

Para la realización de esta revisión sistemática se ha realizado una búsqueda sistemática siguiendo las directrices PRISMA en las siguientes bases de datos: Pubmed, SciELO.

La búsqueda de los estudios relacionados sobre el efecto de la dieta cetogénica en el rendimiento deportivo se empezó a realizar en noviembre de 2021.

El primer paso que se realizó fue la elección de la búsqueda de las palabras clave de la revisión con el objetivo de conocer más acerca de la dieta cetogénica y el deporte en general. Estas palabras fueron buscadas según la denominación elegida por la herramienta de búsqueda MeSH. Estas palabras clave fueron:

Diet Ketogenic con sus correspondientes sinónimos: Ketogenic Diet, Diets Ketogenic Ketogenic Diets.

Ketone Bodies con sus correspondientes sinónimos: Bodies Ketone, Acetone Bodies, Bodies Acetone.

Sports con sus correspondientes sinónimos: Sport, Athletics, Athletic.

Athletic Performance con sus correspondientes sinónimos: Athletic Performances, Performance Athletic , Performances Athletic.

La segunda búsqueda más específica, para conocer la relación de la dieta cetogénica y el rendimiento en el deporte, se realizó utilizando la siguiente combinación de palabras en inglés:

(Diet Ketogenic[mh] OR diet ketogenic[tiab] OR Ketogenic Diet [tiab] OR ketones[mh] OR ketones[tiab] OR Ketone Bodies[mh] OR Acetone Bodies[tiab]) AND (Athletic Performance[mh] OR Athletic Performance[tiab] OR Sport[mh] OR Sport[tiab] OR Athletics[tiab]) de los cuales salieron una cantidad de 357 resultados.

3.2- Criterios de búsqueda

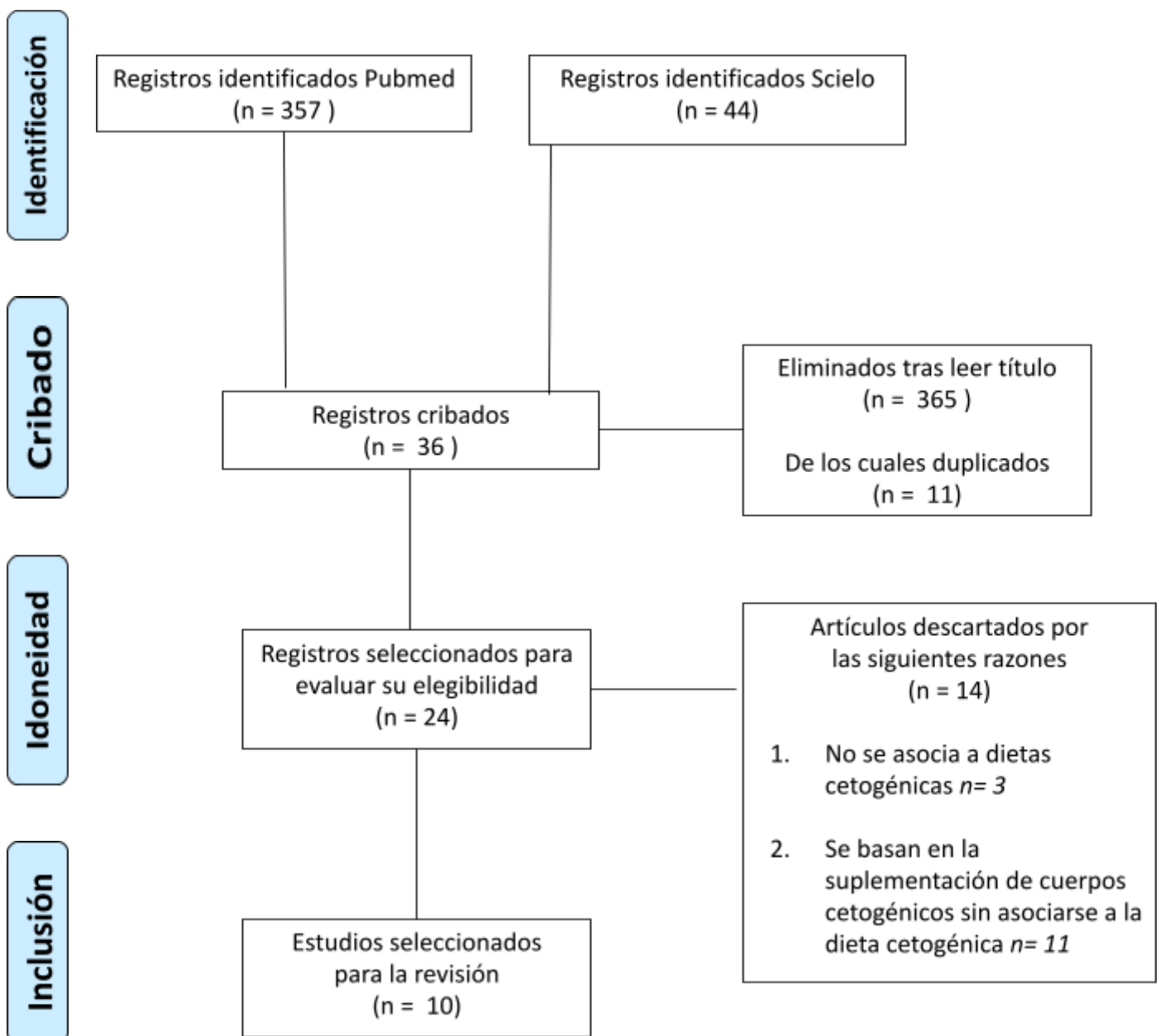
Para filtrar la cantidad de resultados que se habían obtenido se realizó unos criterios de inclusión con el objetivo de filtrar la información que iba a ser válida para esta revisión sistemática. Estos criterios constaban de:

- a) Bases de datos actualizadas en los últimos 10 años.
- b) Se incluyeron ensayos clínicos, ensayos aleatorizados.
- c) Los estudios debían estar únicamente dirigidos a humanos.

- d) En cuanto a criterios de edad se escogieron a partir de Adulto: 19+ años, Adulto joven: 19-24 años, Adulto: 19-44 años, Edad Media + Edad: 45+ años, Mediana Edad: 45-64 años.

La búsqueda en un principio nos identificó un total de 36 posibles artículos para poder utilizar, sin embargo, una vez aplicados los criterios de búsqueda propuestos en esta revisión sistemática, se incluyeron definitivamente 10 artículos. (Figura 2)

Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles



4- Resultados.

Tabla 1. Características de los estudios revisados

	Muestra	Tipo de estudio	Metodología	Duración	Resultados
Greene et al., 2018 [13]	14 levantadores de pesas olímpicos (media $\pm$ SD ; edad 35 ± 11 años, rango 24-53 años, masa 78 ± 12 kg, grasa corporal $17,5 \pm 4,6$ %, $n = 5$ mujeres)	Aleatorio cruzado	Grupo 1: dieta UD (>250 g de ingesta diaria de carbohidratos) Grupo 2: dieta LCKD(≤ 50 g o ≤ 10 % de la ingesta diaria de carbohidratos)	Durante 3 meses	Masa corporal grupo 2 menor que el grupo 1 $-3,26 \pm 1,07$ kg, (IC del 95 %, $-6,34$ a $-0,18$; $p = 0,038$) Masa magra grupo 2 menor grupo 1: $-2,26 \pm 0,64$ kg (IC del 95 %, $-4,10$ a $-0,42$; $p = 0,016$) No hubo pérdida de rendimiento en RM
Wroble et al., 2019 [14]	16 hombres y mujeres (IMC, 23 ± 1 kg/m ² , edad 23 ± 1 años)	Aleatorio cruzado	Grupo 1(LC; <50 g/día carbohidratos y $<10\%$ de energía procedente de hidratos de carbono) Grupo 2 HC; $6-10$ g/kg/día de hidratos de carbono) Ambos con una energía	Pruebas de ejercicio después de 4 días de una dieta	Potencia máxima un 7 % más baja(801 ± 58 vatios frente a 857 ± 61 vatios, $P = 0,008$) y una potencia media un 6 % más baja(564 ± 50 vatios frente a 598 ± 51 vatios, $P = 0,01$) durante la prueba de Wingate del grupo 1

			total (LC: 2333±158 kcal/d; HC: 2280±160 kcal/d; P=0,65)		Además de reducir un 15% la distancia recorrida en la prueba yo-yo (887±139 vs. 1045±145 metros, P=0,02)
Zajac et al., 2014 [15]	8 sujetos masculinos, de 28,3 ± 3,9 años de edad, que competían en ciclismo todoterreno	Diseño cruzado	Dieta mixta incluía un 50 % de carbohidratos, un 30 % de grasas y un 20 % de proteínas. Cetogénica compuesta por un 70 % de grasas, un 15 % de proteínas y un 15 % de carbohidratos.	Dos fases distintas: Cada fase duró 3 días y estuvo precedida por 4 semanas de una dieta mixta o una dieta cetogénica	El peso corporal pasó de una media de 80,14 kg a 78.26 El % de grasa pasó de una media de 14.88 a 11.02 VO 2 máx ($F = 23,70$, $\eta^2 =$ $0,751$, $p = 0,001$), VO 2 LT ($F =$ $17,43$, $\eta^2 = 0,592$, $p = 0,012$), Carga de trabajo LT ($F = 14,21$, η $^2 = 0,548$, $p = 0,015$) Carga máxima de trabajo ($F =$ $10,11$, $\eta^2 = 0,491$, $p = 0,037$)

Kysel et al., 2020 [16]	25 hombres de entre 18-30 años con un año de experiencia en entrenamiento de resistencia	Ensayo controlado aleatorizado	2 dietas a seguir un CKD o un RD (ambas con una reducción de la ingesta calórica de 500 kcal/día) n=13 con CKD (dieta de reducción cetogénica cíclica con 70%; proteínas 15%; grasas 15%HC) n=12 con RD (dieta de reducción con carbohidratos 55%, grasas 30%, proteínas 15%)	8 semanas con tres entrenamientos de fuerza y tres entrenamientos aeróbicos por semana	No hubo cambios significativos del grupo CKD frente al grupo RD tanto en reducción de peso corporal, rendimiento aeróbico y fuerza muscular.
Durkalec-Michalski et al., 2019 [17]	22 personas 11 mujeres, 11 hombres; media ± edad 29,5 ± 4,4 años	Ensayo clínico controlado	Dieta cetogénica de 5% HC, 1,7 gr/kg peso corporal de Proteína y el 75% Grasas	4 semanas	La KD condujo a un aumento en la utilización de grasas en hombres, notable en intensidades de ejercicio de al menos el 80 % del VO 2 máx

Antonio Paoli et al., 2021 [18]	16 futbolistas masculinos semiprofesionales (edad 25,5 ± 2,8 años; altura 179,0 ± 9,2 cm; masa corporal 77,2 ± 11,88)	Estudio aleatorizado	Dieta cetogénica (KD n=8) HC <30gr PR 25-30% energía total GR 65-70% energía total Dieta occidental (WD = 8) HC 50-55% energía total PR 30% energía total GR 20-25% energía total	30 días	Reducción de la grasa corporal (−1.55 Kg KD vs −0.92 Kg WD) No hubo cambios significativos en la fuerza ni en el rendimiento aeróbico
Sjödín et al., 2020 [19]	24 mujeres de las cuales 17 completaron el estudio	Ensayo controlado aleatorizado cruzado	Dieta cetogénica 19% proteína, 4% de carbohidratos y el 77% grasas. La dieta control 19% de proteína, 44% de carbohidratos y 33% de grasa	4 semanas dieta cetogénica y 4 semanas dieta recomendada por la Agencia Nacional de Alimentos o la dieta inversa por el sistema cruzado	El peso corporal se redujo durante la dieta LCHF y la de control (2,8 ± 1,0 kg; $p < 0,001$ VS 0,8 ± 1,4 kg; $p < 0,05$). No hubo cambios en la Fuerza Máxima significativos. Disminuyó el $VO_{2\text{máx}}$ absoluto y el tiempo hasta el agotamiento voluntario se redujo (−1,85 min, IC del 95 %: [−2,30; −1,40] en cada participante.

Perissiou et al., 2020 [20]	Un total de 64 hombres y mujeres obesos (IMC, 30,3 ± 3 kg.m ⁻² ; edad, 35,3 ± 9)	Ensayo controlado aleatorio	Experimental- EX LC (ejercicio estructurado + comidas bajas en carbohidratos) o Control- EX CO (programa de ejercicio estructurado + asesoramiento dietético estándar)	8 semanas	Capacidad Cardiorrespiratoria aumentó en ambos grupos al valor de inicio de 2,4 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ (IC del 95 %: 1,4 a 3,4, <i>p</i> = 0,001) con mayor rendimiento en VO ₂ en el grupo EXLC con una diferencia media de 3,4 ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹ (IC del 95 %: 1,3 a 5,5, <i>p</i> = 0,002)] Índice de masa grasa (FMI) tuvo mayor reducción en EX LC en comparación a los EX CO diferencia media -0,7 kg.m ⁻² (IC del 95 % -1,3 a 0,1, <i>p</i> = 0,013) pero también se redujo la masa magra con diferencia media -1048 cm ³ (- 172 a 1923, <i>p</i> = 0,020)
--------------------------------	--	--------------------------------	---	-----------	--

Prins et al., 2019 [21]	7 atletas masculinos (edad $35,6 \pm 8,4$ años, altura $178,7 \pm 4,1$ cm, peso $68,6 \pm 1,6$ kg)	Ensayo controlado aleatorizado	HCLF dieta de alimentos estándar altos en carbohidratos, baja en grasa LCHF dieta alta en proteínas y grasas y baja en carbohidratos	Se sometieron a dos condiciones experimentales de 42 días (HCLF o LCHF) en un diseño cruzado aleatorizado	No hubo cambios en la masa corporal ($p = 0,549$), la grasa corporal ($p = 0,176$) y la masa magra ($p = 0,549$) en ambas dietas. Prueba (VO_{2max}) no hubo cambios significativos ($p = 0,435$, $\eta^2 p = 0,104$) Tampoco se observó alguna diferencia en el rendimiento contrarreloj de 5Km entre LCHF (1214 ± 135 s) y HCLF ($1198,0 \pm$ 130)
----------------------------	---	-----------------------------------	--	--	---

Kackley et al., 2020 [22]	24 Adultos activos que consumen habitualmente una dieta mixta (Keto-Naïve; n = 12) o una dieta cetogénica (Keto-Adaptada; n = 12).	Ensayo controlado aleatorizado	Se analizó el rendimiento y los efectos metabólicos de un suplemento previo al entrenamiento de sales de 7 gr beta-hidroxibutirato (BHB), 100 mg cafeína y aminoácidos leucina-aurina (KCA)	Estudio realizado previo al entrenamiento	Se aumentó el rendimiento del ejercicio de alta intensidad
------------------------------	--	-----------------------------------	---	---	---

A modo de resumen se complementa esta tabla con los principales aspectos a valorar de cada artículo seleccionado en relación a la dieta cetogénica con otras dietas control y los efectos que tuvo en los siguientes parámetros:

Tabla 2. Parámetros de interés Dieta Cetogénica

	Peso corporal	Rendimiento aeróbico	Fuerza	Restricción calórica	Duración
Greene et al., 2018 [13]	Masa corporal (-3,26 ± 1,07 kg) con dieta LCKD Masa magra (-2,26 ± 0,64 kg) con dieta LCKD	Parámetro no estudiado	No hubo pérdida del RM ni del rendimiento	SÍ	3 meses de dieta LCKD
Wroble et al., 2019 [14]	No hubo diferencias significativas	15% ↓ la distancia recorrida en (887±139 vs. 1045±145 metros) de dieta cetogénica	Potencia máxima 7 % ↓(801 ± 58) Potencia media un 6 % más baja(564 ± 50 vatios)	NO	4 días después de dieta cetogénica
Zajac et al., 2014 [15]	Peso corporal medio (80,14 kg a 78.26) ↓ % de grasa medio	VO 2 máx (F = 23,70, η^2 = 0,751) VO 2 LT (F = 17,43, η^2 = 0,592)	Parámetro no estudiado	NO	4 semanas

	Peso corporal	Rendimiento aeróbico	Fuerza	Restricción calórica	Duración
	(14.88 a 11.02)	Carga de trabajo LT ($F = 14,21, \eta^2 = 0,548$) Carga máxima de trabajo ($F = 10,11, \eta^2 = 0,491$)			
Kysel et al., 2020 [16]	No hubo diferencias significativas	No hubo diferencias significativas	No hubo diferencias significativas	SÍ	8 semanas
Durkalec-Michalski et al., 2019 [17]	Parámetro no estudiado	Condujo una utilización mayor y más eficiente de las grasas	Parámetro no estudiado	NO	4 semanas
Antonio Paoli et al., 2021 [18]	↓ de la grasa corporal (-1.55 Kg KD vs -0.92 Kg WD)	No hubo diferencias significativas	No hubo diferencias significativas	SÍ	30 días

	Peso corporal	Rendimiento aeróbico	Fuerza	Restricción calórica	Duración
Sjödín et al., 2020 [19]	↓En peso corporal (2,8 ± 1,0 kg VS 0,8 ± 1,4 kg)	↓VO ₂ máx absoluto y el tiempo hasta el agotamiento voluntario (-1,85 min, IC del 95 %: [-2,30; -1,40])	No hubo diferencias significativas	SÍ	4 semanas
Perissiou et al., 2020 [20]	Índice de masa grasa ↓-0,7 kg.m ⁻² ↓Masa magra con diferencia media -1048 cm ³ (- 172 a 1923)	↑VO ₂ en el grupo EXLC 3,4 ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹ (IC del 95 %: 1,3 a 5,5,)	Parámetro no estudiado	SÍ	8 semanas
Prins et al., 2019 [21]	No hubo diferencias significativas	No hubo diferencias significativas	Parámetro no estudiado	NO	6 semanas
Kackley et al., 2020 [22]	-----	Aumento del rendimiento por suplementación.	-----	-----	1 sesión de entreno

Después de revisar la evidencia de los artículos científicos seleccionados en los últimos años sobre la dieta cetogénica y su influencia en el rendimiento deportivo, obtenemos diferentes resultados acerca del rendimiento aeróbico, el desarrollo de la fuerza y sobretodo la capacidad que puede tener la dieta cetogénica en la pérdida de peso corporal. Además se incluyeron otros parámetros de estudio en la que se encontró un efecto significativo en el VO_2 máx como podemos observar en estudios anteriores[15,19,20]. Por otro lado señalar que el 60% de los estudios escogidos, no han abarcado todos los requisitos seleccionados en el principio de esta revisión sistemática. Este hecho puede indicarnos que todavía no hay un acuerdo claro de la comunidad científica a progresar en este tipo de estudios.

Parámetros Nutricionales

Para poder crear un estado de cetogénesis, los estudios escogidos han elaborado un plan nutricional muy parecido. Dicho plan nutricional se basa principalmente en un un porcentaje alto de grasas que oscila entre el 70% a un 77% de grasas de requerimiento total energético, seguido de un 15% a 19% en proteínas como segundo macronutriente principal en la dieta. Por último, el excedente de energía restante, se dedicaba a trazas de carbohidratos los cuales no superan el 4% a 10% de energía total, lo que equivaldría a menos de 50 gramos de carbohidratos diarios.

Por otro lado, se han observado ciertos hallazgos en cada una de las investigaciones, como por ejemplo ha sido el nivel de consumo calórico total al final del día. Así mismo, se han presentado dietas isocalóricas como hemos observado en los artículos [14, 15, 17, 21]. En contrapartida, se han presentado en su mayoría dietas basadas en la restricción calórica como podemos comprobar en los estudios [13, 16, 18, 19, 20]. Otro hallazgo a tener en cuenta, es la duración de estas estrategias nutricionales a lo largo del tiempo. En su mayoría la dieta cetogénica ha cumplido un mínimo de 30 días a un máximo de hasta 8 semanas, a excepción del estudio [14] que puede ser una estrategia de escasa duración ya que puede dificultar el período de cetoadaptación plena, ya que se estudió durante un período de 4 días.

Estas consideraciones, en relación, a los parámetros nutricionales van a ser un punto clave para comprender la variedad de resultados que se han obtenido y que serán interpretados a continuación.

Parámetros Morfológicos

La bajada significativa del peso corporal se presentó en el 50% de los estudios [13, 15, 18, 19, 20], a pesar de estudiar este parámetro en los artículos [14, 16, 21], pero sus resultados no obtuvieron respuestas significativas. Lo que sí se puede sacar como puesta en común es que en estos artículos junto a un entrenamiento apropiado, es que la dieta cetogénica puede ayudar a la bajada de peso corporal, a lo que también puede servir otras estrategias nutricionales control que hicieron dichos estudios.

Por otro lado, cabe destacar los estudios que controlaron el porcentaje de grasa [15, 18, 20] en la que la dieta cetogénica tuvo grandes resultados, durante los períodos de 4 semanas, 30 días y 8 semanas respectivamente.

Sin embargo, un hallazgo muy destacado, además de la pérdida de peso corporal y del porcentaje total graso, fue el descenso o la pérdida de la cantidad de masa magra total como observamos en los estudios [13, 20] en los que ambos estudios mantenían la dieta cetogénica más allá de las 4 semanas llevándolas hasta los 3 meses y las 8 semanas respectivamente. Aún así, la pérdida de las capacidades de generar fuerza no se vieron afectadas en el rango 1RM según el artículo [13], pero, no sabemos si otro rango de repeticiones pudieron verse afectados. El hecho de que se haya mantenido ese 1RM puede deberse a la frecuencia con la que estos levantadores de halterofilia entrenan este rango de repetición ya que su disciplina se lo requiere. También se ha podido planificar erróneamente el déficit calórico propuesto, ya que ha podido ser un tanto brusco o que la aportación de proteínas ha podido ser insuficiente.

Por otro lado, fue significativa la pérdida de masa magra en personas obesas [20]. Dicha reducción puede deberse a la alta capacidad que tienen las personas potencialmente obesas a perder peso las primeras semanas de dieta con déficit calórico, además de la combinación con el deporte a su estilo de vida, que de forma general suele ser más bien sedentario. Asimismo, la aplicación de ejercicios de alta carga aeróbica sin complementarse con ejercicios que estimulen la fuerza, puede haber incrementado las posibilidades de dicha pérdida de masa muscular.

Rendimiento Deportivo

Después de revisar los artículos seleccionados, se ha podido observar que el parámetro en relación a la fuerza se ha estudiado en los siguientes estudios [13, 14, 16, 18, 19] de estos artículos no se han encontrado diferencias significativas en [16, 18, 19] tal vez por el hecho de que la dieta cetogénica no incidió significativamente en este aspecto, sin embargo, en el artículo [14] la capacidad de generar potencia se vió reducida hasta un 7%. Este hecho puede resultar de un mal período de adaptación a la dieta cetogénica ya que tan solo se ha puesto a prueba dicha potencia con 4 días siguiendo la dieta cetogénica, por lo que puede ser motivo de sospecha, ya que los sujetos sometidos en este estudio no han podido crear la suficiente adaptación a la dieta cetogénica y por tanto su rendimiento se ha visto afectado.

Por otro lado de los estudios seleccionados, se ha podido observar que el parámetro del rendimiento aeróbico ha sido estudiado en los siguientes artículos [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22] por lo que vemos claramente un acuerdo de la comunidad científica de estudiar dicho parámetro a la hora de relacionar la dieta cetogénica y el rendimiento deportivo. En los artículos [16, 18, 21] vemos que el implemento de una dieta cetogénica no mostró resultados significativos a la hora de aumentar o disminuir el rendimiento aeróbico en dichos estudios, tal vez por ser gente que están acostumbrados a someterse a entrenamientos aeróbicos como en estos estudios muestran, eran ciclistas, futbolistas y corredores. Dicho esto, una vez adaptados a la dieta cetogénica han podido utilizar eficazmente las grasas como energía útil para poder rendir eficazmente a las pruebas de rendimiento de dichos estudios.

En cambio, en los artículos [14, 19] se obtuvo como resultado que la dieta cetogénica empeoró el rendimiento aeróbico. En el artículo [14] puede deberse a como hemos mencionado con anterioridad a la mala adaptación que se ha podido tener a la dieta cetogénica. En cambio en el artículo [19], este mal rendimiento aeróbico puede deberse a que a lo mejor, las mujeres se adaptan un poco peor a la dieta cetogénica en cuestión de desempeñar rendimiento aeróbico, especialmente si no están entrenadas en dicho ámbito. Por otra parte, ha podido ser ese déficit calórico que no ha sido del todo correcto y ha llevado a las mujeres de dicho artículo a rendir peor en dicha prueba.

Sin embargo, en los artículos [15, 17, 20] se ha notificado un aumento del rendimiento aeróbico, haciendo un incremento en la economía del esfuerzo. Dicho aumento del rendimiento aeróbico, no se conoce si realmente la dieta cetogénica tuvo un gran impacto en dicho ámbito. No obstante la capacidad de desempeñar la grasa como sustrato energético se ve incrementada con la dieta cetogénica, especialmente sabemos que la grasa supone una disposición de energía mayor que

cualquier otro macronutriente, por lo que un sujeto adaptado a la dieta cetogénica puede disponer y utilizar eficazmente esta energía para el desempeño aeróbico. Lo que sí podemos comprobar a través del estudio [22] es la eficacia de la suplementación con cetonas que parece que incrementa el rendimiento aeróbico en sujetos adaptados a la dieta cetogénica. Esto podría ser un campo de investigación muy interesante en un futuro no solo a nivel de rendimiento aeróbico sino cómo podría influir esta suplementación en otros aspectos como en el desarrollo de la fuerza.

5- Discusión.

Duración de la Dieta Cetogénica

En esta revisión sistemática se ha podido observar diferentes períodos de duración de la dieta cetogénica. Está claro que al realizar una dieta cetogénica, vamos a someter al cuerpo a una restricción de hidratos de carbono al menos en menos de 20 gramos diarios como observamos en el estudio [2] incluso como hemos podido observar hasta un máximo de 50 gramos diarios según Matthew Sherrier en su artículo [23]. Esta reducción de los hidratos de carbono va a aumentar el consumo de los ácidos grasos para servir de energía al organismo. Esto va a conllevar un período de adaptación de mínimo 5 a 6 días como nos sugiere el artículo [24]. Períodos más cortos pueden llevar a una mala cetoadaptación, pudiendo repercutir en el rendimiento del atleta en ese breve período de tiempo. Por otro lado hay estudios que sugieren que una duración de 30 días, lo puede definirse como un período de tiempo medio según [24, 25], puede ser óptima en relación al rendimiento del deportista, ya que no altera dicho parámetro a nivel de rendimiento aeróbico [26, 27, 28].

Cambios Morfológicos

Por otro lado, se ha observado que las dietas cetogénicas tienen efectos positivos cuando hablamos de bajar el porcentaje graso y el peso corporal en general [29, 30]. Cuando nos referimos a la reducción del peso corporal, estamos haciendo una globalidad del peso reducido, tanto en, agua, glucógeno muscular, grasa, músculo, etc. La pérdida del almacenamiento de glucógeno y de agua puede contribuir a esta bajada significativa del peso corporal [31], por lo que es un parámetro a tener en cuenta cuando observamos bajadas del peso corporal.

En relación a la pérdida de grasa corporal, las dietas cetogénicas han demostrado incrementar la utilización de las grasas como energía cuando no disponemos de glucosa [32, 33]. Este hecho puede incrementar el impacto que puede generar la dieta cetogénica en la pérdida del porcentaje graso. Además se ha demostrado la repercusión que puede llegar a tener altas concentraciones de betahidroxibutirato con mayores pérdidas de grasa corporal. [34]

Sobre la pérdida de masa muscular, se puede demostrar que una dieta con insuficientes hidratos de carbono puede descender el porcentaje de masa muscular total como se demostró en el siguiente artículo [35]. Esta pérdida de masa muscular en parte, puede ser debido a la pérdida de agua que hay dentro del tejido muscular en consecuencia de la falta de carbohidratos[36]. Sin embargo hay estudios que demuestran que la complementación de la dieta cetogénica con un correcto programa de ejercicios puede llegar a anular la pérdida de masa muscular [37].

Rendimiento Deportivo

Según diferentes artículos, la dieta cetogénica no parece reportar cambios considerables en atletas adaptados al entrenamiento aeróbico [15, 38]. Aún así la dieta cetogénica ha resultado eficaz, en la mejora de ciertos resultados a nivel aeróbico. Resulta que el incremento de la utilización de las grasas como combustible, va a producir una utilización mayor del transporte de oxígeno en el tejido muscular y en consecuencia va a producir a su vez, una menor concentración de lactato. Este hecho va a repercutir a su vez en el rendimiento aeróbico de manera directa, incrementando así la capacidad aeróbica [39, 40, 41, 42]. Sin embargo las investigaciones actuales no son del todo concluyentes y se necesita de más investigación.

Nuevas Líneas De Investigación

Como hemos podido el planteamiento de las estrategias nutricionales se han basado en la dietas isocalóricas o en dietas que generan un déficit calórico. Esto ha tenido un gran desempeño en el peso corporal reduciéndolo en los estudios seleccionados, incluso reduciendo el porcentaje graso considerablemente. Aún así faltan estudios para determinar qué desempeño puede tener la dieta cetogénica en una dieta con excedente calórico. Cómo puede este surplus calórico, junto con un programa adecuado de entrenamiento, incidir en la ganancia de masa muscular, manteniendo el

porcentaje de grasa a raya o cómo puede influenciar en el rendimiento aeróbico o en el desarrollo de la fuerza.

Por otro lado, ampliar la muestra en la que se puede incluir la dieta cetogénica con la finalidad de aumentar el rendimiento deportivo, con la finalidad de extrapolar los resultados con mayor notoriedad en grupos más amplios en comparación con grupos más reducidos.

6- Conclusión.

En esta revisión sistemática, hemos podido identificar la influencia que tiene una correcta planificación de la dieta cetogénica en la disminución considerable del peso corporal, que combinado con un programa de ejercicios adecuados puede hacer que el porcentaje de grasa se pueda reducir saludablemente sin comprometer la masa magra. En relación a la duración de dicha dieta en déficit calórico, se ha observado que puede ser interesante no mantenerla más de 30 días ya que durante este período de tiempo se han observado beneficios sin perjudicar la masa magra. Otra conclusión que podemos tener en cuenta, es la necesidad de estar bien adaptados a dicha dieta y que utilizar dicha dieta en períodos cortos de tiempo menores a los 4 días podría perjudicar el rendimiento a corto plazo. Por otro lado, la suplementación con cetonas puede ser interesante para la mejora del rendimiento en personas adaptadas en la dieta cetogénica. Asimismo, la dieta cetogénica podría ocasionar cierta pérdida en la generación de fuerza, en personas no adaptadas a entrenarla frecuentemente y sometidas a una restricción calórica.

En conclusión, todavía se precisa de una mayor investigación del efecto que tiene la dieta cetogénica en la mejora del rendimiento aeróbico y en el desarrollo de la fuerza, con mecanismos de diseño más controlados que permitan sentar más conclusiones sobre los efectos fisiológicos que puedan tener las dietas cetogénicas en el desarrollo del rendimiento deportivo.

7- Bibliografía

1. Harvey, K. L., Holcomb, L. E., & Kolwicz, S. C., Jr (2019). Ketogenic Diets and Exercise Performance. *Nutrients*, 11(10), 2296.
2. Paoli A. (2014). Ketogenic diet for obesity: friend or foe?. *International journal of environmental research and public health*, 11(2), 2092–2107.
3. Puchalska, P., & Crawford, P. A. (2017). Multi-dimensional Roles of Ketone Bodies in Fuel Metabolism, Signaling, and Therapeutics. *Cell metabolism*, 25(2), 262–284.
4. Evans, M., Cogan, K. E., & Egan, B. (2017). Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation. *The Journal of physiology*, 595(9), 2857–2871.
5. Paoli, A., Bianco, A., & Grimaldi, K. A. (2015). The Ketogenic Diet and Sport: A Possible Marriage?. *Exercise and sport sciences reviews*, 43(3), 153–162.
6. Ułamek-Kozioł, M., Czuczwar, S. J., Januszewski, S., & Pluta, R. (2019). Ketogenic Diet and Epilepsy. *Nutrients*, 11(10), 2510.
7. Boison D. (2017). New insights into the mechanisms of the ketogenic diet. *Current opinion in neurology*, 30(2), 187–192.
8. Weber, D. D., Aminzadeh-Gohari, S., Tulipan, J., Catalano, L., Feichtinger, R. G., & Kofler, B. (2020). Ketogenic diet in the treatment of cancer - Where do we stand?. *Molecular metabolism*, 33, 102–121.
9. Noakes, T. D., & Windt, J. (2017). Evidence that supports the prescription of low-carbohydrate high-fat diets: a narrative review. *British journal of sports medicine*, 51(2), 133–139.

10. Burke L. M. (2015). Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the 'Nail in the Coffin' Too Soon?. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45 Suppl 1(Suppl 1), S33–S49.
11. Ma, S., & Suzuki, K. (2019). Keto-Adaptation and Endurance Exercise Capacity, Fatigue Recovery, and Exercise-Induced Muscle and Organ Damage Prevention: A Narrative Review. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(2), 40. <https://doi.org/10.3390/sports7020040>
12. Pinckaers, P. J., Churchward-Venne, T. A., Bailey, D., & van Loon, L. J. (2017). Ketone Bodies and Exercise Performance: The Next Magic Bullet or Merely Hype?. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(3), 383–391.
13. Greene, D. A., Varley, B. J., Hartwig, T. B., Chapman, P., & Rigney, M. (2018). A Low-Carbohydrate Ketogenic Diet Reduces Body Mass Without Compromising Performance in Powerlifting and Olympic Weightlifting Athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 32(12), 3373–3382.
14. Wroble, K. A., Trott, M. N., Schweitzer, G. G., Rahman, R. S., Kelly, P. V., & Weiss, E. P. (2019). Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: a randomized-sequence crossover trial. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(4), 600–607.
15. Zajac, A., Poprzecki, S., Maszczyk, A., Czuba, M., Michalczyk, M., & Zydek, G. (2014). The effects of a ketogenic diet on exercise metabolism and physical performance in off-road cyclists. *Nutrients*, 6(7), 2493–2508.
16. Kysel, P., Haluzíková, D., Doležalová, R. P., Laňková, I., Lacinová, Z., Kasperová, B. J., Trnovská, J., Hrádková, V., Mráz, M., Vilikus, Z., & Haluzík, M. (2020). The Influence of Cyclical Ketogenic Reduction Diet vs. Nutritionally Balanced Reduction Diet on Body Composition, Strength, and Endurance Performance in Healthy Young Males: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 12(9), 2832.
17. Durkalec-Michalski, K., Nowaczyk, P. M., & Siedzik, K. (2019). Effect of a four-week ketogenic diet on exercise metabolism in CrossFit-trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 16.

18. Antonio Paoli, A., Mancin, L., Caprio, M., Monti, E., Narici, M. V., Cenci, L., Piccini, F., Pincella, M., Grigoletto, D., & Marcolin, G. (2021). Effects of 30 days of ketogenic diet on body composition, muscle strength, muscle area, metabolism, and performance in semi-professional soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 62.
19. Sjödin, A., Hellström, F., Sehlstedt, E., Svensson, M., & Burén, J. (2020). Effects of a Ketogenic Diet on Muscle Fatigue in Healthy, Young, Normal-Weight Women: A Randomized Controlled Feeding Trial. *Nutrients*, 12(4), 955.
20. Perissiou, M., Borkoles, E., Kobayashi, K., & Polman, R. (2020). The Effect of an 8 Week Prescribed Exercise and Low-Carbohydrate Diet on Cardiorespiratory Fitness, Body Composition and Cardiometabolic Risk Factors in Obese Individuals: A Randomised Controlled Trial. *Nutrients*, 12(2), 482.
21. Prins, P. J., Noakes, T. D., Welton, G. L., Haley, S. J., Esbenshade, N. J., Atwell, A. D., Scott, K. E., Abraham, J., Raabe, A. S., Buxton, J. D., & Ault, D. L. (2019). High Rates of Fat Oxidation Induced by a Low-Carbohydrate, High-Fat Diet, Do Not Impair 5-km Running Performance in Competitive Recreational Athletes. *Journal of sports science & medicine*, 18(4), 738–750.
22. Kackley, M. L., Short, J. A., Hyde, P. N., LaFountain, R. A., Buga, A., Miller, V. J., Dickerson, R. M., Sapper, T. N., Barnhart, E. C., Krishnan, D., McElroy, C. A., Maresh, C. M., Kraemer, W. J., & Volek, J. S. (2020). A Pre-Workout Supplement of Ketone Salts, Caffeine, and Amino Acids Improves High-Intensity Exercise Performance in Keto-Naïve and Keto-Adapted Individuals. *Journal of the American College of Nutrition*, 39(4), 290–300.
23. Sherrier, M., & Li, H. (2019). The impact of keto-adaptation on exercise performance and the role of metabolic-regulating cytokines. *The American journal of clinical nutrition*, 110(3), 562–573.
24. Burke, L. M., Whitfield, J., Heikura, I. A., Ross, M., Tee, N., Forbes, S. F., Hall, R., McKay, A., Wallett, A. M., & Sharma, A. P. (2021). Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability. *The Journal of physiology*, 599(3), 771–790.

25. Burke L. M. (2021). Ketogenic low-CHO, high-fat diet: the future of elite endurance sport?. *The Journal of physiology*, 599(3), 819–843.
26. Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., Mirtschin, J. G., Cato, L. E., Strobel, N., Sharma, A. P., & Hawley, J. A. (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of physiology*, 595(9), 2785–2807.
27. Shaw, D. M., Merien, F., Braakhuis, A., Maunder, E. D., & Dulson, D. K. (2019). Effect of a Ketogenic Diet on Submaximal Exercise Capacity and Efficiency in Runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(10), 2135–2146.
28. Shaw, D. M., Merien, F., Braakhuis, A., Keaney, L., & Dulson, D. K. (2021). Adaptation to a ketogenic diet modulates adaptive and mucosal immune markers in trained male endurance athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(1), 140–152.
29. Chang, C. K., Borer, K., & Lin, P. J. (2017). Low-Carbohydrate-High-Fat Diet: Can it Help Exercise Performance?. *Journal of human kinetics*, 56, 81–92.
30. Vargas, S., Romance, R., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Galancho, I., Espinar, S., Kreider, R. B., & Benítez-Porres, J. (2018). Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 31.
31. Kreitzman, S. N., Coxon, A. Y., & Szaz, K. F. (1992). Glycogen storage: illusions of easy weight loss, excessive weight regain, and distortions in estimates of body composition. *The American journal of clinical nutrition*, 56(1 Suppl), 292S–293S.
32. Waldman, H. S., Krings, B. M., Basham, S. A., Smith, J., Fountain, B. J., & McAllister, M. J. (2018). Effects of a 15-Day Low Carbohydrate, High-Fat Diet in Resistance-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, 32(11), 3103–3111.

33. Volek, J. S., Freidenreich, D. J., Saenz, C., Kunces, L. J., Creighton, B. C., Bartley, J. M., Davitt, P. M., Munoz, C. X., Anderson, J. M., Maresh, C. M., Lee, E. C., Schuenke, M. D., Aerni, G., Kraemer, W. J., & Phinney, S. D. (2016). Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. *Metabolism: clinical and experimental*, 65(3), 100–110.
34. Masino, S. A., & Rho, J. M. (2010). Mechanisms of ketogenic diet action. *Epilepsia*, 51, 85-85.
35. Noakes, M., Foster, P. R., Keogh, J. B., James, A. P., Mamo, J. C., & Clifton, P. M. (2006). Comparison of isocaloric very low carbohydrate/high saturated fat and high carbohydrate/low saturated fat diets on body composition and cardiovascular risk. *Nutrition & metabolism*, 3, 7.
36. Serra-Prat, M., Lorenzo, I., Palomera, E., Yébenes, J. C., Campins, L., & Cabré, M. (2019). Intracellular Water Content in Lean Mass is Associated with Muscle Strength, Functional Capacity, and Frailty in Community-Dwelling Elderly Individuals. A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 11(3), 661.
37. Jabekk, P. T., Moe, I. A., Meen, H. D., Tomten, S. E., & Høstmark, A. T. (2010). Resistance training in overweight women on a ketogenic diet conserved lean body mass while reducing body fat. *Nutrition & metabolism*, 7, 17. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-7-17>
38. Klement, R. J., Frobels, T., Albers, T., Fikenzer, S., Prinzhausen, J., & Kämmerer, U. (2013). A pilot case study on the impact of a self-prescribed ketogenic diet on biochemical parameters and running performance in healthy and physically active individuals.
39. Helge, J. W., Watt, P. W., Richter, E. A., Rennie, M. J., & Kiens, B. (2001). Fat utilization during exercise: adaptation to a fat-rich diet increases utilization of plasma fatty acids and very low density lipoprotein-triacylglycerol in humans. *The Journal of physiology*, 537(Pt 3), 1009–1020.
40. Lakoski, S. G., Barlow, C. E., Farrell, S. W., Berry, J. D., Morrow, J. R., Jr, & Haskell, W. L. (2011). Impact of body mass index, physical activity, and other clinical factors on cardiorespiratory fitness (from the Cooper Center longitudinal study). *The American journal of cardiology*, 108(1), 34–39.

41. Edvardsen, E., Hansen, B. H., Holme, I. M., Dyrstad, S. M., & Anderssen, S. A. (2013). Reference values for cardiorespiratory response and fitness on the treadmill in a 20- to 85-year-old population. *Chest*, 144(1), 241–248.
 42. Helge, J. W., Watt, P. W., Richter, E. A., Rennie, M. J., & Kiens, B. (2001). Fat utilization during exercise: adaptation to a fat-rich diet increases utilization of plasma fatty acids and very low density lipoprotein-triacylglycerol in humans. *The Journal of physiology*, 537(Pt 3), 1009–1020.
-
1. Everything We Know About LeBron James' Diet. (2022). Retrieved 27 April 2022, from <https://www.menshealth.com/nutrition/a22877245/lebron-james-diet/>
 2. (2022). Retrieved 27 April 2022, from <https://www.ketolution.com/sites/g/files/adhwdz436/files/inline-images/ketone-bodies%20%282%29.png>
 3. 2.bp.blogspot.com. (2022). Retrieved 27 April 2022, from http://2.bp.blogspot.com/-asv5_ecC778/UUYobia2Zal/AAAAAAAAAMw/Ar-qvk6ljv8/s1600/cuerposcetonicos.jpg.
 4. i.ytimg.com. (2022). Retrieved 27 April 2022, from <https://i.ytimg.com/vi/TebrEl0FCLI/maxresdefault.jpg>.
 5. *Former Quarterback Tim Tebow On Why He's Been On The Keto Diet For 7 Years*. Rachael Ray Show. (2022). Retrieved 27 April 2022, from <https://www.rachaelrayshow.com/articles/former-quarterback-tim-tebow-on-why-he-s-been-on-the-keto-diet-for-7-years#:~:text=What%20is%20the%20keto%20diet,and%20sugar%2C%22%20he%20says>.