

Efectos de la creatina en el rendimiento deportivo

Modalidad REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Trabajo Final de Máster Nutrición y Salud

Autor: Emilio Suárez Pérez

Director: Pedro José González

Marzo-Julio, 2019



Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>



Reconocimiento-CompartirIgual

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/deed.es>

©opyright Reservados todos los derechos. Está prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la impresión, la reprografía, el microfilm, el tratamiento informático o cualquier otro sistema, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler y préstamo, sin la autorización escrita del autor o de los límites que autorice la Ley de Propiedad Intelectual.

Índice

Presentación	7
Justificación	7
1. Introducción.....	7
1.1 Definiciones básicas.....	8
1.1.1 Definición de AMP	8
1.1.2 Definición de ADP	8
1.1.3 Definición de ATP	9
1.1.4 Definición de creatina	10
1.1.5 Definición de creatinquinasa.....	12
1.2 Historia de la creatina.....	14
1.3 Propiedades de la creatina.....	14
1.4 Tipos de creatina.....	14
1.4.1 Creatina Monohidratada	15
1.4.2 Creatina micronizada	15
1.4.3 Citrato de creatina	15
1.4.4 Creatina etil éster.....	16
1.4.5 Creatina Kre-alcalina.....	16
1.4.6 Creatina malato.....	16
1.4.7 Creatina piruvato	16
1.4.8 Fosfato de creatina o fosfocreatina o PCr	17
1.5 Normativa vigente	17
1.6 Marco Teórico.....	18
1.6.1 Proceso de asimilación de energía.....	18
1.6.2 La creatina como suplemento del rendimiento muscular.....	19
1.6.3 La creatina como sustancia dopante.....	19
1.6.4 Rendimiento muscular en edad avanzada	19
1.6.5 Fosfocreatina y fatiga.....	20
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
2.3 Preguntas investigables.....	21
3. Metodología.....	21

4. Resultados.....	24
4.1 Estudios a favor.....	24
4.2 Estudios a favor y en contra.....	26
4.3 Estudios en contra.....	27
5. Discusión	34
5.1 Creatina en los deportes.....	34
5.2 La suplementación Terapéutica con creatina.....	35
5.3 Alteraciones en el pH y acumulación de lactato	36
5.4 Insulina vs Creatina	37
5.5 Efectos secundarios del suministro de creatina.....	37
5.6 Resultados de la encuesta de Carrillo y Gilli	38
6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación	39
6.1 Diseño de un estudio.....	39
6.2 Estudios de interés	41
7. Conclusiones	43
8. Bibliografía.....	45

Resumen

Es muy común habitual entre deportistas que practican deportes de larga duración y entre los atletas de alto rendimiento deportivo la ingesta creatina y otros suplementos vitamínicos y sustancias minerales. En el presente texto se trata de abordar los efectos específicos ergonutricionales de la creatina en la performance deportiva. Asimismo, se analizan los efectos de dicho compuesto en la mejoría de las convalecencias y recuperaciones.

Por otro lado, se revisará bibliográficamente a aquellas voces que tildan de poco ético la ingesta de creatina, y la opinión de otros muchos acerca de que la toma de creatina pudiese considerarse como un dopaje encubierto (si bien dicha sustancia no está considerada prohibida para el **WADA** ni el **COI**).

Asimismo, otros autores sostienen que el aporte de creatina debería ser exclusivamente mediante una dieta equilibrada y rica en dicho compuesto; se sabe que en las carnes abunda la creatina y especialmente en el pescado (de manera singular en el salmón). Muchos de estos escritores sostienen que la ingesta de creatina debería ser natural y no mediante el aporte extraordinario en forma de suplemento.

Es un tema que no está exento de controversia y polémica. Se trata de diseñar un TFM con tino (y atino) que revise bibliográficamente la gran cantidad de artículos y documentos al respecto, para al final defender una tesis a modo de conclusión o resultado del trabajo de investigación.

Palabras clave

Creatina, ATP, suplemento, ergonutricional, WADA, dopaje, COI, ética en el deporte.

Abstract

Athletes who practice long-term sports and among high-performance sports are used to take creatine and other vitamin supplements and mineral substances. In the present text we try to address the specific ergonomic effects of creatine in sports performance. Likewise, the effects of said compound on the improvement of convalescence and recovery are analyzed.

On the other hand, those voices that consider creatine intake unethical will be reviewed bibliographically, and the opinion of many others that creatine intake could be considered as a covert doping (although this substance is not considered prohibited for the WADA or the IOC).

Likewise, other authors maintain that the contribution of creatine should be exclusively through a balanced diet rich in said compound; it is known that creatine abounds in meats and especially in fish (singularly in salmon). Many of these writers argue that the intake of creatine should be natural and not through the extraordinary contribution in the form of a supplement.

It is a subject that is not without controversy and controversy. That bibliographically reviews the great amount of articles and documents in this regard, in order to finally defend a thesis as a conclusion or as a result of the research work.

Key words

Creatine, ATP, supplement, ergonomic, WADA, doping, IOC, ethics in sport.

Relación de abreviaturas

ADP: Adenosín Difosfato.

ATP: Adenosin Triofasto

CK: Creatina quinasa

CK-BB: Isomorfa Creatina quinasa cerebral

COI: Comité Olímpico Internacional

CPK: Creatina fosfoquinasa

Cr: Creatina

NCBI: National Center for Biotechnology Information

NIST: National Institute of Standards and Technology

NLM: National Library of Medicine

PC: Fosfocreatina

UGR: Universidad de Granada

WADA World Anti-Doping Agency

Fuente: elaboración propia

Presentación

Según se desprende del reglamento interno de la Universitat Oberta de Catalunya, para obtener el título de Máster en Nutrición y Salud, es necesario elaborar un estudio Trabajo Fin de Máster (TFM), dirigido a la evaluación de las competencias relacionadas al título en la última fase del plan de estudios. Habiendo cumplido los requisitos legalmente establecidos, se tiene a bien presentar el siguiente trabajo de investigación.

Justificación

El presente texto trata de analizar la relación existente entre la creatina y el rendimiento deportivo. Es un tema interesante por estar de rabiosa actualidad: si bien todos los autores reconocen los beneficios de la creatina en la performance deportiva, muchos tildan de poco ético su ingesta y suplemento, argumentando que la creatina debería ser tomada de forma natural.

A modo personal, debo reconocer que este tema suscita especial interés por mí, ya que soy consumidor habitual de esta sustancia. Pretendo descubrir a través de este estudio, qué hay de verdad y qué hay de mito, a través de la revisión bibliográfica de todos aquellos documentos, artículos y textos que estén a mi alcance, y que sean considerados publicaciones formales, en universidades y organismos oficiales públicos y privados de gran renombre y talla.

1. Introducción

Es indiscutible que la ciencia del deporte tal y como se conoce hoy en día, es el resultado de años de experimentación científica y técnica. Uno de los principales retos del conocimiento del deporte de alta competición es la forma de obtener, almacenar y emplear eficazmente la energía.

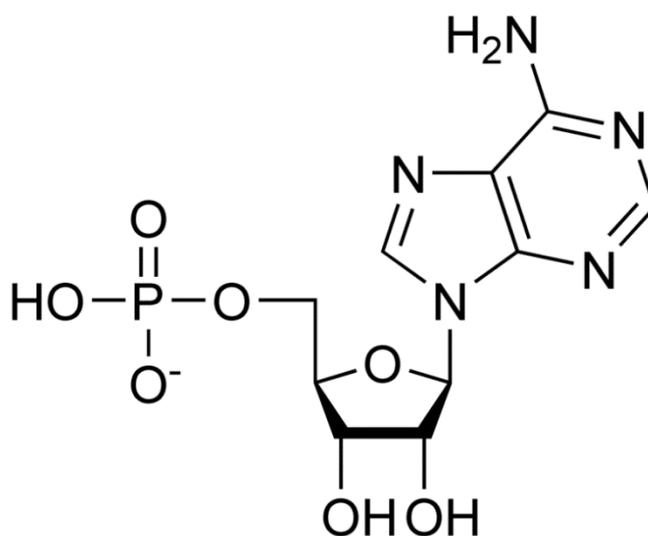
Los suplementos alimenticios artificiales en deportistas de alto rendimiento son cuestionados por los expertos en la materia, por considerar que este tipo de aditivos pudiese contener efectos secundarios. No pocas voces cuestionan la eficacia de este tipo de sustancias, incluso algunos autores sostienen que el suministro de creatina en deportes de alto rendimiento pudiese ser considerada como una forma de dopaje encubierto. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

1.1 Definiciones básicas

1.1.1 Definición de AMP

El Adenosín Monofosfato (AMP) es un éster de ácido fosfórico con un nucleósido adenosina, compuesto de ribosa, adenina y fosfato. (Dávila, s.f.) (2)

Imagen: estructura del AMP.



Fuente: De cacycle¹, Elaboración propia con ChemDraw / Photoshop. Dominio público.

1.1.2 Definición de ADP

El Adenosín Difosfato (ADP) es un nucleótido Difosfato, compuesto por un nucleósido (con una base púrica, la adenina y una pentosa, la ribosa) junto con dos radicales fosfatos.

Muchos autores identifican la ADP como un ATP sin fosforilar. (Dávila, s.f.) (2)

Presenta las siguientes características:

- **Fórmula molecular** $C_{10}H_{15}N_5O_{10}P_2$
- **Número CAS** 58-64-109
- **Masa molar** 427,201
- **Pubchem²** 197

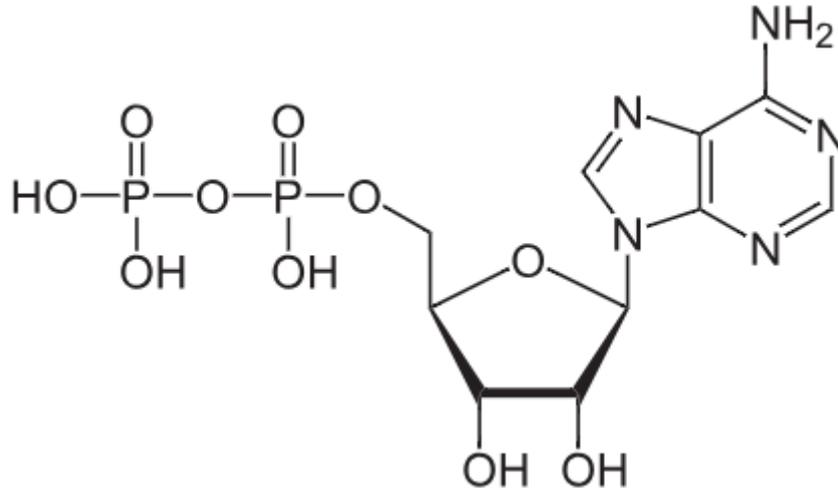
¹ Fichero disponible en <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=106148> bajo dominio público.

² PubChem es una base de datos de moléculas, gestionado de manera altruista por la National Center for Biotechnology Information (NCBI), parte de la National Library of Medicine (NLM).

El ADP se almacena en los densos gránulos de las plaquetas. Se moviliza mediante la activación plaquetaria. Esta sustancia interacciona con los receptores ubicados en las plaquetas de tipo P2Y1, P2Y12 y P2X1 (S & SP, 2006) (3).

Su estructura molecular es:

Imagen: Adenosín difosfato.



Fuente: 123.RF³, bajo mención del autor.

1.1.3 Definición de ATP

Adenosín trifosfato⁴ (o trifosfato de adenosina). Nucleótido fundamental para la extracción de la energía celular (es la principal fuente de energía para la realización de las funciones celulares).

Consta de adenina junto con una pentosa (enlazada a carbono 1) y una ribosa (en su carbono 5, tiene adheridos tres fosfatos).

Se trata de una molécula pequeña del tipo de las purinas constituida por tres partes química y funcionalmente distintas:

- Un anillo de adenina (base nitrogenada), que tiene enlazada a carbono 1, un azúcar tipo pentosa.
- Una ribosa (en su carbono 5 tiene adherida los tres fosfatos)
- Una cadena de trifosfato. (Dávila, s.f.) (2)

³ Vid. https://es.123rf.com/photo_27707476_f%C3%B3rmulas-qu%C3%ADmicas-estructurales-de-la-adenosina-monofosfato-fosfatos-de-adenosina-difosfato-de-adenosina.html [Fecha de consulta, abril 2019]

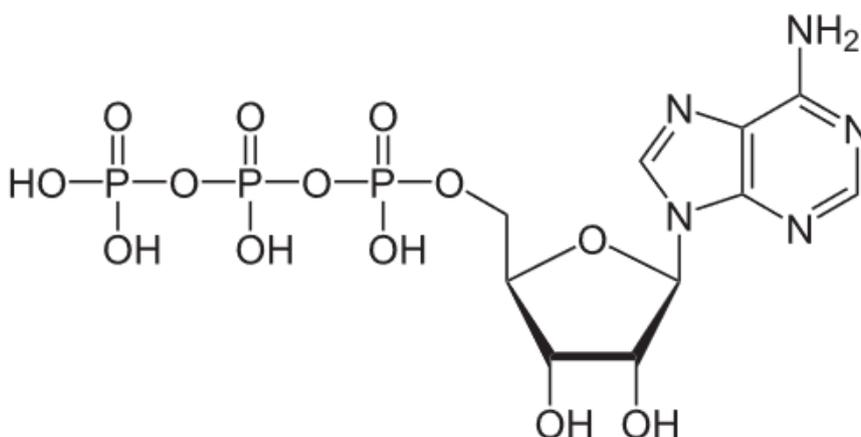
⁴ En inglés, *Adenosine Triphosphate*, ATP

Su principal función es extraer la energía que procede de los procesos metabólicos (principalmente de la respiración celular y de la fotorrespiración) y ceder energía a las reacciones que la precisen (por ejemplo, en la catálisis de muchas enzimas).

Dávila (s.f.) (2) llegó a considerarla como la “moneda energética universal”, presente en todos los sistemas biológicos y en todas las células vivas “incluida las neuronas”. (Dávila, s.f.) (2).

Sus características técnicas más relevantes, son: (NIST, 2018) (4).

- **Fórmula molecular:** $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$.
- **Masa molar:** 507,18 g/mol
- **Estructura:**



Fuente: File: Adenosintriphosphat protoniert.svg, propiedad de NEUROtiker.

Hidrólisis del ATP:

El ATP en contacto con el agua (H_2O), se hidroliza y degenera ADP y una molécula de P. Esta reacción (catalizada por la ATPasa, enzimas catalizadoras que rompen el ATP), libera gran cantidad de energía que se almacena en el enlace. La hidrólisis de la ATP, viene dada bajo la siguiente formulación:

- **ATP + H_2O ---> ADP + Pi**

La hidrólisis del ADP da lugar a:

- **ADP + H_2O ---> AMP + Pi**

1.1.4 Definición de creatina

La creatina es el ácido metil guanidino acético. Está compuesto por una molécula orgánica con una estructura muy similar a la de los aminoácidos⁵. (I. & Orten, 1966) (7).

⁵ No se considera aminoácido sino un compuesto orgánico nitrogenado del grupo de las aminas, no esencial. Está presente en la carnes y pescados que contienen 5 gramos de Cr/Kg (Carrillo & Gilli)

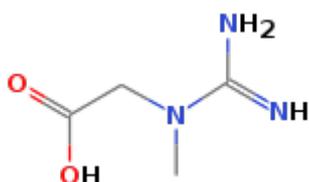
Es un ácido orgánico nitrogenado que se encuentra en las células nerviosas y los músculos de los organismos vivos.

Según Weinberg (2018) (6) la creatina también se obtiene a partir de la ingesta de carne (fundamentalmente pescado⁶), si bien el organismo la puede sintetizar en el hígado, los riñones y el páncreas mediante los tres aminoácidos básicos⁷, metionina, arginina y glicina. (I. & Orten, 1966) (7). La ingesta de este compuesto produce un aumento de las reservas de fosfocreatina musculares.

La creatina facilita la regeneración de ATP y proporcionar energía a las células musculares.

Tiene las siguientes características: (NIST, 2018) (4)

- **Fórmula:** C₄H₉N₃O₂
- **Masa molar:** 131,13 g/mol
- **Peso molecular:** 131.1332
- **Denominación:** α-metil guanido-acético.
- **Abreviatura:** Cr
- **IUPAC InChI Estándar:** InChI=1S/C4H9N3O2/c1-7(4(5)6)2 3(8)9/h2H2, 1H3, (H3, 5, 6) (H, 8, 9)
- **Número de registro CAS:** 57-00-1
- **Estructura química:**



Fuente: extraído de (NIST, 2018) (4)

- **Otros nombres:** Glycine, N-(aminoiminomethyl)-N-methyl-; (α-Methylguanido) acetic acid; Creatin; Kreatin;

Según sostenían Carrillo y Gilli (2011) (5), un individuo sano requiere creatina a razón de 2 gr/día. La mitad de esta cantidad es sintetizada por el propio organismo. El otro resto, debe ser consumido mediante ingesta de carnes o pescados.

El músculo esquelético es el órgano que más creatina presenta: hasta un 95% del total de creatina de un organismo está presente en dichos tejidos. (González Boto R, 2003) (8).

⁶ Especialmente en el salmón.

⁷ Un deportista sano sintetiza un gramo de creatina por día como promedio. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004)

La creatina presente en el músculo esquelético se encuentra bajo las dos siguientes modalidades:

- a) Un 40 % en forma de libre creatina (Cr).
- b) Un 60 % en forma fosforilada o fosfocreatina (PC). (Olmos Herмосilla, 2002) (9)

Además la Cr está presente en espermatozoides, cerebro, retina y corazón. (González Boto R, 2003) (8).

1.1.5 Definición de creatinquinasa

La creatina quinasa (**CK**), creatinquinasa, creatina fosfoquinasa (**CPK**) o fosfocreatín quinasa, es una enzima catalizadora presente en varias estructuras celulares y tejidos. La creatina se fosforila convirtiendo un ATP en un ADP.

La contracción del músculo provoca consumo de ATP. Es el momento que la CK cataliza la resfosforilación del ADP para formar ATP empleando fosfocreatina como reservorio de la fosforilación. (Quispe, 2014) (10).

Cuando comienza el músculo a contraerse, el nivel de ADP aumenta en la miofibrilla según se reducen los niveles de ATP. La enzima por tanto cataliza una reacción inversa de forma que cede un radical fosforilo al ADP, restaurando súbitamente el nivel de ATP. De esa forma, la fosfocreatina a través del ATP, resulta una reserva energética que el músculo esquelético dispone para su uso inmediato. De igual forma, el ATP está presente en otros tejidos como el cerebro, durante el proceso de metabolismo anaeróbico. (Dávila, s.f.) (2).

La estructura de la CK consta de dos subunidades (monoméricas) a saber: (Bong, JH., & Nam, 2008) (11).

La CK cerebral (isoforma CK-BB): se trata de un dímero de las subunidades cerebrales, cuyo principal componente es la creatina⁸. Presenta como cofactores a los siguientes compuestos, a saber: (Dávila, s.f.) (2).

- ADP
- Mg
- MgATP²⁻
- NaCl
- ATP
- MgADP⁻
- Mn²⁺

Valores de referencia de la CK.

Las unidades en la que se expresa la CK son en mg/dl, o bien $\mu\text{mol/l}$ ⁹.

La presencia promedio de CK en varones de 0,7 a 1,2 mg/dl mientras que en mujeres es de 0,5 a 1,0 mg/dl.

⁸ Aparece de forma natural junto con la glicociamina, la ciclocreatina, y N-etilglicociamina.

⁹ 1 mg/dl de creatina quinasa equivale a 88,4 $\mu\text{mol/L}$.

Según la Asociación Norteamericana de Distrofia Muscular los valores de CK en sangre oscilan entre 22 y 198 unidades/L, si bien estos parámetros son variables en función del sexo o raza del individuo en cuestión.

De igual forma, la presencia de CK en sangre depende mucho de la masa muscular del individuo. Asimismo, aparecen grandes cantidades de CK en sangre cuando el paciente presenta un deterioro o daño de las fibras musculares considerable.

La CK en diagnóstico médico

Frecuentemente la creatina quinasa se encuentra en la sangre en cantidades relativamente bajas. Procede fundamentalmente de los músculos esqueléticos.

Su presencia alta, indica un daño muscular: en un músculo fisurado, la CK puede filtrarse al interior de las miofibrillas. De hecho, cuando existen niveles de creatina quinasa en sangre, es porque algún tejido muscular se encuentra deteriorado, o bien que el músculo está siendo destruido en una distrofia muscular o inflamación. Asimismo, algunos estados febriles también pueden presentar síntomas de CK en sangre sin patología aparente. (Pérez, 2019) (12). Por otro lado, también existen altas concentraciones de CK en sangre en esfuerzo físico intenso.

La isoforma CK-MB identifica los daños en tejido cardíaco (su presencia puede indicar la presencia de un infarto agudo de miocardio¹⁰). (Pérez, 2019) (12).

De igual forma el análisis de los niveles de creatinina en sangre sirve para el estudio del correcto funcionamiento de los riñones.

Los valores anormalmente altos de creatinina en sangre, se pueden deber a las siguientes patologías, a saber: (Pérez, 2019) (12).

- Cirugías prolongadas.
- Infarto agudo de miocardio.
- Infecciones bacterianas.
- Infecciones parasitarias.
- Infecciones por hongos.
- Infecciones víricas (gripe o VIH).
- Intoxicación por toxinas o fármacos que interfieren con la producción de energía en el músculo.
- Práctica de ejercicio físico intenso o muy intenso.
- Trombosis.

¹⁰ Si bien para la detección de los infartos se estudian otros parámetros más eficaces, como la presencia de la troponina en sangre (Pérez, 2019)

1.2 Historia de la creatina

Los estudios de Lieberg en 1847, concluyeron que existía mayor concentración de creatina en zorros salvajes que en zorros domésticos¹¹, cuya actividad física era menor. (Creatina.F, 2018) (13).

La primera vez que se sintetizó creatina artificial fue en el laboratorio del químico alemán Richard August Carl Emil Erlenmeyer¹² (Taunusstein, 28 de junio de 1825; 22 de enero de 1909). Los primeros estudios sobre creatina comienzan a partir de 1900. En 1923 se determinó que el promedio de creatina en un cuerpo humano sano es de 100 g.

La primera vez que se empleó la creatina como suplemento para deportistas de alto nivel, se cree que fue en antigua Unión Soviética, cuando suministró creatina a los deportistas representantes en los Juegos Olímpicos de 1966 (Atlanta). Fue tal el número de medallas conseguidas por el equipo ruso, que estos eventos fueron denominados como "The Creatine Games" (los juegos de la creatina). (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

1.3 Propiedades de la creatina

La creatina se encuentra en el tejido muscular en una concentración de 125 milimoles/kg. Más del 70% se encuentra bajo creatinfosfato. (Casey & Greenhaff, 2000:609) (14). Por otro lado la creatina en los jóvenes está presente en una dosis de 39.5 mmol/kg, pero disminuye con la edad (y, por tanto, la capacidad de hacer esfuerzos cortos e intensos). (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

Su versión artificial se emplea en medicina para la recuperación de masa muscular en personas convalecientes y en rehabilitación tras graves lesiones. Asimismo, se emplea para enfermos de enfermedades coronarias y cardiovasculares. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

1.4 Tipos de creatina

La creatina es un suplemento alimenticio muy habitual en el mundo del deporte. Es muy frecuente en el culturismo, ya que su ingesta resalta los resultados musculares (a efectos estéticos) e incrementa el rendimiento deportivo. (Creatina.F, 2018) (13).

¹¹ Hasta 10 veces más, según (Creatina.F, 2018)

¹² Fue el primero en sintetizar la guanidina, creatina y creatinina

Existe una gran cantidad de productos disponibles basados en creatina. Muchos autores sostienen que la creatina más efectiva, es aquella que se encuentra en forma de monohidrato¹³. (Creatina.F, 2018) (13).

Cabe recordar lo que ya advirtieron Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, (2004) (1): *“ninguna variedad de creatina aporta mejora en el rendimiento del atleta si no va acompañado de ejercicio físico y entrenamiento a gran escala”*.

Pese a la gran cantidad de tipos de creatina que existen, la *creatina monohidrato* es la más utilizada.

Las variedades de creatina disponibles en el mercado son, según Creatina.F, (2018) (13), los siguientes, a saber:

1.4.1 Creatina Monohidratada

El monohidrato de creatina (Cr-H₂O) es la variedad más habitual y consumida del mercado. Gran cantidad de estudios emplean este suplemento cuando analizan la creatina. Es además la que aparece en su síntesis natural. (Creatina.F, 2018) (12).

Según Naclerio (2001) (15) los derivados más comercializados son aquellos que combinan la creatina junto a la taurina, glutamina y sodio. Estas fórmulas facilitan la asimilación intestinal y permiten la absorción muscular. (Naclerio, 2001) (15).

El suministro de creatina pretende elevar los depósitos naturales de los músculos hasta su máxima capacidad.

Cada molécula de este compuesto consta de un 88% de creatina y un 12% de agua. (Creatina.F, 2018) (13).

1.4.2 Creatina micronizada

Es una variedad de la anterior, cuya estructura molecular es más pequeña (de ahí su denominación “micro”). La reducción en las dimensiones de la molécula permite una mejor absorción, lo que disminuye los efectos secundarios de su ingesta. Además, provoca que la retención de agua en el organismo sea menor. (Creatina.F, 2018) (13).

1.4.3 Citrato de creatina

Este compuesto tan sólo dispone de un 40% de creatina. Es la modalidad más soluble de todas las existentes. Contiene ácido cítrico para la estimulación de la producción de

¹³ Además, es la modalidad más económica. (Creatina.F, 2018)

energía muscular. Cuando se mezcla con agua, la combinación es fácilmente absorbible por el intestino y rápidamente asimilable por el músculo.

Como todos los derivados solubles, su precio es más elevado. Según algunas voces, su efectividad es menor que la del monohidrato.

Entre sus ventajas también se encuentra que, al ser una sustancia diluida, el estómago lo tolera mejor, por lo que se suele prescribir para aquellos deportistas con algunas dolencias gastrointestinales. (Creatina.F, 2018) (13).

1.4.4 Creatina etil éster

Consiste en la creatina monohidrato esterificada utilizando alcohol metanol o etanol. Se sabe que molécula de etanol tiene gran facilidad de penetración en las membranas musculares, permitiendo que el organismo absorba la creatina con mayor rapidez (es la variedad con mayor rapidez de absorción).

Según Creatina.F, (2018) (13), requiere menor dosis. Por otro lado, la eficacia comparada con la monohidratizada no ha sido avalada por ningún estudio.

1.4.5 Creatina Kre-alkalina

Esta modalidad tiene las siguientes peculiaridades:

- a) La creatina no se transforma en creatinina.
 - b) El pH se mantiene alto.
 - c) El organismo absorbe este compuesto con gran eficacia y rapidez.
 - d) No requiere realizar la fase de carga.
 - e) No retiene tanto volumen de líquido, como ocurre con el resto de variedades.
- (Creatina.F, 2018) (13).

1.4.6 Creatina malato

Es un compuesto de creatina con ácido málico. Esta sustancia permite el aumento de la resistencia, explosividad y fuerza, así como una absorción muy rápida.

Está indicada para deportistas que requieran un aumento de masa muscular. (Creatina.F, 2018) (13).

1.4.7 Creatina piruvato

Consiste en una mixtura de piruvato y creatina. El compuesto resultante es diez veces más soluble que cada sustancia simple por separado, según (Creatina.F, 2018) (13).

Se trata de una modalidad que consta de dos componentes altamente ergogénicos, toda vez que potencian el rendimiento muscular.

1.4.8 Fosfato de creatina o fosfocreatina o PCr

Derivado de la creatina, descubierta por el bioquímico germano judío David Nachmansohn (17 de marzo 1899 – 2 de noviembre 1983). Consta de 62% de creatina y 38% de fosfato.

La creatina tiene una función vital: almacena la energía en el músculo esquelético. Además, se emplea para generar ATP del ADP¹⁴. Tiene como ventaja que la creatina se forma 20 segundos después de un esfuerzo intenso, ya que la molécula dona un grupo fosfato que desencadena una reacción catalizada por la creatinquinasa¹⁵. La energía que se libera en dicha reacción se emplea a su vez, en la reacción reversible: la generación del ATP.

La fosfocreatina desempeña un rol muy relevante en tejidos con una demanda de energía, como los músculos o cerebro. Además, este compuesto transporta la energía de las mitocondrias hasta las zonas donde se precisa el ATP¹⁶.

Entre los inconvenientes de este producto, están que es más caro que la modalidad de monohidrato y por otro lado no se ha demostrado que amplíe la eficacia de éste.

1.5 Normativa vigente

No existe una legislación específica europea de regulación de los suplementos ergonutricionales. Sin embargo, los reglamentos relacionados con los suplementos ergonutricionales se rige por el siguiente listado, a saber: (Martínez Sanz, 2017:13) (16).

- 1) Reglamento nº 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos;
- 2) Reglamento nº 353/2008 que establece las normas de desarrollo para las solicitudes de autorización de declaraciones de propiedades saludables;
- 3) Reglamento nº 1925/2006 sobre la adición de vitaminas, minerales y otras sustancias determinadas a los alimentos;
- 4) Reglamento nº 1169/2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor;

¹⁴ De forma anaeróbica.

¹⁵ La presencia de creatinquinasa en el plasma es presagio de un tejido dañado y síntoma de un eminente infarto de miocardio.

¹⁶ Según (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) la fosfocreatina es una suerte de almacén temporal de energía o buffer, que se emplea en esfuerzos súbitos, intensos y muy breves.

- 5) Directiva 2002/46/EC relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de complementos alimenticios.

1.6 Marco Teórico

En este epígrafe se describe el proceso de asimilación de la energía a través de la creatina. Más adelante se estudia el rendimiento muscular en edad avanzada, a través de un estudio tan interesante como reciente de la mano de Chami & Candow, (2019) (17). Se ha estimado oportuno incorporar un análisis de los efectos en edad avanzada, por considerar dicho dossier de alto interés.

1.6.1 Proceso de asimilación de energía

El organismo no puede obtener la energía directamente a partir de los nutrientes, ya que el proceso de extracción de energía requiere un desprendimiento calórico que las estructuras celulares no son capaces de desarrollar (Menshikov & Volkov, 1990:309) (18).

La energía se asimila a través de enlaces químicos ricos en energía. Este proceso requiere la síntesis del ATP. La resíntesis de este nucleótido consta de varias modalidades. La resíntesis anaerobia alactácida, más conocida como *reacción de Lohmann*¹⁷ es la más habitual de todas ellas. Atiende a la siguiente formulación química, a saber: (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004:2) (1).

CrP + ADP = Creatina + ATP

Esta reacción es la fundamentación bioquímica de la resistencia muscular local. Su relevancia estriba en que suministra energía en actividades cortas, pero de máxima potencia.

Cuando el fosfato se transfiere, la creatina puede regenerar el CrP (cuando la concentración de ADP es mínima) o se convierte en anhídrido (creatinina), que se excreta a través de la orina¹⁸. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

Siguen Dauval Borges & Aladro Gonzalvo (2004) (1) sosteniendo que la creatina en su modalidad fosforilada, es un compuesto vital para la resíntesis del ATP que se invierte en los instantes iniciales del trabajo físico anaeróbico. (2004:1).

¹⁷ O también denominada reacción de la creatinfosfoquinasa.

¹⁸ Un deportista adulto promedio es capaz de expulsar 1,5 g de anhídrido diario disuelto en la orina.

1.6.2 La creatina como suplemento del rendimiento muscular

La creatina posee propiedades ergogénicas. Es un anabólico que se suministra como suplemento nutricional en deportistas de alto rendimiento o deportes de alta intensidad. Este compuesto permite a los consumidores tandas repetitivas, con tiempos de recuperación muy breve. De esa forma, se gana energía anaeróbica. Su presencia en el cuerpo se relaciona con el trabajo muscular. La creatina (en sus distintas modalidades, polvos, extractos, tabletas, etc.), se emplea como suplemento nutricional para deportistas de alto rendimiento, para mejorar sus resistencia, velocidad, fuerza y sobre todo, la explosividad (gran eficacia en poco espacio de tiempo). Tal es el caso de carreras de velocidad, levantamientos de pesas y lanzamientos varios, como de jabalina o martillo, donde se necesita un gran desarrollo muscular súbito. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

1.6.3 La creatina como sustancia dopante

La creatina no se encuentra en el listado de sustancias consideradas de dopaje, prohibidas por el COI ni por World Anti-Doping Agency (WADA). No obstante, son muchas las voces que consideran su suministro como legal, pero "poco ético". (Naclerio Ayllón, 2001) (15).

El hecho de no estar tachado de dopante ha hecho de la creatina uno de los productos más difundidos entre deportistas de élite y atletas profesionales, toda vez que se considera un producto que potencia la resistencia (particularmente en aquellos deportistas que realicen grandes esfuerzos anaeróbicos). (Hunter, 1928) (19).

No obstante, existen muchos autores que consideran que si bien su ingesta está permitida, no es ético la toma de creatina como suplemento (teniendo en cuenta, que la creatina aparece de forma natural en la dieta de los deportistas). (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

Por otro lado, según ponía de manifiesto Martínez Sanz (2017) (16), aunque muchos de estos suplementos ergonutricionales fuesen legales, pudiesen contener sustancias o estar combinados con otros compuestos que no estuviesen permitidos por la WADA (en particular, sustancias estimulantes y prohormonas). En ocasiones el nivel de contaminación se sitúa entre un 12 y 60 % (2017: 14).

1.6.4 Rendimiento muscular en edad avanzada.

Un estudio en pacientes de edad avanzada fue llevado a cabo por los investigadores Chami & Candow, (2019) (17). En dicha investigación, se analizaron los efectos del suministro de distintas dosis de creatina sobre el rendimiento del músculo esquelético.

Los integrantes de la muestra se sometieron a estudio en un experimento de 10 días. Se distribuyeron según las siguientes dosis:

a) **DOSIS ALTA DE CREATINA**

a. **Creatina:** Cr-H0,3 g/kg/día

b. **Maltodextrina:**0,1 g/kg/día

b) **DOSIS MEDIA DE CREATINA**

a. **Creatina:** Cr-M0,1 g/kg/día

b. **Maltodextrina:**0,3 g/kg/día

c) **PLACEBO** (grupo de control).

a. **Maltodextrina:**0,4 g/kg/día

(Chami & Candow, 2019) (17).

Las conclusiones de dicho estudio revelaron que se produjo un incremento considerable en la resistencia y en la fuerza muscular de los deportistas de avanzada edad que se ofrecieron voluntariamente al experimento. No obstante, los resultados del informe pusieron de manifiesto que, a corto plazo, la suplementación con creatina no tenía efectos sobre el rendimiento muscular sobre dicho grupo de deportistas ante *la ausencia de entrenamiento asociado* (con independencia de la dosis suministrada).

Por tanto dicha tesis sostiene que el suministro de creatina produce un rendimiento asociado relevante siempre que el paciente tenga un mínimo hábito de entrenamiento. (Chami & Candow, 2019) (17).

1.6.5 Fosfocreatina y fatiga

La concentración de fosfocreatina se corresponde con el desarrollo de la fuerza. Su aparición en grandes dosis, puede contribuir a la fatiga. (Carrillo & Gilli, 2011:103) (5).

Sigue Carrillo y Gilli (2011) (5) sosteniendo que las fibras musculares de tipo II disponen de mayores cantidades iniciales de fosfocreatina. Además, su cantidad es superior a las fibras musculares de tipo I. Por otro lado, las de fibra II también presentan mayor empleo de fosfocreatina y glucógena que sus homólogas de fibra I. (2011:103).

Según indicaba (Volek & Kraemer, 1996) (20), la recuperación de la fosfocreatina es más lenta en las de tipo II. La recuperación más lenta de la fosfocreatina y el glucógeno (en tipo II) provoca la disminución de fuerza en actividades de alta intensidad. Asimismo, la mayor pérdida de fosfocreatina y glucógeno entraña una gran reducción de fuerza.

La importancia la resíntesis de la fosfocreatina durante la recuperación, reside en que, para mantener una producción continua de fuerza, " ... *la tasa de resíntesis de fosfocreatina debe aumentar para conservar la potencia y para igualar las mayores demandas de energía requeridas por el músculo activo...*" (Carrillo & Gilli, 2011:103) (5).

Tal y como sostenían (Volek & Kraemer, 1996) (20), los músculos dependen de la fosfocreatina de manera considerable para la producción de ATP, en ejercicios de alta intensidad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Identificar los efectos que produce el suministro nutricional de creatina en el rendimiento deportivo.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar las consideraciones éticas de la aportación supletoria de creatina en deportistas de alto rendimiento.
- Analizar los efectos derivados de la ingesta de creatina en deportistas, ya sean amateurs o profesionales.
- Identificar los efectos de la creatina en deportistas de la tercera edad.

2.3 Preguntas investigables

1. ¿Influye el suministro de creatina en el rendimiento de deportistas de alto rendimiento?
2. ¿Es ético la ingesta de creatina para mejorar la performance en el deporte?

3. Metodología

En primer lugar, y dada cuenta que el presente trabajo se ubica dentro de la investigación en Ciencia Biomédica, la metodología empleada en el presente dossier, es, según (Chuliá Rodrigo & Agulló Pastor, 2012) (21):

- a) **De investigación empírica**, ya que se trata de un trabajo de indagación de modelos de organización en una sociedad.
- b) **De investigación explicativa**. Además, se investiga sobre las relaciones de los miembros de un colectivo, con objetivos e intereses comunes.

Por último, he de afirmar que la metodología se basa en la búsqueda exhaustiva de información, bajo los distintos formatos que se presentan a nuestro alcance.

Internet brinda una oportunidad de oro, a la hora de investigar. Se tratan de repositorios, tesis doctorales y documentos debidamente referenciados. Sobre todo, se ha procurado consultar fuentes fidedignas: tesis y tesinas, fuentes procedentes de universidades públicas y privadas, dossieres de instituciones de reconocido prestigio y manuales

procedentes de alta talla. Se han buscado datos soportados por universidades públicas y privadas, nacionales e internacionales. Se ha empleado el motor de búsqueda Google, en su versión académica.

Se ha procurado evitar los blogs, las páginas no oficiales en internet (existen a miles), y aquellas páginas de dudosa procedencia, cuyos contenidos lejos de ser oficiales, pudiesen ser interpretados como meras opiniones.

Análogamente, se han consultado libros editados (en formato papel) y cuantas revistas, ficheros pdf, repositorios y artículos han caído en mis manos. Para la elaboración del presente TFM se ha seguido una epistemología positivista toda vez que la información que se expone es objetiva y contrastada con las principales fuentes y organismos oficiales.

La metodología se basa en la búsqueda exhaustiva de información, bajo los distintos formatos que se presentan a nuestro alcance.

La metodología empleada en el siguiente trabajo de investigación se rige bajo el artículo de Galán (2006) (22) sobre metodología.

Otros enlaces a metodología, se cita en la siguiente página web:

- <http://www.econstor.eu/handle/10419/54385>

A continuación, se enumeran unas bases gratuitas donde se encuentran artículos de investigación en PDF. Son las fuentes empleadas en el presente trabajo TFM.

- <http://dialnet.unirioja.es/servlet/buscador> (en español)
- <http://www.doaj.org/> (revistas en acceso libre)
- <http://www.scielo.org/php/index.php?lang=es> (Texto completo en español)
- <http://www.redalyc.org/home.oa> (Revistas de texto completo hispanas)
- **REBECA: registros bibliográficos para bibliotecas públicas españolas.**
<http://www.culturaydeporte.gob.es/cultura/areas/bibliotecas/mc/rebeca/portada.html>
- **Repositorios:**
 - **UOC (Universitat Oberta de Catalunya).**
<http://biblioteca.uoc.edu/es/recursos/el-repositorio-institucional-de-la-uoc-o2>.
 - **UGR (Universidad de Granada).** [Digibut](#).
 - **UJA (Universidad de Jaén).** [Sinbad²](#).
 - **ICAI ICADE.** [Universidad Pontificia de Comillas](#).
 - **UV (Universitat de Valencia).** [Roderic](#).
- **Artículos de revistas, con interés especial (Journal Citation Reports).** [JCR](#) (Universidad de Jaén).

- **TESEO: (Tesis doctorales españolas)**
 - <https://www.educacion.gob.es/teseo/irGestionarConsulta.do;jsessionid=64C505ADFD438823781C8B123F634FAE>
 - <http://papers.ssrn.com/sol3/DisplayAbstractSearch.cfm>
 - <http://www.econstor.eu/> (contiene artículos de investigación)

Asimismo, se ha empleado el motor de búsqueda Google, en su versión “Academic”, que permite el filtro de información por fuentes fiables, fechas y autores: <http://scholar.google.es/>

La información científica, en este trabajo expuesto, ha procurado evitar en todo momento informaciones con otro alcance o propósitos, como son:

- **Expresión:** de deseos, emociones, manifiesto de intenciones, relaciones personales o afectos.
- **Opinión:** comentarios personales, exposición de creencias, iniciativas propias o propuestas.
- **Ideología:** manifestación de ideas políticas, revelación de ideas religiosas, ideologías morales o sociales.
- **Propaganda:** difusión de doctrinas con el fin del adoctrinamiento, convencimiento o hacer adeptos.
- **Publicidad:** información dirigida a convencer a clientes y potenciales compradores.
- **Pseudociencia:** colección de supercherías disfrazadas de ciencia.

La primera estrategia de búsqueda consistió en buscar en el Google Academic, palabras clave como “alimentación”.

La revisión bibliográfica ha sido selectiva y crítica. Procura analizar en profundidad los artículos y publicaciones científicas más relevantes, basándose fundamentalmente en la búsqueda de información y su posterior clasificación.

La selección de artículos se llevó a cabo analizando la calidad de cada texto. Asimismo, se procuró que la fecha de elaboración de los estudios fuese lo más reciente posible.

Por último, he de afirmar que en la redacción del presente TFM, se ha evitado emplear estructuras superfluas en el lenguaje. De esta forma, “todos”, incluye a hombres y mujeres, de igual forma que “los alemanes” hacen mención a los varones y mujeres nacidos en el país germano. El término “los deportistas”, no distingue entre mujeres y hombres, haciendo referencia a todo su conjunto.

Por eso, sin ánimo de ofender, se excluirán expresiones “españoles y españolas”, “ciudadanos y ciudadanas”, “andaluces y andaluzas” por no considerarse discriminación de género. Se pretende no “forzar las estructuras lingüísticas” y fomentar el ahorro lingüístico en pro del confort del lector. Así lo puso de manifiesto la Real Academia en el siguiente [artículo](#)¹⁹.

4. Resultados

A continuación se describen los estudios seleccionados en este proceso de revisión bibliográfica dicha materia, haciendo una clasificación “A favor”, “En contra” o “Neutro”. La clasificación no es nada baladí porque ni todos los autores se definen defensores a ultranza, ni todos los escritores se posicionan detractores aférrimos.

Las investigaciones seleccionadas sobre la suplementación con creatina y su efecto sobre el rendimiento muscular, son los siguientes:

4.1 Estudios a favor

Los autores que son partidarios de los efectos beneficiosos de la creatina en la performance deportiva, coinciden que este compuesto es especialmente eficaz cuando se realizan actividades de mucho esfuerzo y corta duración, repetidas en tandas o series. Asimismo, defienden que el suplemento de creatina aumenta considerablemente el nivel de ATP y fosfocreatina en los músculos. Asimismo, la ingesta de creatina mejora considerablemente el rendimiento principalmente en el final de las tandas de actividades, a través de una rápida resíntesis de ATP y fosfocreatina durante el periodo de recuperación. (Carrillo & Gilli, 2011:107) (5) (Ball, Bowen-Thwaites, & Swan, 2005) (Santos M. , y otros, 2001) (23).

Entre las voces que se erigen a favor de la creatina, los hay que defienden que el suministro de creatina antes de la actividad física, constituye, en palabras de Carrillo & Gilli, (2011) (5) “...un estímulo inicial que mejora el rendimiento...” (2011:107). Por otro lado, las reservas de fosfocreatina se almacenan más eficientemente en las distintas tandas o series del ejercicio. (Ball, Bowen-Thwaites, & Swan, 2005) (23).

Otros autores que se muestran a favor del suministro de creatina son:

1. Showrat (2000) registró un aumento de la potencia máxima de un 5% (medidos bajo el test de Wingate), en deportistas suministrados. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).

¹⁹ Texto íntegro disponible en <http://www.educacionyculturaaz.com/cultura/la-rae-rechaza-el-uso-de-todos-y-todas> [Fecha de consulta, marzo 2019]

2. Los doctores Mesa, Gutierrez y Castillo, pertenecientes a la UGR, en un estudio bibliográfico de las opiniones vertidas al respecto por autores de renombre, concluyen que el suplemento de la sustancia es fiable, eficaz y seguro. (Mesa Mesa, Jonatan Ruíz Ruíz, Castillo Garzón, & Gutiérrez Sáinz, 2001) (24)
3. Harris (1992) (25) consideró que el suministro de 30g diarios de monohidrato de creatina durante una semana, podría incrementar los niveles de creatina intramuscular y su derivado fosforado en al menos un 17%. (Harris, 1992) (25).
4. El Doctor Mark A. Tarnopolsky (2000) (26) sostiene que el suplemento de creatina retarda la aparición de la glucogenólisis y amortigua la caída del pH en el sarcoplasma. Por tanto, el suplemento de creatina estimula la eficacia en los procesos de transmisión y absorción de energía.
5. M. Kern et al (2001) (27) sostuvieron que sus estudios concluían que, si bien la suplementación con creatina lleva aparejado el incremento de peso corporal de los deportistas tratados tras el consumo prolongado de creatina, esta no produce efectos secundarios tales como deshidratación, calambres ni agotamiento como otros autores apuntan, Santoja Gómez et al. Enciclopedia de Nutrición. Guía práctica, (2002) (46). Y, por otro lado, la suplementación con creatina puede mejorar la regulación térmica durante el ejercicio a temperaturas elevadas. (Kern, Podewils, M, & Buono, 2001) (27).
6. Dos Santos et al (2001) (28) sostuvo que la incorporación de creatina mejoró la potencia máxima de los deportistas hasta en un 12 % y la velocidad máxima se incrementó al menos un 11% (en actividades que requieren un esfuerzo pleno de máximo 10 segundos, como el levantamiento de pesas o lanzamiento de jabalina). (Dos Santos, 2001) (28)
7. Iquel et al (2002) argumentaron que en las conclusiones de sus estudios destacaron el aumento de la potencia muscular, (debida a la mayor disponibilidad del creatinfosfato) y una reducción del fosfato inorgánico. Asimismo, sostuvieron que el nivel de pH bajaba considerablemente potenciando la transducción de energía. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).
8. Martínez Sanz (2017) (16) defiende el consumo de creatina y otros suplementos ergonutricionales. De hecho sostiene que *".. sólo unos pocos suplementos han demostrado su eficacia, como la creatina, cafeína, bicarbonato y soluciones de carbohidratos y electrolitos"*. (Martínez Sanz, 2017:100) (16). Asimismo expone que *"En la actualidad algunas sustancias han demostrado mejorar el rendimiento deportivo (creatina, cafeína, el bicarbonato, suplementos dietarios líquidos, bebidas y barras deportivas), pero existen otras que no tienen estos efectos"*.

(Martínez Sanz, 2017:12) (16). Se pone de manifiesto, por tanto, la postura a favor del mencionado autor.

9. Otros:

- a. (Kreider, 1998) (29)
- b. (Greenwood, Kreider, Earnest, Rasmussen, & Almada, 2003) (30)
- c. (Jon Yeansub, 2005) (31)
- d. (Hopwood, Graham, & Rooney, 2006) (32)

4.2 Estudios a favor y en contra

Otros autores sostienen que cuando se incorpora creatina en la dieta de los atletas, el organismo deja de sintetizarla de forma súbita, toda vez que le aporte extraordinario cubre todas sus necesidades. Cuando se suspende la toma, el organismo vuelve a sintetizarla de forma natural. No obstante, un abuso de creatina prolongado, podría derivar que el organismo no volviese a producir tal sustancia de manera irreversible. (Kreider, 1998) (29).

Por otro lado Kreider (1998) (29) sostiene que la ventana del suplemento de creatina radica en que aumentan los niveles de concentración en el músculo y aparecen derivados fosforados hasta en un 40%. Por tanto la disponibilidad de energía tras una actividad de alta intensidad es considerable.

El Doctor Kreider apoya el suplemento de creatina en deportistas. Añade sus comentarios sobre los autores que han descalificado esta sustancia, considerandola como sustancia dopante (o al menos una sustancia de ingesta poco ética), y afirma que se han basado en variantes de la creatina comerciales, con calidad muy baja.

Los estudios “neutros” son:

1. Por su parte Jacomet (2001), argumentó que la ingesta de 20 gramos al día de creatina aumentaba un 20% la concentración de creatina en músculo y de creatínfosfato en el musculo esquelético. Sin embargo, sostenía que sobredosis de creatinina, aunque eran excretadas por la orina, suponían un riesgo potencial para los riñones.
2. De igual forma, Padilla y Mújica estimaron que la suplementación con Cr rebasaba el margen de adaptación del deportista profesional. Defendieron su suministro por no ser considerado dopaje, pero admitieron que los deportistas que toman estos suplementos, aumentan de peso por aumentar el volumen de retención de agua del organismo. (Mujika & Padilla, 2001) (33)

4.3 Estudios en contra

Entre los detractores del suplemento ergonutricional de la creatina, se encuentran Levesque, Kenefick, & Quinn, (2007) (34). En su estudio demostraban que el incremento de fosfocreatina y el aumento de creatina mediante suministro artificial, fracasaban durante experimentos llevados a cabo por ciclistas de alto rendimiento, en *sprints* repetidos de ciclismo, sin recuperación completa entre sprint y sprint.

Según este experimento, se consideraba que la falta de efecto ergogénico tras el suministro de creatina se debía al protocolo mismo del ciclismo de alta competición: se emplea actividad intensa entre sprint y sprint en vez de actividad de baja intensidad o ninguna actividad. (Ayllón & Fernando, 2007) (35).

Según (Syrotuik & Gordon, 2004) (36) la suplementación con creatina está sujeta a un perfil fisiológico de los deportistas consumidores: existen atletas a los que se le calificaba de “respondedores a la creatina” y otros deportistas en cambio, se clasificaban como “no respondedores”.

Los primeros respondían al siguiente modelo, a saber:

- a) Perfil bajo en niveles iniciales de creatina y fosfocreatina.
- b) Mayor presencia de fibras tipo II.
- c) Mayor área de sección transversal de las fibras musculares²⁰.
- d) Mayor volumen de masa magra.

Los no respondedores, atendían al siguiente perfil:

- a) Menor proporción de fibras musculares Tipo II.
- b) Menor área de sección transversal de fibras musculares.
- c) Menor volumen de masa magra. (Bird, 2003) (37).

Por tanto, los autores que cuestionan la eficiencia del suministro de creatina, sostienen que depende mucho de la fisionomía del individuo deportista que consuma la sustancia sometida a estudio.

Entre los autores que se postulan en contra del suplemento creatínico están:

1. Williams, M. (1992) (38) por su parte, demuestra que la ingesta oral de creatina en deportistas de actividades de alto rendimiento, no tienen efectos ergogénicos. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).
2. Williams, M. (1992) (38) consideró que la incorporación de la creatina como suministro de los atletas podría haber entrañado los éxitos de los atletas ingleses

²⁰ Especialmente las de pre-carga, según (Carrillo & Gilli)

- en velocidad en las pruebas de principio de los noventa. (Williams, 1992)²¹. Su postura insinuaba que el suministro de dicho compuesto podría interpretarse como una “treta” poco ética. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1).
3. La investigadora Del Castillo (2000) (39), se posicionó en contra de la ingesta de creatina como suplemento, toda vez que el organismo es capaz de sintetizar dicho compuesto. Asimismo, defendió la incorporación de creatina de forma natural, a través de carnes y pescados (especialmente el salmón), ricos en dicho compuesto. Tachó de “poco ético” el suministro de creatina en deportistas sanos. (Del Castillo, 2000) (39).
 4. Un trabajo anónimo en *Prescrire International* (2002) ²² sostiene que el consumo prolongado de creatina pudiese degenerar en problemas de regulación del nervio vago²³. (Dauval Borges & Aladro Gonzalvo, 2004) (1)
 5. Watsford y otros (2003) (41) no observaron cambios significativos en la ingesta de creatina como suplemento de deportistas, en acciones cortas e intensas. La mejora de la resistencia se debía al entrenamiento previo de los atletas.
 6. Por otro lado, destacaron la correlación entre la aparición de mayor peso corporal al aumentar el volumen de agua retenida por el organismo, que podía entrañar entumecimiento de los tendones musculares y aparición de lesiones. (Watsford, Murphy, WL, & Walshe, 2003:31-32) (41).
 7. Bortoli (2003) (42) consideró que la incorporación de estos suplementos artificiales una falta de respeto al mundo del deporte, tachando de poco ético dicha práctica ante las normas que rigen la buena praxis en el deporte. Pretendió ser respetuosa con los argumentos de los autores que sostienen la inocuidad de la creatina, y destacó que, aunque el COI no lo considerase sustancia dopante prohibida, no implicaba que su ingesta fuese saludable o incluso recomendable. (Bortoli, 2003) (42)
 8. Palermo (2003) (43) en un vasto trabajo (nada basto) sobre la definición de dopaje, argumentó de la creatina una “... sustancia para el mejoramiento artificial del resultado deportivo...”, por lo que insinuaba su postura en contra de dicho suplemento. (Palermo, 2003) (43).

²¹ También aparece citado en (Santos, López de Viñaspre, González de Suso, Moreno, & Alonso, 2001)

²² Vid. <http://english.prescrire.org/en/Summary.aspx> [Fecha de consulta, 17 de marzo de 2019]

²³ Aquel que se extiende desde el bulbo raquídeo a las cavidades del tórax y el abdomen.

Estudio	Principales resultados	Opinión sobre el uso de la creatina
Carrillo, P., & Gilli, M. V. (junio de 2011). Los efectos que produce la creatina en la performance deportiva (5).	La ingesta de Cr mejora considerablemente el rendimiento.	A favor
Ball, S. D., Bowen-Thwaites, J., & Swan, P. D. (2005). Oral Creatine Supplementation Does not Improve Body Composition in Recreationally Active Men during Strength Training (23).	La ingesta de Cr mejora considerablemente el rendimiento.	A favor
Dauval Borges, C. J., & Aladro Gonzalvo, A. (2004). Creatina: ¿suplementación natural o dopaje? (1).	Aumento de la potencia máxima 5%, aumento de la potencia muscular, reducción del fosfato inorgánico y disminución del pH favoreciendo la transducción de energía.	A favor
Mesa Mesa, J. L., Jonatan Ruíz Ruíz, J. H., Castillo Garzón, M. J., & Gutiérrez Sáinz, A. (2001). Creatina como ayuda ergogénica. Efectos adversos. <i>Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte</i> (24).	Es suplemento con Cr es fiable, eficaz y seguro.	A favor
Harris, R. (1992). Elevation of Creatine in Resting and Exercised Muscle of Normal Subjects by Creatine Supplementation (25).	30g diario de monohidrato de creatina durante una semana podía incrementar los niveles de creatina intramuscular al menos un 17%.	A favor
Tarnopolsky, M. (2000). Potential benefits of creatine monohydrate supplementation	El suplemento de Cr retarda la	A favor

in the elderly (26).	aparición de la glucogenólisis y amortigua la caída del PH en el sarcoplasma.	
Kern, M., Podewils, L., M, V., & Buono, M. (2001). Physiological response to exercise in the heat following creatine supplementation (27)	El incremento de peso corporal de los deportistas tratados tras el consumo prolongado de Cr, se debía a un aumento del volumen de agua en el organismo.	A favor
Dos Santos, M. (2001). <i>Estudio del Metabolismo Energético Muscular y de la Composición Corporal de Atletas por Métodos no Destructivos</i> (28).	La incorporación de Cr mejoró la potencia máxima de los deportistas hasta en un 12 % y la velocidad máxima se incrementó al menos un 11%.	A favor
Martínez Sanz, J. M. (2017). <i>Valoración dietético-nutricional en deportes de resistencia y caracterización de los suplementos ergonutricionales</i> (16).	La Cr mejora el rendimiento.	A favor
Kreider, R. (1998). Creatine supplementatio: Analysis of ergo-genic value, medical safety, and concerns (29).	La suplementación con Cr parece ser una estrategia nutricional segura y efectiva para mejorar el rendimiento del ejercicio.	A favor
Greenwood, M., Kreider, R., Earnest, C., Rasmussen, C., & Almada, A. (2003). <i>Differences in creatine retention among three nutritional formulations of oral creatine supplementation</i> (30).	La retención de Cr mejora tras la suplementación con Cr.	A favor

<p>Jon Yeansub, L. (2005). <i>Efectos de la Suplementación con Creatina sobre la Composición Corporal, la Fuerza y la Potencia Muscular</i> (31).</p>	<p>La suplementación con Cr conjuntamente con un buen programa de acondicionamiento puede ser una forma efectiva de mejorar el rendimiento atlético en jugadoras universitarias de voleibol.</p>	<p>A favor</p>
<p>Hopwood, M., Graham, K., & Rooney, K. (2006). <i>Creatine Supplementation and Swim Performance: A Brief Review</i> (32).</p>	<p>Existe un beneficio potencial de la suplementación con Cr en el rendimiento del conjunto de nado de intervalo repetido.</p>	<p>A favor</p>
<p>Kreider, R. (1998). <i>Creatine supplementatio: Analysis of ergo-genic value, medical safety, and concerns</i> (29).</p>	<p>La suplementación con Cr en atletas hace que el organismo deje de sintetizarla mientras dure la suplementación. La suplementación con Cr aumenta la disponibilidad energética tras entrenamientos de alta intensidad.</p>	<p>A favor y en contra</p>
<p>Mujika, I., & Padilla, S. (marzo de 2001). <i>Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans</i> (33).</p>	<p>La suplementación con Cr rebasaba el margen de adaptación del deportista profesional. Defendieron su suministro por no ser considerado dopaje, pero</p>	<p>A favor y en contra</p>

	admitieron que los deportistas que toman estos suplementos, aumentan de peso por aumentar el volumen de retención de agua del organismo.	
Levesque, D., Kenefick, R., & Quinn, T. J. (2007). <i>Creatine Supplementation: Impact on Cycling Sprint Performance</i> (34).	La suplementación con PC y Cr fracasan en experimentos con ciclistas de alto rendimiento en sprints repetidos sin recuperaciones completas.	En contra
Syrotuik, D., & Gordon, J. (2004). <i>Acute Creatine Monohydrate Supplementation: A Descriptive Physiological Profile of Responders vs. Nonresponders</i> (36).	La suplementación con Cr está sujeta a un perfil fisiológico del deportista, existiendo atletas respondedores de creatina y no respondedores.	En contra
Williams, M. (1992). Ergogenic and ergolitic substances (38).	La ingesta oral de Cr en deportistas de actividades de alto rendimiento, no tienen efectos ergogénicos. Considera la suplementación con Cr de "poco ética".	En contra
Del Castillo, V. (febrero de 2000). Monohidrato de Creatina. ¿Un suplemento para todos? (39).	Considera la suplementación con Cr de "poco ética".	En contra

<p>Watsford, M., Murphy, A., WL, S., & Walshe, A. (Feb de 2003). Creatine supplementation and its effect on musculotendinous stiffness and performance (41).</p>	<p>No observaron cambios significativos en la ingesta de creatina como suplemento de deportistas, en acciones cortas e intensas.</p>	<p>En contra</p>
<p>Bortoli, L. (2003). Intensity, idiosyncratic content and functional impact of performance-related emotions in athletes. <i>Journal of Sports Sciencies</i> (42).</p>	<p>Considera la suplementación con Cr de “poco ética”.</p>	<p>En contra</p>
<p>Palermo, J. (2003). <i>Aspectos legales del doping</i> (43).</p>	<p>Considera la suplementación con Cr de “poco ética”.</p>	<p>En contra</p>

5. Discusión

En este epígrafe se ponen de manifiesto de explicar los resultados que se obtienen de la investigación.

Atiende a analizar el significado de los mismos, la interpretación y el análisis de las conclusiones y la comparación de los resultados obtenidos con los distintos estudios consultados.

Asimismo, se expondrán las implicaciones teóricas y prácticas que pueda tener la investigación.

Por otro lado, se procura dejar evidencia de lo que se ha encontrado, y expresar además todo aquello que no ha sido posible debido a las limitaciones del estudio.

5.1 Creatina en los deportes

Los deportes en los que más se emplea dicho suplemento, son el squash, el fútbol y el fútbol americano. (Jon Yeansub, 2005) (31).

En el caso de la natación, no parece haber mejora del rendimiento en un único sprint. No obstante, los efectos de la creatina parecen ser evidentes en el caso de tandas de repetición o series. En las modalidades mariposa y braza, la demanda energética es tan grande que el suministro de creatina ergonutricional podría ser mucho más eficiente que en otras modalidades que requieran menos energía, como el estilo libre. (Izquierdo, Ibañez, González Badillo, & Gorostiaga, 2006) (44).

En un estudio en jugadoras universitarias de voleibol, se comprobaron mejores resultados en rendimiento, especialmente en salto vertical y fuerza máxima, según apuntaban Syrotuik & Gordon, (2004) (36).

Sin embargo, en carreras múltiples, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control realizado en un experimento sobre la relación de fatiga y concentración de lactato, en un estudio elaborado por (Havenetidis, 2005) (45), donde se suministraba monohidrato de creatina para analizar sus posibles beneficios.

De igual forma, otro estudio puso de manifiesto la falta de resultados del suministro de la creatina, ya que no hubo diferencias dignas de mención entre los grupos experimental y de control, en cuanto a velocidad de carrera.

No obstante, la falta de resultados no tiene porqué deberse a una ineficacia del suministro. En ocasiones el número de repeticiones de la actividad física no es suficiente como para poder determinar la eficacia de la ingesta de creatina de

forma artificial (no se da tiempo suficiente de descanso para que ocurra un vaciamiento acumulativo de fosfocreatina).

En el balonmano se producen fases anaeróbicas muy intensas pero muy breves, (de hasta 3 segundos de duración), durante operaciones como el salto, el desmarque y el lanzamiento a portería. Dichas fases están seguidas de fases aeróbicas de recuperación. Un estudio de Izquierdo *et al* (2006) (44), puso de manifiesto que la suplementación con creatina si es beneficiosa para el rendimiento deportivo, si bien no existen mejorías en la fuerza máxima de las extremidades superiores. Tampoco resulta significativa en carrera. (Izquierdo, Ibañez, González Badillo, & Gorostiaga, 2006) (44).

5.2 La suplementación Terapéutica con creatina

La recomendación general es tomar **5 gramos diarios**. Se considera suficiente para lograr el efecto deseado y es totalmente segura. Si se quiere más precisión en la toma el consumo de creatina recomendado es de 0,08 gramos de creatina por kg de peso.

Muchos estudios utilizan una fase inicial de carga, con dosis aproximadas de 20g/día para saturar rápidamente las reservas, pasando después a la dosis de mantenimiento (5g/día aproximadamente).

El entrenamiento en la fase de carga puede influir en el nivel de absorción del compuesto sometido a estudio. Los deportistas con un gran nivel de entrenamiento, no precisan periodos de carga toda vez que presentan niveles intramusculares considerables. Aquellos deportistas amateurs o los no entrenados, deberían tomar en los primeros 7 días una dosis (denominada “de carga”) en torno a 20 a 25 gr, a razón de 4 g/día.

Los estudios acerca del suministro de la creatina deben considerar, según Jon Yeansub, (2005) (31):

- a) El nivel de entrenamiento de los deportistas.
- b) La edad.
- c) El deporte que practican.

Por otro lado, Hopwood, Graham, & Rooney (2006) (32) admiten que el nivel máximo de creatina en el organismo se alcanza “... *una hora después de la ingesta...*”²⁴

²⁴ Tal y como se cita en (Carrillo & Gilli)

El consumo de dicho suplemento deberá realizarse según el siguiente esquema, a saber:

- a) Entrenamientos cortos e intensos → A principio del entrenamiento (junto con bebidas ricas en hidratos de carbono²⁵, en al menos un 8%).
- b) Entrenamientos largos, de resistencia o velocidad específica → Durante el entrenamiento (junto con bebidas ricas en hidratos de carbono, en al menos un 8%).
- c) Entrenamientos con intensidad media y volumen intenso²⁶ → inmediatamente después del esfuerzo²⁷. (Hopwood, Graham, & Rooney, 2006) (32).

No se debe de consumir después de comer. El pH del estómago aumenta a niveles de 3-5, que maximiza la degradación de la creatina según un estudio de Robert Keith Cannan et al. *The creatine-creatinine equilibrium. The apparent dissociation constants of creatine and creatinine*, 1928. Es mejor tomarla con el estómago vacío (pH muy bajo) o con unos pocos gramos de bicarbonato (pH muy alto) según apunto el estudio de Barber James J, et al. *Effects of Combined Creatine and Sodium Bicarbonate Supplementation on Repeated Sprint Performance in Trained Men*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2013.

Los días de descanso se puede dejar de tomar o reducir su dosis a la mitad, dependiendo de la intensidad de los entrenamientos y el objetivo que se persiga.

Por último, destacar que tal y como sostenían Greenwood, Kreider, Earnest, Rasmussen, & Almada, (2003) (30), el consumo de creatina muscular a suministrar depende de la cantidad de creatina muscular inicial, así como del incremento en la secreción de insulina estimulado por la glucosa.

5.3 Alteraciones en el pH y acumulación de lactato

Tal y como sostenían Carrillo y Gilli (2011) (5), la acumulación de lactato en el musculo provoca la disminución de la potencia en actividades de intensidad alta. La presencia de dicho ácido disocia el anión lactato del catión de Hidrógeno (H⁺), lo que deriva en una disminución del pH del músculo. Una reducción del pH entraña episodios de fatiga en

²⁵ Levesque, Kenefick, & Quinn (2007) sostenían que la creatina combinada junto con bebidas ricas en hidratos de carbono, podrían aumentar los efectos de la misma.

²⁶ Para entrenamientos de resistencia con gran componente aeróbico.

²⁷ Si se pretende ganar velocidad de transferencia energética, suministrar de 45 a 60 minutos previos al entrenamiento.

distintos órganos. Asimismo, una disminución del pH tiene gran cantidad de efectos a nivel intracelular y extracelular. (2011:103).

Un incremento de los cationes de hidrógeno incide directamente sobre el aparato contráctil involucrado²⁸. La acidosis también interviene en determinadas reacciones como la creatín fosfoquinasa (reacción de equilibrio, según Carrillo (2011)). La acidosis degenera en una depleción más pronta de fosfocreatina. Por otro lado, el incremento de iones [H⁻] junto con la disminución de pH, inhiben las dos siguientes enzimas, que intervienen en la glucólisis:

- a. La fosforilasa.
- b. La fosfofructoquinasa.

Analizando los resultados, se obtiene como conclusión que la acumulación de lactato e iones [H⁻] degeneran en una reducción de la capacidad del músculo para generar fuerza. (2011:103).

5.4 Insulina vs Creatina

Según determinados estudios, el consumo de la creatina muscular depende de:

- a) El volumen de creatina muscular previo al aporte.
- b) El incremento en la secreción de insulina, potenciado por la glucosa.

Greenwood, Kreider, Earnest, Rasmussen, & Almada, (2003) (30) aseguraron que el suministro ergonutricional de la creatina junto con elevadas dosis de glucosa o combinaciones de proteínas y glucosa, podrían aumentar de forma notoria la presencia de creatina en depósito.

5.5 Efectos secundarios del suministro de creatina

Parece indiscutible que la ingesta continua de creatina eleva la masa corporal del organismo (así lo manifiestan gran cantidad de estudios, como Santos M. , y otros, (2001) (28) y (Syrotuik & Gordon, (2004) (36). Asimismo, estos dos autores sostenían el aumento de la masa magra.

No obstante, no consideraban el incremento de masa magra como significativa , autores como Havenetidis, (2005) (45).

Muchos científicos defienden que no existen evidencias para sostener que la creatina tenga efectos adversos. (Kreider, 1998) (29) y (Jon Yeansub, 2005) (31). Dichos escritores justifican el aumento de peso corporal tras la ingesta de

²⁸ Ya sea el calcio o la miosina adenosintrifosfatasa, según Carrillo y Gilli (2011)

creatina, debido al aumento del volumen de agua en el organismo, particularmente en las ubicaciones intracelulares de los músculos. Muchos estudios relacionan el aumento de agua en el organismo con el incremento de carga osmótica debido al efecto de la creatina en el interior de la célula. (Jon Yeansub, 2005) (31).

Por otro lado, existen autores que detallan contraindicaciones y efectos adversos. Según Santoja Gómez & López Villanueva, (2002) (46), un abuso en la ingesta de creatina, puede entrañar los siguientes efectos secundarios: (2002:122)

- a) Aumento de peso.
- b) Calambres en músculos.
- c) Dolor abdominal gastrointestinal.
- d) Deshidratación y desecación.
- e) Desórdenes renales.
- f) Retención de líquidos.

No obstante muchos de estos efectos adversos han sido anecdóticos, puntuales y esporádicos. Además estas tesis no siempre están avaladas por métodos estadísticos de investigación operativa (grupo experimental, grupo de control), sino que se basan en la mera observación.

En cualquier caso, parece no haber efectos negativos de gran calibre, ni reacciones adversas dignas de mención. (Carrillo & Gilli, 2011:109) (5).

Por lo tanto, pocos suplementos ofrecen más garantías de seguridad que la creatina como apuntan multitud de estudios²⁹.

5.6 Resultados de la encuesta de Carrillo y Gilli

Los autores Carrillo & Gilli (2011) (5), llevaron a cabo en gimnasios de la ciudad de Pergamino (provincia de Buenos Aires) una encuesta en 2011. Sin ánimo de pretender extrapolar los resultados, se ha estimado a bien al menos, registrar sus conclusiones. La mencionada encuesta obtuvo los siguientes resultados:

- a) El consumo está muy ligado al sexo. Más del 70% de varones admitieron haber consumido dicha sustancia. En cambio, tan sólo un 13% de las mujeres consumió alguna vez dichos suplemento.
- b) La edad también influye: hasta un 75% de los deportistas mayores de 30 años, respondieron afirmativamente a su consumo. En el intervalo entre 22 y 29 años, tan sólo el 37 % admitió su ingesta.

²⁹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23680457>

- c) El 45 % de los encuestados, sostuvieron que el consumo atendía a un aumento de la masa muscular. El 36 %, por temas de rendimiento y el resto, por ambos motivos.
- d) El 49 % consumieron una carga inicial. El 45 % de los encuestados admitieron consumir antes y después de entrenar (casi el 26% antes, y el resto sólo después del entrenamiento).
- e) El 64 % de la población, admitió haber tomado creatina junto con bebidas deportistas ricas en hidratos de carbono.
- f) Hasta un 85% de los encuestados obtuvieron los resultados esperados en volumen muscular y rendimiento.
- g) Un 34 % del grupo entrevistado, aseguró haber tenido algún efecto secundario, principalmente aumento de peso, seguido de calambres en músculos³⁰.

6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación

Las nuevas líneas de investigación pasan precisamente por el estudio del efecto de la creatina en otros deportes. (Izquierdo, Ibañez, González Badillo, & Gorostiaga, 2006) (44) realizaron un estudio exhaustivo en deportistas del balommano, y existen otros análisis en squash, fútbol, y fútbol americano. Asimismo existen otros estudios acerca del ciclismo y otros propios de la natación. Como no podría ser de otra forma, existen grandes estudios en deportes de exhibición como el culturismo.

Sin embargo no parece haber literatura académica al respecto de otros deportes que podrían obtener grandes resultados. Se tratan de deportes en los que es necesario un gran esfuerzo físico breve pero intenso: tal es el caso de deportes de competición, donde es necesario consumir grandes dosis de creatina en breves espacios de tiempo, donde el esfuerzo es máximo. En el caso del baloncesto, requieren grandes esfuerzos breves e intensos en el lanzamiento a canasta, finta y tiro. Asimismo, el kárate requiere grandes esfuerzos intensos a la hora de batir al contrincante. De igual forma, no existen grandes estudios relativos al rendimiento deportivo en el tenis y el consumo de creatina.

6.1 Diseño de un estudio:

HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

La suplementación con creatina con una dosis de 0,08gr x kg de peso en tres tomas al día durante 8 semanas en deportistas populares o de alto rendimiento provoca beneficios ya sea mejorando los tiempos de carrera, o mejorando la recuperación post carrera, en carreras de larga duración (maratón) con respecto a las personas que llevan

³⁰ Ninguna mujer consumidora admitió haber sufrido efectos adversos.

una dieta normal.

- **OBJETIVOS**

Principal: Identificar los efectos que produce el suministro nutricional de creatina en el rendimiento deportivo en pruebas de larga distancia: maratón.

Específicos:

- Analizar los efectos derivados de la ingesta de creatina en deportistas, ya sean amateurs o profesionales.
- Identificar los efectos de la creatina en deportistas mayores de 50 años.

- **PREGUNTA PICO:**

¿En atletas de maratón donde cada vez más existen esfuerzos cortos e intensos sobre todo en el tramo final de la competición, la suplementación con creatina frente a la no utilización de tal suplemento alimenticio, tiene efectos demostrables en el rendimiento deportivo?

MATERIAL Y MÉTODO

- **TIPO DE ESTUDIO:** Estudio controlado aleatorizado doble ciego.
- **DURACIÓN DEL ESTUDIO:** Tendría una duración de 10 semanas.
- **POBLACIÓN DE ESTUDIO:** En el estudio tendríamos un grupo de maratonianos (grupo experimental) de diferentes grupos de edad: 30-35, 40-45, 50-55 y 60-65 años de diferentes niveles (amateurs/profesionales) que van a recibir suplementación con creatina a razón de 0,08gr x Kg de peso al día repartido en 3 tomas: una en ayunas, otra antes de entrenar y otra justo después del entrenamiento. Y otro grupo (grupo de control) de los mismos grupos de edad donde no se va a realizar ninguna suplementación con creatina.
- **VARIABLES DEPENDIENTES (VD):**
 - Dieta con suplementación con creatina en adultos sanos.
 - Dieta normal sin suplementación: adultos sanos con dieta normal.
- **VARIABLES INDEPENDIENTES (VI):**
 - IMC al inicio y al final del estudio.
 - Parámetros sanguíneos que permitan evaluar el estado de salud y fisiológico antes y después de la competición.
 - Valores antropométricos, al inicio y al final del estudio.
 - Valores de consumo máximo de oxígeno ($Vo_{2m\acute{a}x}$) al inicio y al final del estudio.
 - Valores de salto vertical como índice de recuperación post entrenamiento durante las sesiones de entrenamiento y post competición.

6.2 Estudios de interés.

Por citar alguno estudio, se describe un estudio sobre la suplementación con creatina relacionado con el aumento en el número de células satélite y mionucleotidos en el músculo esquelético humano inducido por el entrenamiento de fuerza o dicho de otras palabras el aumento de de la fibra muscular inducido por la suplementación con Cr y el trabajo de fuerza. Steen Olse et al. J. Physiol. *Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training*, 2006.

- **Objetivo del estudio:** investigó la influencia de la creatina y la suplementación de proteínas en la frecuencia de las células satélite y el número de mionucleotidos en el músculo esquelético humano durante 16 semanas de entrenamiento de alta resistencia.
- **Población diana:** 41 sujetos masculinos sanos, hombres (19–28 años).
- **Sistema de recogida de datos:** registro del consumo de creatina en deportistas. Anotación de las dosis ingeridas (antes y después del entrenamiento).
- **Variables de estudio:**

Los sujetos se asignaron de forma aleatoria y doble ciego a uno de los tres regímenes de suplementos iso-calóricos: creatina (STR-CRE) (n = 9), proteína (STR-PRO) (n = 8) o placebo (STR-CON) (n= 8). Los sujetos restantes se asignaron a un grupo de control sin suplementos (CON) (n = 7) que no entrenó. Los sujetos entrenados durante 16 semanas y las biopsias musculares se obtuvieron antes del inicio del período de entrenamiento, y después de 4, 8 y 16 semanas de entrenamiento de fuerza con resistencia pesada.

La suplementación se administró diariamente (STR-CRE: 6–24 g de monohidrato de creatina, STR-PRO: 20 g de proteína, STR-CON: placebo). Además, la ingesta de proteína/placebo cronometrada se administró en todas las sesiones de entrenamiento. Las biopsias musculares se obtuvieron en la semana 0, 4, 8 (semana 8 no CON) y 16 de entrenamiento de resistencia (3 días por semana)

Las células satélites se identificaron por inmunohistoquímica. El área de la fibra muscular media (MFA) se determinó después del análisis histoquímico. Se encontró que todos los regímenes de entrenamiento aumentan la proporción de células satélite, pero se observaron mejoras significativamente mayores con la suplementación con creatina en la semana 4 (en comparación con STR-CON) y en la semana 8 (en comparación con STR-PRO y STR-CON) ($P < 0.01-0.05$). En la semana 16, el número de células satélite ya no estaba elevado en STR-CRE,

mientras que se mantuvo elevado en STR-PRO y STR-CON. Además, la suplementación con creatina dio como resultado un aumento en el número de mionucleotidos por fibra y aumentos de 14 a 17% en MFA en la semana 4, 8 y 16 ($P < 0.01$). En contraste, STR-PRO mostró aumento en MFA solo en las últimas (16 semanas, + 8%) y STR-CON solo en las primeras fases (semana 4, + 14%) del entrenamiento, respectivamente ($P < 0.05$). En STR-CRE se encontró una relación positiva entre los aumentos porcentuales en MAE y mionucleos desde el inicio hasta la semana 16, respectivamente ($r = 0,67$, $P < 0.05$). No se observaron cambios en el grupo control (CON).

- **Valoración de los Resultados:** Se demuestra que la suplementación con creatina en combinación con el entrenamiento de fuerza amplifica el aumento inducido por el entrenamiento en el número de células satélite y la concentración de mionucleotidos en las fibras musculares esqueléticas humanas, lo que permite un mayor crecimiento de las fibras musculares en respuesta al entrenamiento de fuerza.

Otros estudios de interés.

Por otro lado, también se considera un estudio altamente instructivo, el análisis del suplemento de creatina en caso de deterioro muscular o lesión. En este caso, existe gran cantidad de documentación, si bien no se ha seleccionado ninguna publicación por no ser el target del presente texto.

Asimismo, en el siguiente artículo de Chami J, Candow DG, *Effect of Creatine Supplementation Dosing Strategies on Aging Muscle Performance*, 2019 (17) se pone de manifiesto la suplementación con creatina en deportistas en la tercera edad.

Parecería altamente interesante seguir indagando en esa misma línea (en el presente texto tan sólo se ha hecho mención en el comienzo del marco teórico (punto 3), y del que no se ha profundizado más por no ser el objetivo fundamental del presente trabajo de investigación.

Por último, se estima interesante por haber llamado poderosamente la atención, uno de los resultados de la encuesta de Carrillo y Gilli (2011) (5). En sus últimos registros, sostuvieron que ninguna mujer encuestada (que había consumido creatina) admitió en su entrevista haber padecido efectos secundarios provocados por la ingesta de dicho suplemento. Tras esta tesis, se plantea la siguiente cuestión:

¿Existirá alguna relación de la ingesta de creatina, los efectos de rendimiento y performance con el género de los deportistas?

Consideraciones éticas:

En este apartado se concluyen los distintos resultados sobre la ética en el consumo de

creatina en el deporte.

La creatina no es una sustancia prohibida ni dopante, considerada por los organismos COI ni WADA.

Muchos autores consideran poco ético la ingesta de dicho suplemento. Desde mi perspectiva personal, considero que la suplementación de creatina es beneficiosa y su consumo no atenta contra ninguna moralidad. Es una sustancia accesible, que se presenta bajo multitud de formatos, asequible y económica.

No se han advertido efectos adversos más allá del aumento de peso (por el aumento de retención de líquidos y algunos otros considerados meramente anecdóticos).

Yo he sido consumidor habitual de creatina y por eso mi interés acerca de este suplemento. Tras este análisis tengo a bien sostener que sigo y seguiré tomando creatina por ser evidente los efectos que esta sustancia presenta ante el rendimiento y el volumen muscular.

7. Conclusiones

El aporte de creatina es eficaz en tandas deportivas de repetición con esfuerzo muy intenso pero breve. Son muchos los estudios que avalan que deportistas mejoran el rendimiento con la suplementación en actividades de este tipo (balonmano, squash, fútbol, fútbol americano, ciclismo, etc.).

La creatina parece ser más eficaz en combinación de bebidas deportivas ricas en hidratos de carbono.

Si bien parece no tener efectos adversos, si parece demostrado que los consumidores habituales suelen ganar peso, debido a la mayor retención de líquido intracelular en el sarcoplasma.

La creatina tiene efectos beneficiosos para el deporte tanto en deportistas de alto nivel como amateurs.

Las consideraciones éticas generan conflicto entre determinados autores: muchos consideran que, si bien la creatina no es considerada sustancia prohibida por la WADA ni el COI, no es moral su ingesta desde que la diferencia competitiva de los atletas debe estar fomentada desde el esfuerzo, el tesón, la constancia y la dedicación. Que el aporte de sustancias ergonutricionales (aun permitidas por el COI), pudiesen no ser éticos, desde que muchas sustancias pueden ser consumidas de forma natural en la dieta de los deportistas (en particular la creatina se obtiene de las carnes y pescados, en especial, el salmón). Una dieta balanceada y correcta, puede aportar la creatina suficiente a deportistas sin necesidad de suplementos artificiales. Por otro lado, el organismo es capaz de generar creatina a través de determinados aminoácidos como la metionina. Dicha sustancia aparece en cantidades suficientes en el requesón, por lo que la creatina necesaria para la competición podría ser suficiente con aportes nutricionales naturales. (Laptev, A., 1989).

La creatina es un suplemento que se vende bajo muchas modalidades (especialmente al saber que el COI no la considera sustancia dopante). La más comercial y económica se encuentra en la Creatina Monohidratada, si bien existen gran cantidad de presentaciones (Creatina micronizada, Citrato de creatina, Kre-alkalina, malato, piruvato y fosfocreatina). Por eso, otros autores afirman que los estudios que ensalzan los beneficios de la creatina están subvencionados por las principales marcas elaboradoras de creatina, por lo que pudiesen ser tendenciosos, envenenados por retorcidos intereses comerciales.

Por otro lado, la creatina ha demostrado ser lo suficientemente saludable como para emplearse en episodios de músculos deteriorados y graves lesiones.

Muchos autores muestran desacuerdo con la ingesta sosteniendo que no es necesario suministrar al organismo suplementos artificiales si se dispone de una buena dieta, y sobre todo, de una buena educación, basada en la disciplina, el entrenamiento, la entrega, el esfuerzo y la dedicación. Otros muchos tacharon a los atletas que consumen suplementos, como “conejiillos de indias”.

Aunque existan voces que tilden de drogas legales todos aquellos nutrientes extraordinarios a la dieta, personalmente soy partidario del suministro de creatina antes y después del deporte.

Por otro lado, parece que, si bien existen muchos estudios acerca de la creatina, no parecen haber barrido todos y cada uno de los deportes que se practican. Queda, por tanto, mucho por investigar aún.

Por último, aunque parece demostrado que no existen efectos adversos más allá del aumento de peso, aún no existen estudios determinantes que así lo confirmen. De hecho, mucho de los efectos secundarios como calambres musculares, se han registrado por mera observación, sin tener en cuenta métodos científicos basados en estadística descriptiva, que consideren grupos experimentales y de control para su cotejo.

Mi opinión personal es la siguiente: yo la he tomado, la tomo y la seguiré tomando, en sus dosis adecuadas y justas, toda vez que son evidentes los efectos beneficiosos que se obtienen en forma de mejora de rendimiento y de aumento de masa muscular.

8. Bibliografía

1. Dauval Borges, C. J., & Aladro Gonzalvo, A. (2004). Creatina: ¿suplementación natural o dopaje? *Revista Digital*(Año 10). Recuperado el 22 de 03 de 2019, de <https://www.efdeportes.com/efd71/creatina.htm>
2. Dávila, J. C. (s.f.). *ATP neuronal*. (U. d. Málaga, Editor, & D. d. Celular., Productor) Recuperado el 15 de 03 de 2019, de <http://www.encuentros.uma.es/encuentros35/atp35.html>
3. S, M., & SP, K. (2006). *The role of ADP receptors in platelet function* (Vol. 11). Front Biosci.
4. NIST. (2018). *U.S. Department of Commerce*. (NIST National Institute of Standards and Technology., Productor) Recuperado el 28 de 02 de 2019, de Libro del Web de Química del NIST, SRD 69.: <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=57-00-1>
5. Carrillo, P., & Gilli, M. V. (junio de 2011). Los efectos que produce la creatina en la performance deportiva. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Invenio, Vol. 14*(Núm. 26), pp. 101-115 . Recuperado el 01 de 04 de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/877/87717621008.pdf>
6. Weinberg, A. (28 de 01 de 2018). *La Creatina*. Recuperado el 15 de 03 de 2019, de <http://www.alexanderweinberg.com/la-creatina/#HISTORIA>
7. Kleiner, I., & Orten, J. (1966). *Biochemistry 7ª Edition*. Saint Louis.: C.V. Mosby Company p.167. Recuperado el 11 de 03 de 2019
8. Gonzáles Boto R, G. L. (Diciembre de 2003). La suplementación con creatina en el deporte y su. *con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. V* <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/artcrea>, Volumen 3(12), Pp 242-259. Recuperado el 12 de 04 de 2019, de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/>
9. Olmos Hermosilla, A. (junio de 2002). Monohidrato de creatina, rendimiento y fútbol. *Revista digital., Año 8*(Nº 49.). Recuperado el 22 de 03 de 2019, de <https://www.efdeportes.com/efd49/creatin1.htm>
10. Quispe, C. (2014). Nivel de la Creatina Quinasa en el Diagnóstico Precoz de Enterocolitis Necrotizante en Ratas. *Anales de la Facultad de Medicina*.(60.). doi:10.15381/anales.v60i3.4453.
11. Bong, S., JH., M., & Nam, K. (2008). *Structural studies of human brain-type creatine kinase complexed with the ADP-Mg²⁺-NO₃⁻-creatine transition-state analogue complex*. (28 ed., Vol. 582). FEBS Lett. doi:doi: 10.1016/j.febslet.2008.10.039.
12. Pérez, C. (02 de 04 de 2019). *Creatina quinasa: valores normales, qué es y para que sirve su análisis*. Obtenido de <https://www.natursan.net/creatina-quinasa->

[valores-normales-que-es-y-para-que-sirve-su-analisis/](#)

13. Creatina.F. (2018). *Creatina, que es, donde, efectos, beneficios*. Obtenido de Todo lo que sabias de la creatina: <https://creatina.fitness/>
14. Casey, A., & Greenhaff, P. L. (1 de agosto de 2000). Does dietary creatine supplementation play a role in skeletal muscle metabolism and performance? *The American Journal of Clinical Nutrition, Volume 72*(Issue 2), 607–617. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.607S>
15. Naclerio Ayllón, F. (Naclerio F. (2001) Conceptos fundamentales acerca de la creatina como suplemento o integrador dietético. de 2001). *Creatina y rendimiento. Sport Managers, 2*(10), 52-54. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de <https://g-se.com/utilizacion-del-monohidrato-de-creatina-como-suplemento-dietetico-756-sa-L57cfb27180484>
16. Martínez Sanz, J. M. (2017). *Valoración dietético-nutricional en deportes de resistencia y caracterización de los suplementos ergonutricionales*. Alicante: Universidad de Alicante (España). Recuperado el 01 de 04 de 2019, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/75094/1/tesis_jose_miguel_martinez_sanz.pdf
17. Chami, J., & Candow, D. (2019). Effect of Creatine Supplementation Dosing Strategies on Aging Muscle Performance. *J Nutr Health Aging, 23*(3), 281-285. Recuperado el 28 de 02 de 2019, de DOI: 10.1007/s12603-018-1148-8
18. Menshikov, V., & Volkov, N. (1990). *Bioquímica*. Moscú: Vneshtorgizdat. Recuperado el 30 de 01 de 2019
19. Hunter, A. (1928). *Monographs on biochemistry: creatine and creatinine*. London: Longmans, Green and Company, 1928. Recuperado el 30 de 03 de 2019
20. Volek, J., & Kraemer, W. J. (1996). Suplementación con creatina: su efecto sobre la performance muscular humana y la composición corporal. En S. E. Biosistem, & C. d. Deportiva (Ed.), *Proceedings, Resúmenes del Simposio Internacional de Nutrición e hidratación deportiva para la actividad física, la salud y el deporte de competencia. 1997*. Rosario, Argentina.: Universidad Estatal de Pennsylvania. University Park, Pennsylvania, USA. . Recuperado el 20 de 04 de 2019
21. Chuliá Rodrigo, Elisa, y Marco Vinicio. Agulló Pastor. *Cómo se hace un trabajo de investigación en Ciencia Política*. Vol. 397. Catarata, 2012.
22. Galán González, Arturo et al. (2011). *Metodologías de aprendizaje compatibles con el espacio europeo de educación superior*. UNED.
23. Ball, S. D., Bowen-Thwaites, J., & Swan, P. D. (2005). *Oral Creatine Supplementation Does not Improve Body Composition in Recreationally Active Men during Strength Training* (Vol. 6). JEPonline. Recuperado el 04 de 2019

24. Mesa Mesa, J. L., Jonatan Ruíz Ruíz, J. H., Castillo Garzón, M. J., & Gutiérrez Sáinz, A. (2001). Creatina como ayuda ergogénica. Efectos adversos. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*(Nº. 86), 613-619. Recuperado el 28 de 02 de 2019, de http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Creatina_613_86.pdf
25. Harris, R. (1992). Elevation of Creatine in Resting and Exercised Muscle of Normal Subjects by Creatine Supplementation. *Clinical Sci.*(83), 367-374.
26. Tarnopolsky, M. (2000). Potential benefits of creatine monohydrate supplementation in the elderly. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 3(6), 497-502. Recuperado el 02 de 12 de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11085837>
27. Kern, M., Podewils, L., M, V., & Buono, M. (2001). Physiological response to exercise in the heat following creatine supplementation. *JEPonline*(4), 18-27.
28. Dos Santos, M. (2001). *Estudio del Metabolismo Energético Muscular y de la Composición Corporal de Atletas por Métodos no Destructivos*. (D. d. Molecular, Ed.) Barcelona, España: Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado el 27 de 03 de 2019, de <https://ddd.uab.cat/record/37702>
29. Kreider, R. (1998). Creatine supplementatio: Analysis of ergo-genic value, medical safety, and concerns. *Journal of Exercise Physiology*. Recuperado el 29 de 03 de 2019, de <https://www.asep.org/asep/asep/jan3.htm>
30. Greenwood, M., Kreider, R., Earnest, C., Rasmussen, C., & Almada, A. (2003). *Differences in creatine retention among three nutritional formulations of oral creatine supplementation* (Vol. 6). JEPonline de https://www.researchgate.net/publication/215739620_Differences_in_creatine_retention_among_three_nutritional_formulations_of_oral_creatine_supplements
31. Jon Yeansub, L. (2005). *Efectos de la Suplementación con Creatina sobre la Composición Corporal, la Fuerza y la Potencia Muscular*. PubliCE Standard. Pid: 501, de: <https://q-se.com/efectos-de-la-suplementacion-con-creatina-sobre-la-composicion-corporal-la-fuerza-y-la-potencia-muscular-501-sa-m57cfb271514b7>
32. Hopwood, M., Graham, K., & Rooney, K. (2006). *Creatine Supplementation and Swim Performance: A Brief Review* (Vol. 5). *Journal of Sports Science and Medicine*. Recuperado el 2019, de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3818661/>
33. Mujika, I., & Padilla, S. (marzo de 2001). Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.*, 33(3), 413-421. Recuperado el 01 de 02 de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11252068>

34. Levesque, D., Kenefick, R., & Quinn, T. J. (2007). *Creatine Supplementation: Impact on Cycling Sprint Performance* (Vol. 4). JepOnline.
35. Ayllón, N., & Fernando, J. (2007). *Utilización del Monohidrato de Creatina como Suplemento Dietético* (Pid: 756 ed.). PubliCE Standard.
36. Syrotuik, D., & Gordon, J. (2004). *Acute Creatine Monohydrate Supplementation: A Descriptive Physiological Profile of Responders vs. Nonresponders* (Vol. 3). J. Strength Cond. Res. Recuperado el 21 de 03 de 2019
37. Bird, S. (2003). Suplementación con Creatina y Rendimiento durante el Ejercicio: Una Breve Revisión. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2, 123-132. Recuperado el 02 de 04 de 2019
38. Williams, M. (1992). Ergogenic and ergolitic substances. *Med. Sci. Sports.*, 24, 344-348.
39. Del Castillo, V. (febrero de 2000). Monohidrato de Creatina. ¿Un suplemento para todos? *Revista Lecturas: Educación Física y Deportes*, Año 5 (nº 18). Recuperado el 22 de 03 de 2019, de <https://www.efdeportes.com/efd18a/creatina.htm>
40. Santos, M., López de Viñaspre, P., González de Suso, J. M., Moreno, A., Alonso, J., Cabañas, M., . . . ARÚS, C. (2001). Efecto de la suplementación oral con monohidrato de creatina en el metabolismo energético muscular de ciclistas. *Revista digital.*, Año 7(Nº 39). Recuperado el 01 de 04 de 2019, de <https://docplayer.es/30463418-Efecto-de-la-suplementacion-oral-con-monohidrato-de-creatina-en-el-metabolismo-energetico-muscular-de-ciclistas.html>
41. Watsford, M., Murphy, A., WL, S., & Walshe, A. (Feb de 2003). Creatine supplementation and its effect on musculotendinous stiffness and performance. *J Strength Cond Res.*, 17(1), 26-33. Recuperado el 13 de 02 de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12580652>
42. Bortoli, L. (2003). Intensity, idiosyncratic content and functional impact of performance-related emotions in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 21, 171-189.
43. Palermo, J. (2003). *Aspectos legales del doping, data sports*.
44. Izquierdo, M., Ibañez, J., González Badillo, J., & Gorostiaga, E. (2006). *Efectos de la Suplementación con Creatina sobre la Potencia Muscular, la Resistencia y la Velocidad en Jugadores de Balonmano*. PubliCE Standard.
45. Havenetidis, K. (2005). *Assessment of the Ergogenic Properties of Creatine using an Intermittent Exercise Protocol* (Vol. 1). JEPonline.Santoja Gómez, R; López Villanueva, N. "Enciclopedia de Nutrición" (guía práctica). Monografías. Capítulo 2, pp. 125-133. Editorial Rafael Santoja. Madrid, España. 2002. 2º edición.
46. Gómez, S., R, & López Villanueva, N. (2002). *Enciclopedia de Nutrición (guía práctica)*. Madrid: Editorial Rafael Santoja.