



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Curso Académico 2013/2014

ANÁLISIS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROTEÍNAS EN EL  
DEPORTE: USO Y EFECTOS DE LA CREATINA Y EL SUERO DE  
LECHE

Analysis of protein supplementation in sports: Use and effects of creatine  
and whey protein

Autor/a: Yaiza Rodríguez Ramos

Tutor/a: M<sup>a</sup> Pilar Sánchez Collado

Fecha:

V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> TUTOR/A

V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> AUTOR/A

## Índice

1. Resumen/Abstract.....	1
2. Introducción:.....	2
2.1. Contexto del uso de suplementación alimenticia:.....	2
2.2. Contexto y justificación de la suplementación mediante proteínas: .....	7
2.2.1. Definición y degradación proteica:.....	7
2.2.2. Uso, efectos y justificación de la suplementación proteica.....	8
3. Objetivos y metodología: .....	15
4. Resultados: .....	16
4.1. Suplementación con creatina .....	16
4.1.1. Origen y obtención: .....	16
4.1.2. Metodología de la suplementación: .....	17
4.1.3. Efectos en el organismo: .....	18
4.1.4. Posibles efectos adversos: .....	23
4.2. Suplementación con suero de leche: .....	24
4.2.1. Origen y obtención: .....	24
4.2.2. Metodología de la suplementación: .....	25
4.2.3. Efectos en el organismo: .....	26
4.2.4. Posibles reacciones adversas: .....	29
5. Conclusiones:.....	30
6. Bibliografía: .....	31

## 1. Resumen/Abstract

Hoy en día, la suplementación en el deporte está a la orden del día debido a las necesidades especiales que tienen los atletas debido a su mayor actividad. Existen muchos tipos y formas de suplementación, pero es aquella que se realiza con proteínas una de las que goza con mayor reputación debido a la multitud de estudios que la avalan. En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica sobre la suplementación con proteínas, concretamente, sobre la creatina y el suero de leche, al ser dos de las más populares formas de suplementación proteica en la actualidad y cuya eficacia está demostrada. El uso de la creatina se extiende en el alto rendimiento al aumentar la tasa de síntesis de fosfocreatina en aquellos deportes de fuerza-resistencia en los que se realizan esfuerzos intensos y de corta duración, aunque en aquellos deportes más aeróbicos se usa en sus fases de preparación. El suero de leche o “whey protein” por otra parte, es una suplementación reciente que aumenta dramáticamente la tasa de síntesis de proteína tras un esfuerzo y mejora la composición corporal al movilizar más masa grasa y aumenta la masa magra (aumentando así el rendimiento), y está más enfocada a complementar la nutrición y mejorar la recuperación en cualquier tipo de actividad.

Nowadays, the role of supplementation in sports is very important because of the special needs of athletes induced by their increased activity. There are many types and forms of supplementation, but it is that made with protein which is more important and there are lot of studies that support it. In this paper has been reviewed the written literature about protein supplementation, specifically on creatine and whey. Both of them have become in two of the most popular forms of protein supplementation at the moment and whose effectiveness is demonstrated. The use of creatine it is very common in high performance to increase the rate of phosphocreatine synthesis in resistance sports in which intense and short-lived efforts are made, and even in aerobic sports is used in the preparation time (at the beginning of the season). On the other hand, whey protein is a recent supplement that dramatically increases the rate of protein synthesis after effort and improves body composition by mobilizing more fat mass and increasing lean mass (thus increasing performance), and it is more focused on nutrition and recovery improvement in any kind of activity.

## 2. Introducción:

En nuestra sociedad cada vez es mayor la preocupación por la salud, el bienestar y la calidad de vida. Esto hace que los dos pilares fundamentales para conseguir un estilo de vida saludable, la actividad física y la nutrición, se vean sometidos cada vez a más investigaciones y estudios. Centrándonos en el tema de la nutrición, cada vez hay mayor preocupación por seguir unas estrategias nutricionales correctas y suplir cualquier deficiencia que pueda surgir, o, en el caso de los atletas debido a sus mayores necesidades energéticas, evitar las deficiencias y aumentar el rendimiento. Es por ello que se ha normalizado el uso de suplementos alimenticios en la sociedad actual. (Kiertscher and DiMarco, 2013).

### 2.1. Contexto del uso de suplementación alimenticia:

Según la FDA (Food and Drug Administration), un suplemento nutricional se define como “un producto consumido por vía oral que contiene un ingrediente destinado a complementar la dieta. Incluyen: vitaminas; minerales; aminoácidos; enzimas o tejidos de órganos o glándulas; y concentrados, metabolitos, constituyentes o extractos”. Son, por lo tanto, sustancias que potencialmente no suponen ningún riesgo para la salud, a diferencia de las sustancias dopantes. No eliminan el apetito ni sustituyen la toma de alimentos, sino que complementan a la alimentación. La industria y el marketing que hay detrás de los suplementos les hace parecer productos casi perfectos dotándoles de múltiples cualidades, sin que muchas hayan sido estudiadas y probadas (Lavalli et al, 2010). Para su elección, los usuarios tienen en cuenta que ya estén confeccionados y su uso sea instantáneo y fácil (sin tiempo de preparación, o muy poco), y con mejor palatabilidad (Hubbard et al, 2012). Los suplementos dietéticos están regulados por la FDA bajo la Ley de Salud y Educación de Suplementos Dietéticos (DSHEA). Sobre esta base, el fabricante del suplemento sólo debe asegurarse de que un suplemento es seguro (American College of Cardiology, 2002).

Los suplementos nutricionales más utilizados son preparados de multivitaminas y minerales (Bell et al, 2004), y de multinutrientes, ya que numerosos estudios demuestran una evidencia clara tanto en la mejora de ciertas dificultades y deficiencias derivadas de un déficit nutricional, como en el tratamiento de pacientes con enfermedades agudas, ayudando a la ganancia de peso, y en enfermos crónicos atenuando esta pérdida; combatiendo la desnutrición (personas de tercera edad sobre todo); y reduciendo la mortalidad y otras complicaciones como infecciones y úlceras (Stratton and Marinos, 2007). Dado que la

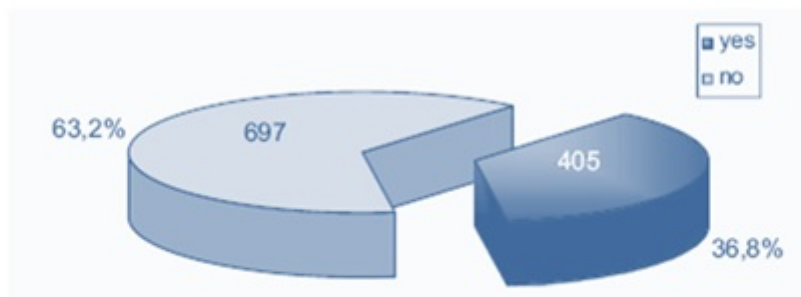
ingesta alimentaria reducida, es una causa importante de malnutrición, diversas autoridades, entre ellas NICE (Instituto Nacional para la Salud y la Excelencia Clínica) recomiendan la mejora de la ingesta alimentaria mediante una serie de estrategias de apoyo nutricional, incluyendo el asesoramiento dietético, suplementos nutricionales orales (SON) como soporte nutricional artificial (Cawood et al, 2012; Hubbard et al, 2012).

La suplementación nutricional debe ser algo totalmente personalizado según las necesidades y deficiencias de cada individuo, y no algo que realizar rutinariamente. La mejor estrategia nutricional para promover una salud óptima y reducir el riesgo de enfermedades crónicas es elegir sabiamente una amplia variedad de alimentos. Si con una alimentación adecuada la persona en cuestión sigue sufriendo deficiencias nutricionales, una suplementación con nutrientes adicionales y/o suplementos enriquecidos pueden ayudar a algunas personas a satisfacer sus necesidades.

Hay, sin embargo, cuatro casos especiales en los que se recomienda una suplementación alimenticia:

1. Algunos regímenes alimenticios que no sobrepasan las 1600kcal/día.
2. Si se está en alguna situación especial, como el embarazo, o se tiene una edad avanzada.
3. Para prevenir algunas enfermedades, si se es propenso a tenerlas, o bien tratarlas si ya se poseen.
4. Si por tu actividad necesitas un aporte adicional de nutrientes (atletas).

Por lo tanto, la suplementación siempre debe estar bajo supervisión médica y utilizarse solo en caso de ser necesaria. (American Dietetic Association, 2005)

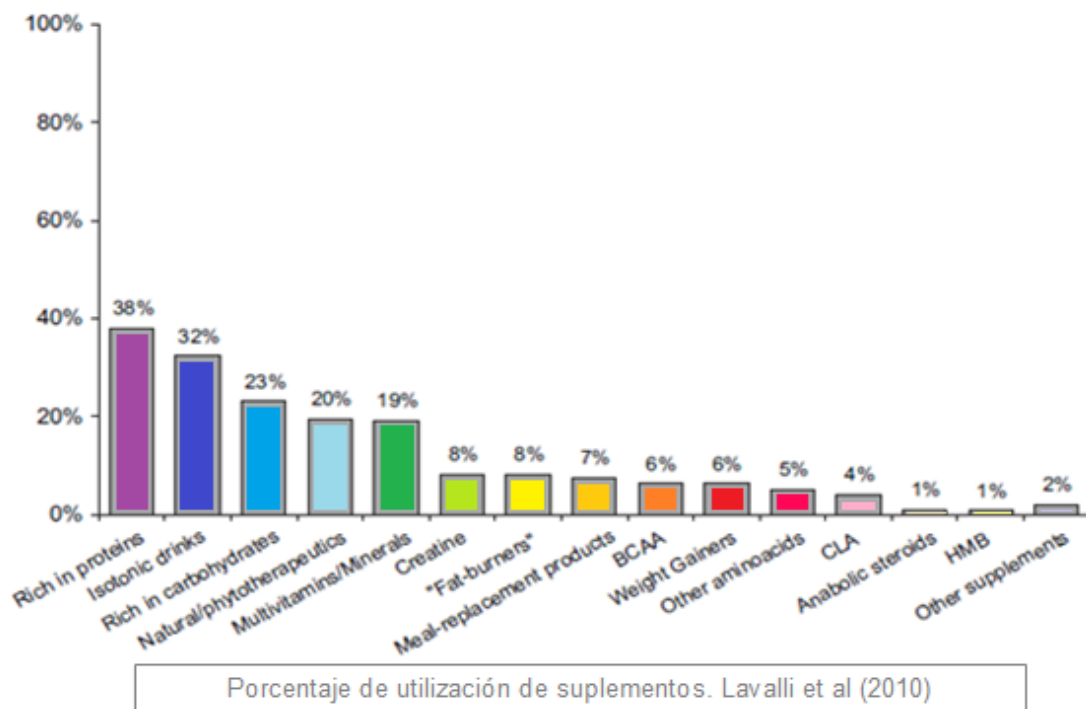


Gráfica que representa al número de personas que tomaban suplementación en el estudio de Lavalli et al. (2010)

Debido a la intensa actividad que realizan, los atletas han sido los mayores consumidores de muchos de estos productos y sus hábitos pueden ser seguidos (erróneamente) por otros grupos de individuos, sobre todo aquellos que hacen ejercicio regularmente en los gimnasios. El deseo de lograr resultados rápidos ha hecho muy atractivo el uso de dichas sustancias. Sin embargo, se sabe que, en general, personas físicamente activas no necesitan nutrientes adicionales aparte de los obtenidos a partir de una dieta equilibrada. El uso de suplementos pre- o peri-entrenamiento entre los deportistas recreacionales y de élite se ha convertido cada vez más popular debido a los estudios que sugieren mejoras en el rendimiento aeróbico y anaeróbico y las recomendaciones de los grupos de expertos en nutrición deportiva. Entre los suplementos más comúnmente utilizados para el aumento de la fuerza muscular son los que contienen diversas sales de creatina, incluyendo la creatina monohidratada, hidratos de carbono, proteínas, aminoácidos (aminoácidos de cadena ramificada en particular), para los que la evidencia de la eficacia ha sido vista consistentemente en estudios publicados (Schmitz et al, 2010).

De todos modos, los suplementos no son utilizados en la misma medida (Lavalli et al, 2010):

1. Los ricos en proteínas y aminoácidos (creatina, aminoácidos de cadena ramificada, b-hidroximetilbutirato, y otros aminoácidos) fueron los más utilizados (58% de los participantes).
2. Los hombres fueron más propensos a usar suplementos ricos en proteínas, hidratos de carbono y aminoácidos de cadena ramificada. Los agentes naturales y fitoterápicos, multivitaminas y minerales, y los productos de reemplazo de comidas fueron en su mayoría tomados por mujeres.
3. La mayoría de los participantes más jóvenes (menores de 30 y entre 30 y 45 años) informaron que tomaron más suplementos ricos en proteínas y bebidas isotónicas en comparación con los participantes más mayores, con el motivo de aumentar el rendimiento y la masa muscular. Por el contrario, los participantes de más edad tomaron suplementos ricos en multivitaminas/minerales y agentes fitoterapéuticos/naturales en comparación con los individuos más jóvenes, con el motivo de prevenir enfermedades y conservar el estado de salud.



Una suplementación energética y ejercicios de resistencia pueden mejorar la masa libre de grasa en atletas y sujetos de edad avanzada. Las recomendaciones de ingesta de macronutrientes para el ejercicio de los sujetos no se diferencian de los sujetos sedentarios aunque existen algunas controversias para los atletas (Genton et al, 2010). Los atletas de élite tienen requerimientos nutricionales que difieren cuantitativamente de las personas normalmente activas. Estos requisitos se extienden desde la simple necesidad de reponer los electrolitos perdidos a través del sudor hasta las necesidades de energía y proteínas altas para reponer las reservas de glucógeno y promover la reparación del músculo. Mientras que las demandas fisiológicas asociadas con el rendimiento de élite difieren entre los deportes, la construcción o el mantenimiento de la masa muscular esquelética y la función muscular es fundamental para el éxito en casi todos los esfuerzos deportivos (Crittenden et al, 2009). Según Dascombe et al, (2010) aproximadamente el 65% de los atletas olímpicos canadienses y el 89% de los deportistas de alto nivel universitario estadounidenses informaron el uso de suplementos nutricionales como parte de su régimen de entrenamiento. Curiosamente, el uso de suplementos nutricionales por el público en general parece también estar aumentando con el tiempo, con 52% usando al menos un suplemento nutricional y un 18% utilizando entre 2 y 5 suplementos. Esta observación puede sugerir que hay una aceptación social creciente del consumo de suplementos nutricionales, lo que puede ayudar a explicar la tendencia similar se observa en los deportistas de élite.



En las investigaciones sobre la manipulación de macronutrientes destacan la importancia de la ingesta de carbohidratos, en cualquier momento, cerca de la resistencia o entrenamiento de la fuerza y la importancia de una ingesta de proteínas para la síntesis de proteínas musculares. (Genton et al, 2010).

Pese al auge de la utilización de suplementación alimentaria, un número considerable de personas que hacen ejercicio regularmente en los gimnasios consumen suplementos dietéticos, sobre todo sin una guía especializada y posiblemente sin una verdadera necesidad de ellos. Su uso no compensa la mala elección de alimentos y una dieta inadecuada. (Lavalli et al, 2010). Se prefiere la ingesta de una amplia variedad de alimentos sobre la suplementación con nutrientes como método para obtener todos los macro y micronutrientes que precisa nuestro organismo (Huybrechts et al, 2010). Uno de los macronutrientes más utilizados y con mayor aceptación son las proteínas (Hoffman et al, 2007).



## 2.2. Contexto y justificación de la suplementación mediante proteínas:

### 2.2.1. Definición y degradación proteica:

Las proteínas son moléculas importantes que sirven para funciones estructurales y reguladoras en el cuerpo. Se componen de aminoácidos constituyentes que contienen un grupo amino (-NH<sub>2</sub>), un ácido carboxílico (-COOH), y un grupo radical (diferente para cada aminoácido). De los aminoácidos, 9 se consideran indispensables o esenciales (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, y valina). Los aminoácidos esenciales deben provenir de la dieta/suplementación y/o degradación de las proteínas endógenas. Las proteínas se encuentran en un estado constante de flujo metabólico en síntesis y degradación simultánea (Tarnopolsky, 2004).

Los músculos esqueléticos son el principal depósito de moléculas de proteína. Otros órganos o tejidos contienen proteína, tales como el hígado, que sintetiza las proteínas plasmáticas (incluyendo la albúmina, que representa casi el 50% de las proteínas hepáticas), células inmunes (principalmente leucocitos), enzimas digestivas, hueso, y el colágeno dérmico. Para cualquier célula o tejido, el balance proteico refleja la síntesis de proteínas y la degradación de la proteína neta que difieren significativamente entre los tejidos y órganos y entre compartimentos celulares. El hígado y, en menor medida, el riñón son los principales sitios de metabolismo de los aminoácidos.

Cuando hay exceso de proteína, es decir, cantidades de aminoácidos más grandes de lo necesario para la síntesis de proteínas y otros compuestos de nitrógeno no se pueden almacenar o excretar, el excedente se oxida o se convierte en hidratos de carbono y/o lípidos mediante la gluconeogénesis. El metabolismo de los aminoácidos, además de adenosina, genera la mayor parte del amoníaco. Mientras tanto, la mayoría de los tejidos liberan nitrógeno principalmente como la alanina o glutamina con el fin de amortiguar la toxicidad del amoníaco. La primera reacción utiliza aminotransferasa de glutamato a piruvato, y la segunda reacción transfiere el propio amoníaco al glutamato y es catalizada por la glutamina sintetasa. En el ser humano, el 90% de nitrógeno urinario está en la forma de urea, que es excretada posteriormente mediante los riñones a través de la orina. Los músculos esqueléticos, los intestinos y el hígado también son particularmente importantes para la eliminación de exceso de aminoácidos. La deposición libre de aminoácidos en el músculo a menudo representa hasta el 80% del importe total en el cuerpo entero. En contraste, el plasma contiene una proporción muy pequeña del total de aminoácidos, comprendido entre 0,2 y 6% para los aminoácidos individuales (Poortmans et al, 2012).

La constante rotación entre sintetización-degradación establece un mecanismo de mantenimiento constante de proteínas potencialmente dañadas y disfuncionales. En el músculo esquelético, el recambio de proteínas también está en curso y es la base para la plasticidad del músculo esquelético en respuesta al grado impuesto de carga de alta intensidad (ej. Resistencia). Este reciclaje intracelular, sin embargo, no es 100% eficiente y los aminoácidos se pierden a partir de músculo esquelético, a menudo en cantidades considerables. Los aminoácidos que se pierden a partir de músculo esquelético tienen numerosos destinos, pero en términos generales se oxidan o convierten en glucosa a través de la gluconeogénesis, con el nitrógeno produciendo la urea. Obviamente, la falta de eficiencia en la reutilización de los aminoácidos en la proteólisis significa que tenemos un requerimiento diario de ingerir proteínas (Philips, 2004).

Es por esta razón que dentro de la suplementación dietética en el mundo del deporte de élite, una de las variantes más utilizadas es la suplementación con proteínas. Esto está justificado, ya que debido a su tipo de actividad, su cuerpo degrada más proteínas de las que degradaría una persona normal, y deben mantener una tasa de síntesis de proteínas que contrarreste su degradación. Si no se suplieran las necesidades especiales que puede tener un atleta, esto podría conducir a pérdidas tanto en el tamaño del músculo como en la fuerza y, en consecuencia, una disminución del rendimiento físico. Si se prolonga, la salud en general también podría verse afectada negativamente, sobre todo a través de efectos adversos sobre la función inmunológica. (Lemon, 1997).

### **2.2.2. Uso, efectos y justificación de la suplementación proteica**

Está claro que la proteína en la dieta no sólo ofrece los bloques de construcción fundamentales para las proteínas del músculo, sino que los aminoácidos son necesarios para activar directamente las vías anabólicas que conducen a la hipertrofia muscular cuando se combina con un estímulo de ejercicio. También se ha hecho evidente que el momento del suministro de proteína nutricional adyacente al ejercicio es fundamental para maximizar el crecimiento muscular, minimizando el daño muscular, y promover la recuperación de fuerza. Si bien es posible que los atletas obtengan sus necesidades diarias de proteínas a través de una dieta variada y regular, los suplementos deportivos de proteína proporcionan un medio conveniente en la entrega de la proteína extra que los atletas necesitan en el momento en que es más eficaz. Recientemente, también se ha demostrado que la modificación de la estructura de las proteínas a través de distintos procesos de fabricación (como la hidrólisis, por ejemplo) puede modificar los efectos de estas proteínas en los músculos (Crittenden et

al, 2009). Se ha demostrado que la ingesta de proteínas tiene un papel importante en la adaptación del músculo esquelético al ejercicio de resistencia mediante la mejora de la síntesis de proteínas en mayor medida que la observada después de un protocolo de ejercicios de resistencia realizado en ayunas (Hoffman et al, 2010).

En lo que respecta a los huesos, un mayor consumo de proteínas se ha asociado con el aumento de la densidad mineral ósea (DMO) y con disminución del tiempo de curación de la fractura en ancianos. 6 meses de intervención mediante suplementación con proteínas dieron lugar a cambios positivos en la geometría ósea, y volumétrica y la DMO de área y contenido mineral óseo en el área del hueso. (Ballar et al, 2006). Los beneficios de los suplementos de proteínas se han atribuido a la mejora de la síntesis de proteína muscular, o, como mínimo, la reducción de la degradación de proteínas del músculo en reposo y después de una serie aguda de ejercicio de resistencia (Herda et al, 2013), lo que resulta en la acumulación neta de proteína muscular. Estos hallazgos apoyan la opinión general de que la administración de suplementos de proteínas puede aumentar la respuesta adaptativa del músculo esquelético al entrenamiento del ejercicio prolongado resistencia, lo que se traduce en mayores ganancias en la masa y/o la fuerza muscular (Cermak et al, 2012). Un claro ejemplo de esto se puede observar en el estudio realizado por Herda et al (2013), la culminación de los resultados ha sugerido que 20 g de proteína de suero de leche (que contiene; 6 g de aminoácidos esenciales), con énfasis en el aminoácido leucina, es una cantidad óptima de consumo de proteínas para estimular la síntesis de proteína muscular.

Una dieta alta en proteínas para el que entrena la fuerza-resistencia, por otro lado, debe proporcionar suficiente proteína para mantener la masa muscular y un poco más para su crecimiento. Por lo tanto, una dieta alta en proteínas en individuos entrenados en fuerza no es necesariamente una dieta excesiva en proteínas y no impondría ninguna carga adicional en el sistema renal. (Bradley-Popovich. and Mohr, 2003). Los aumentos en la masa corporal magra y la hipertrofia muscular después del entrenamiento de resistencia a largo plazo son obviamente el resultado de periodos en los que el balance proteico neto (desglose menos síntesis) ha sido positivo; esto ocurre sólo cuando la alimentación y el ejercicio de resistencia se superponen. Por lo tanto, un requisito adicional para individuos que participan en el entrenamiento de fuerza, puede ser un mayor requerimiento de proteína para apoyar las ganancias en la síntesis muscular. Además, la proteína necesaria para reparar cualquier daño estructural en el tejido muscular que ocurre como resultado de algún componente excéntrico en la actividad puede conducir a un mayor requerimiento de proteínas en la dieta en los atletas que deseen aumentar su masa corporal magra. (Philips, 2004)

Así mismo, otras investigaciones también han demostrado que el momento de la ingestión de proteínas puede ser crucial en la maximización de la adaptación del músculo esquelético. Cuando los aminoácidos esenciales se consumen inmediatamente antes de un entrenamiento, la velocidad de suministro y la captación de aminoácidos al músculo esquelético se han mejorado de manera significativa durante y después del ejercicio, dando lugar a una mayor elevación en la síntesis de proteínas que cuando la proteína se consume después de la sesión de ejercicios. Además, el efecto del momento de proteínas puede mejorar cuando una proteína entera, tal como suero de leche, se añade a un suplemento de aminoácidos. La suplementación solamente con proteína de suero de leche también ha demostrado ser un potente estimulador de la síntesis de proteína muscular cuando se ingiere inmediatamente antes o 1 h después del ejercicio. (Hoffman et al, 2010).

No sólo el cuerpo obtiene beneficios a nivel muscular, en el sistema óseo se pueden ver mejoras a través de la suplementación con proteínas. Teniendo en cuenta que la ingesta recomendada actualmente de proteínas es 0,8 g por kilogramo de peso corporal (g/kg), se han propuesto ingesta de 1,2 a 1,4 g/kg para los atletas de resistencia y 1,4 a 1,8 g/kg para los atletas de fuerza. Los argumentos a favor de las necesidades de proteínas por encima de la CDR de 0,8 g/kg de peso corporal se basan en estudios del balance de nitrógeno. Las necesidades superiores podrían explicarse por un aumento de la oxidación de aminoácidos durante el ejercicio, o el crecimiento y reparación del tejido muscular. (Genton et al, 2010).

Varios estudios sobre entrenamiento han informado sobre ganancias significativamente mayores en la masa corporal magra, la fuerza muscular, el área de sección transversal del músculo y el contenido proteico del músculo contráctil en los pacientes que ingieren proteínas inmediatamente antes y después de una sesión de ejercicios de resistencia en comparación con los sujetos que consumieron proteína 2 h o más después de la sesión de entrenamiento, además de ser beneficioso para el crecimiento muscular y la mejora del rendimiento, y posiblemente reducir el dolor y la fatiga muscular ayudando a mejorar la recuperación muscular en el ejercicio agudo mediante la supresión de la degradación de proteínas miofibrilares.

Una disminución en el daño muscular, atenuación de decrementos de fuerza, y una recuperación mejorada de ejercicio de resistencia son otros de los beneficios encontrados utilizando suplementos proteicos. En un estudio realizado por Hoffman et al (2007), la magnitud de la mejora de la fuerza en sentadilla (1-RM) fue significativamente mayor en el grupo que tomó proteínas (PR) que aquel que tomó placebo (PL). Así mismo, se observó una concentración de cortisol significativamente menor en MID para PL comparado con PR.

Estos resultados contrastan ligeramente con los encontrados en otros estudios que demostraron que las concentraciones de cortisol en reposo tienden a permanecer igual o disminuir en sujetos suplementados con proteína. En la tabla que se muestra a continuación se ven los resultados de este estudio y cómo el grupo PR obtiene, en general, ganancias más significativas que el grupo PL:

	Group	PRE	MID	POST	Δ PRE – POST
Body Mass (kg)	PL	99.0 (10.2)	99.0 (9.9)	99.3 (10.6)	.4 (2.0)
	PR	94.7 (7.9)	95.0 (8.2)	95.6 (8.3)	.9 (1.8)
Lean Body Mass (kg)	PL	76.7 (3.3)	77.5 (3.0)	76.8 (4.3)	.1 (1.4)
	PR	74.0 (5.8)	75.1 (5.8)	75.4 (6.2)	1.4 (1.9)
Body Fat (%)	PL	21.8 (7.3)	21.1 (7.1)	22.1 (7.1)	.2 (1.5)
	PR	21.7 (5.5)	20.6 (6.1)	20.9 (5.9)	-8 (2.0)
1-RM Squat (kg)	PL	162.8 (24.2)	-	174.1 (23.3)	9.1 (11.9)
	PR	158.5 (38.5)	-	182.0 (38.2)	23.5 (13.6) *
1-RM Bench Press (kg)	PL	122.7 (12.2)	-	131.1 (12.2)	8.4 (6.9)
	PR	120.7 (21.1)	-	132.2 (22.0)	11.6 (6.8)
WAnT Test Peak Power (W)	PL	2069 (99)	-	2132 (87)	63.2 (114)
	PR	2088 (139)	-	2169 (166)	81.1 (124)
WAnT Test Mean Power (W)	PL	1345 (27)	-	1355 (32)	10.4 (49.3)
	PR	1312 (101)	-	1314 (101)	2.3 (63.8)
WAnT Test Fatigue Rates (W·s <sup>-1</sup> )	PL	40.9 (10.1)	-	42.7 (4.6)	1.9 (8.4)
	PR	44.0 (8.8)	-	50.1 (14.1)	6.1 (16.1)
WAnT Test Total Work (J)	PL	40344 (809)	-	40592 (963)	248 (1529)
	PR	39430 (2847)	-	39510 (2846)	72 (1687)

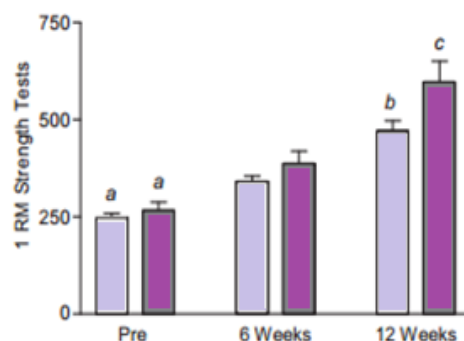
\*  $p < 0.05$ .

Hoffman et al (2007)

Al considerar las necesidades nutricionales de una persona que realiza ejercicio, es importante tomar todos estos factores en cuenta y hacer recomendaciones específicas a cada individuo (Tarnopolsky, 2004). Así mismo, a la hora de elegir suplementarnos mediante este macronutriente, tenemos que tener en cuenta los efectos que supone dependiendo del momento en el que tomemos la suplementación (Genton et al, 2010):

- Efecto del consumo de proteínas antes de la actividad:
  - La ingesta de proteínas o aminoácidos combinados o no con hidratos de carbono (CHO) consumido cerca de ejercicios de fuerza y resistencia puede mejorar la síntesis de proteínas musculares.
  - Se recomienda una ingesta de 0,15-0,25 g de proteínas/kg, 3-4 horas antes del ejercicio. La adición de proteínas se basa en el hallazgo de que el consumo pre-ejercicio de aminoácidos puede estimular la síntesis de proteínas durante el ejercicio de resistencia, pero no se ha demostrado que aumente el rendimiento.
- Efecto del consumo de proteínas durante la actividad:

- Proteínas añadidas a CHO como un medio para mejorar el rendimiento y facilitar la recuperación.
- En cuanto a los ejercicios de resistencia, la investigación apoya el uso de proteínas adicionales con el fin de disminuir los niveles séricos de cortisol y aumentar los de la insulina, previniendo la degradación de proteínas musculares. En cuanto al daño muscular, la adición de proteínas a los carbohidratos durante el ejercicio de resistencia parece mejorar los marcadores post-ejercicio de alteración muscular como la creatina quinasa y mioglobina en suero y, por lo tanto, puede mejorar la recuperación. Sin embargo, la evidencia es débil y ha sido cuestionada por otros.
- Efecto del consumo de proteínas después de la actividad:
  - La ingesta de proteínas durante la recuperación incrementa la síntesis de proteína muscular.
  - Encontraron que 20 g proteínas intactos fueron suficientes para estimular al máximo la síntesis de proteínas fraccionada.
  - El tipo de proteína, como el suero de leche hidrolizado o la proteína de soja, ha demostrado que aumenta la fracción de la síntesis de proteína muscular en comparación con la caseína después del ejercicio de resistencia.
  - En cuanto al daño muscular, el consumo de proteína después de las pruebas de rendimiento de repetición de sprints puede disminuir los niveles de creatina quinasa y retrasar la aparición dolor muscular.



Ganancias en la fuerza de la extremidad inferior tras 12 semanas de suplementación inmediatamente tras el ejercicio con proteínas (morado oscuro) contra placebo (lila). Crittenden et al (2009)

Al existir mayores necesidades proteicas para la reparación del músculo y un perfil hormonal más anabólico, el ISSN (International Society of Sports and Nutrition) defiende el consumo de 8-10 g de CHO/kg a los 30 minutos después del ejercicio, preferentemente con proteínas adicionales para promover el almacenamiento de glucógeno y la síntesis de proteínas musculares. (Genton et al, 2010).

Menos se sabe sobre los efectos crónicos de la suplementación con proteínas en relación con el entrenamiento de resistencia. Estos estudios han informado de mejoras en la fuerza muscular, el área transversal muscular, y la estimulación de la síntesis de proteína muscular como adaptaciones al entrenamiento de resistencia con y sin suplementación. Aun así, se ha demostrado que las adaptaciones crónicas de entrenamiento de resistencia pueden verse aumentadas mediante la adición de suplementos de proteínas. En este estudio, también se ve reflejado cómo 25 g de la bebida que contiene proteínas antes y después de las sesiones de entrenamiento de resistencia durante 14 semanas aumentó la hipertrofia de las fibras musculares tipo I y II y un mejoró el rendimiento en comparación con un placebo de carbohidratos. Estos resultados indican dos conclusiones:

- La suplementación aguda con proteínas puede reducir la magnitud de la degradación de proteínas musculares en reposo y después del ejercicio de resistencia. De los aminoácidos presentes en la proteína de suero de leche, la leucina puede ser la más eficaz.
- Los atletas también pueden beneficiarse de un régimen de bajo volumen de entrenamiento, en relación con una suplementación con proteínas mientras se recuperan de una lesión y completan su programa de rehabilitación prescrito. Esto puede acelerar potencialmente el proceso de recuperación y disminuir el caso de complicaciones después de la lesión.

También estudios como el de Cermak et al, (2012) han obtenido resultados similares, concluyendo que la administración de suplementos de proteínas durante el ejercicio prolongado de entrenamiento tipo de resistencia (aumenta significativamente las ganancias en la masa libre de grasa, área muscular de sección transversal de las fibras tipo I y II, y ganancias en fuerza en 1-RM de pierna en press

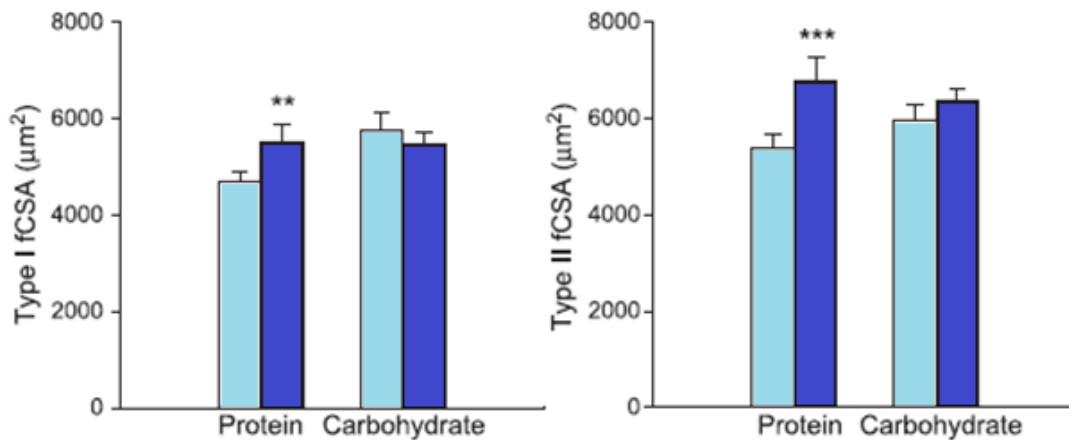


Imagen que muestra el área de la fibra tipo I (izquierda) y II (derecha) en su sección transversal de las fibras musculares pre-entrenamiento (barras azul claro) tipo y post entrenamiento (barras azul oscuro). Sólo el grupo que se suplementó con proteínas aumentó el área de la fibra muscular en respuesta al entrenamiento de fuerza-resistencia. Los asteriscos indican diferencias significativas respecto a los valores pre-entrenamiento. Andersen et al (2005).

Otros estudios, como el de Andersen et al (2005), hacen referencia a la suplementación con proteínas empleada durante ejercicios de fuerza-resistencia, señalando que la administración de aminoácidos en combinación con ejercicio de fuerza-resistencia aumenta la síntesis de proteínas de forma aguda, que se espera que resulte en una hipertrofia muscular más pronunciada durante un período prolongado. Más allá van los resultados obtenidos por Poortmans et al (2012), donde señalan que la síntesis de proteína muscular se incrementa cuando los aminoácidos son ingeridos inmediatamente después del final de la sesión de ejercicio.

Para finalizar, una suplementación proteica puede beneficiar también al sistema inmune, teniendo en cuenta que el ejercicio aumenta los requerimientos de aminoácidos de los atletas, y los aminoácidos son importantes moléculas de señalización que regulan la función de los linfocitos, entonces, aumentar la ingesta de proteínas en la dieta de los atletas que realizan entrenamiento de alta intensidad es una intervención atractiva y teóricamente justificada que pueda impedir el deterioro inmunológico y reducir potencialmente la incidencia de ITRS (infección del tracto respiratorio superior). Al aumentar la proteína en la dieta durante el entrenamiento de alta intensidad, es posible restaurar, la redistribución de leucocitos totales y granulocitos a los niveles observados durante el entrenamiento de intensidad normal (Witard et al, 2014).



### 3. Objetivos y metodología:

Este análisis bibliográfico ha sido realizado con el objetivo de recopilar información y aprender sobre un tema muy actual en el mundo deportivo y en constante crecimiento e investigación, como es la suplementación alimentaria utilizada por los deportistas de élite para aumentar y mantener su alto nivel de rendimiento. Concretamente, se ha querido realizar una comparación entre dos de los suplementos proteicos más extensamente utilizados y que más auge han tenido en los últimos años, los cuales son la creatina y el suero de leche o “whey protein”, cuya eficacia está avalada por multitud de estudios.

La metodología utilizada para elaborar este análisis bibliográfico ha seguido un estricto orden de actuación:

- En primer lugar, para la búsqueda bibliográfica se han utilizado Pubmed y ScienceDirect como bases de datos principales en este trabajo.  
→ Palabras utilizadas principalmente en la búsqueda: Creatine, supplementation, sport, whey, isolate, nutrition, endurance, amino acid, supplement, requirements, effects, performance, impact, turnover, intake. Estas palabras eran combinadas de tal manera que adquirieran sentido para una búsqueda más precisa. Ejemplo: Creatine+intake+supplementation+sport.
- En segundo lugar, se han seleccionado los artículos en los que se iba a basar este análisis bibliográfico. Se han escogido aquellos que hablaban específicamente del tema en concreto y habían obtenido resultados positivos en sus estudios, o aquellos que realizaban un análisis de la literatura publicada. He rechazado aquellos con resultados incompletos o sin resultados, y aquellos realizados en animales.
- En tercer lugar, una vez seleccionados los artículos se han extraído y traducido las partes de cada uno que eran útiles para este trabajo. Para manejar la información con más rapidez y facilidad toda esa información fue reunida en un mismo documento, diferenciando la de cada artículo por su título.
- Por último, se ha dividido y distribuido la información recolectada a lo largo del tiempo en los apartados correspondientes.

## 4. Resultados:

### 4.1. Suplementación con creatina

#### 4.1.1. Origen y obtención:

La creatina es uno de los suplementos alimenticios más utilizados, ya que se ha demostrado ser beneficiosa para mejorar el rendimiento durante series repetidas de actividad anaeróbica de alta intensidad (Azizi, 2011). La mayoría de la creatina en el cuerpo humano se encuentra en dos formas, forma fosforilada, que llega a alcanzar 60% de las reservas, o en forma libre, que constituye el 40%. Se produce endógenamente en una cantidad de aproximadamente 1 g/d. Su síntesis ocurre predominantemente en el hígado, los riñones, y en menor medida en el páncreas, mientras que el resto de la creatina disponible para el cuerpo se obtiene a través de la dieta. Es almacenada principalmente en el músculo (el 95% de los mecanismos encargados de fabricar los cuerpos de creatina se encuentran en el músculo esquelético y el 5% restante se distribuye en el cerebro, el hígado, el riñón y los testículos). Varía entre los individuos, dependiendo del tipo de fibra de músculo esquelético y la cantidad de la masa muscular y se puede eliminar de la sangre por saturación en diversos órganos y células o por filtración renal. Su absorción está regulada por diversos mecanismos, como la fosforilación y glucosilación, los cuales controlan los niveles extracelulares e intracelulares de la creatina (Cooper, et al, 2012; Azizi, 2011).

La disponibilidad de su forma fosforilada (fosfocreatina) ha sido considerada como una de las principales limitaciones para el rendimiento muscular en ejercicios de corta duración y alta intensidad, ya que el agotamiento de este compuesto resulta en la incapacidad para resintetizar el adenosin trifosfato (ATP) en las cantidades necesarias. La fosfocreatina (PCr) es una importante fuente de reposición de ATP en tejidos con una fluctuante y rápida demanda de energía. Este suministro está mediado por la reacción de la creatina quinasa (CK), en la que la creatina (Cr) y ADP son reversiblemente fosforilados a la PCR y ATP, respectivamente. El sistema de PCR-CK, que funciona como un tampón espacial y temporal de los niveles de ATP, requiere un alto nivel de Cr total celular. Las altas concentraciones intracelulares de Cr se consiguen mediante una combinación de la producción endógena y la ingesta exógena a través de la dieta, seguida de la captación celular de Cr por los vasos sanguíneos. Numerosos estudios científicos anteriores muestran que niveles endógenos normales de PCr serían suficientes para mantener la producción de ATP durante los primeros 5 a 10 segundos de alta intensidad de ejercicio explosivo. El suministro de PCr es limitado, y su agotamiento es considerado como un importante contribuyente a la fatiga

durante dicha actividad, por lo tanto, la suplementación con creatina exógena se puede utilizar para aumentar las reservas intramusculares de Cr y PCr. Un aumento en la concentración total de creatina en el músculo puede aliviar el agotamiento de las reservas de PCr durante el ejercicio intenso, también limitando la reducción en la tasa de resíntesis de ATP a través de un aumento en la tasa de fosforilación de ADP. En consecuencia, este aumento puede estar directamente relacionado con un mejor rendimiento en corta duración y alta intensidad de ejercicio (Mendes, et al, 2004; Azizi, 2011; Nabuurs, et al, 2013).

#### **4.1.2. Metodología de la suplementación:**

Los primeros estudios señalaban básicamente un protocolo para la creatina, cuya dosis usual incluía una dosis de carga (10-25 g/día para 3-7 día), seguido de una dosis constante de 2 a 10,5 g/día. Además, señalaba más de una forma del mismo suplemento (como monohidrato de creatina y la fosfato de creatina o picolinato de cromo y cloruro de cromo) (Nissen and Sharp, 2003)

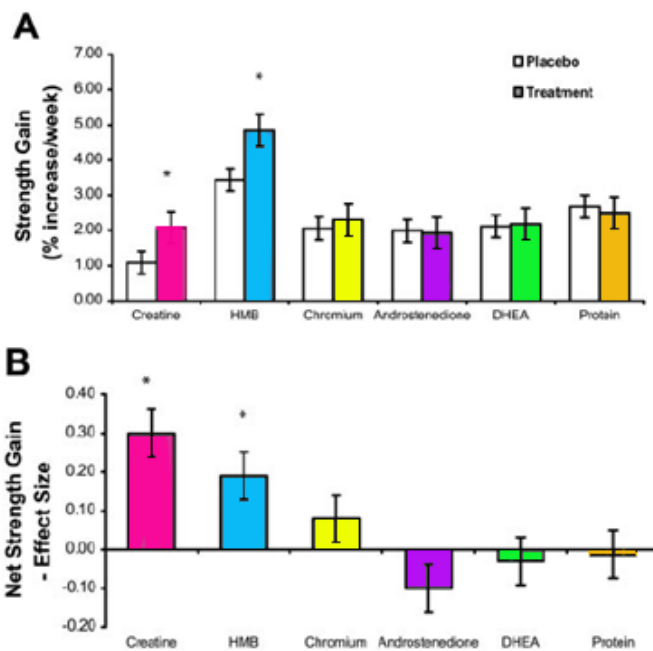
Actualmente, un protocolo típico de suplementación con creatina se compone de una fase de carga de 20 g de creatina monohidratada (CM) al día (20 g/CM/d) o 0,3 g/CM/kg/d dividido en 4 tomas diarias de 5 g cada una, seguidas por una fase de mantenimiento de 3-5 g/CM/d o 0,03 g/CM/kg/d durante la duración del período de suplementación. Otros protocolos de suplementación también son utilizados como una sola dosis diaria de alrededor de 3-6 g o entre 0,03 a 0,1 g/kg/d. Sin embargo este método toma más tiempo (entre 21 a 28 días) para producir efectos ergogénicos.

Existen multitud de protocolos alternativos contemplados en distintos estudios. Un ejemplo consiste en 20 g/CM tomada en dosis de 1 g (ingerido uniformemente a intervalos de 30 min) durante 5 días dio lugar a una reducción de la excreción urinaria de metilamina y creatinina, dando lugar a un aumento estimado en la retención de todo el cuerpo de la creatina (+ 13%) en comparación con un típico protocolo de administración de suplementos de carga de 4 x 5 g/d durante 5 días (ingerido uniformemente a intervalos de 3 horas). Esta mejora en la retención de creatina conduciría a un aumento de peso significativamente mayor cuando las personas siguen un protocolo de ingestión moderada de varias dosis de pequeñas cantidades de CM distribuidas uniformemente a lo largo del día (Cooper, et al, 2012; Ziegenfuss, et al, 2002).

### 4.1.3. Efectos en el organismo:

Diferentes autores han destacado los efectos que la creatina tiene sobre un aumento de la masa muscular y por ende de su fuerza (Volek and Rawson, 2004; Volek et al, 1997; American College of Cardiology, 2002; Nissen and Sharp, 2003; Murphy et al, 2005). Este compuesto mejora el crecimiento muscular y aumenta la fuerza sin los efectos secundarios de los esteroides anabólicos y aumenta la masa muscular en atletas activos que realizan un intenso entrenamiento isométrico. El estudio de Nissen and Sharp (2005) encuentra que la suplementación con creatina resultó en un aumento significativo de la fuerza neta de un 1,09%/semana.

Parte del efecto ergogénico de la suplementación con creatina en los estudios de entrenamiento es independiente del estímulo del entrenamiento y se debe a los efectos agudos de la carga de la creatina y los consiguientes aumentos en los niveles de creatina en los músculos.



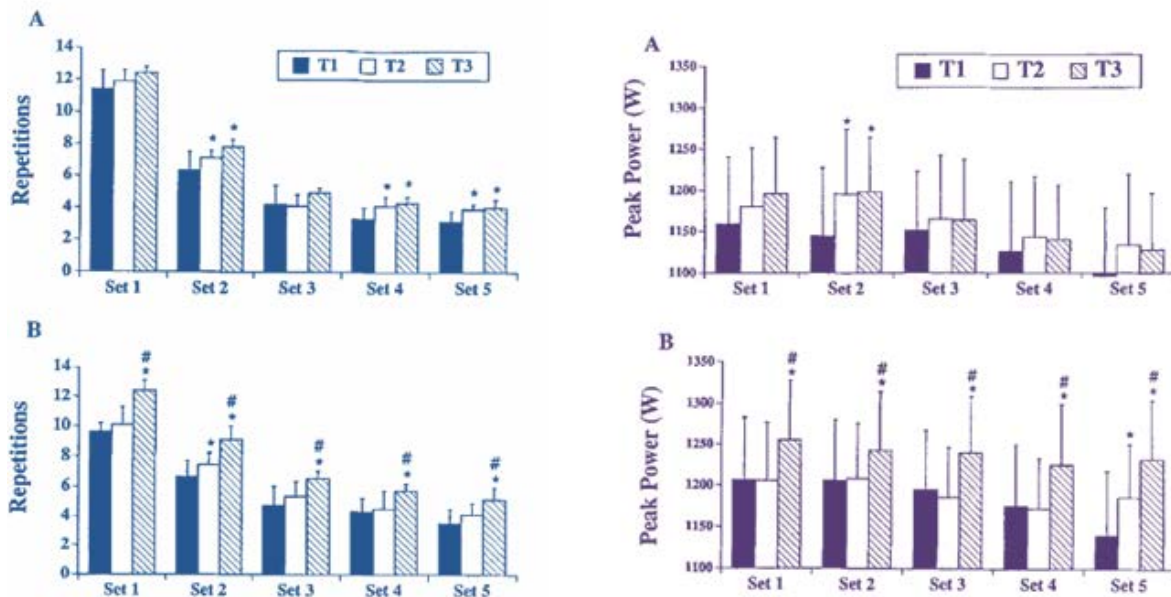
Gráfica A: Representa las ganancias de fuerza (%) por semana, comparando placebo (blanco) con suplementación (color).

Gráfica B: Representa las ganancias en fuerza neta totales según suplemento. Niessen S.L. and Sharp R. L. (2002)

Otros estudios destacan su eficacia para aumentar a corto plazo el rendimiento de la actividad explosiva (Volek and Rawson, 2004; Bell et al, 2004; Volek, et al, 1997; Ziegenfuss et al, 2002; Murphy et al, 2005; Kerksick et al, 2007; Azizi M., 2011; Fukuda et al, 2010; Cooper et al, 2012). Promueve la acumulación de tejido magro y la expresión del ARNm de

los reguladores miogénicos, aumentando significativamente la fuerza, la potencia, el rendimiento de velocidad y/o trabajo realizado durante varios conjuntos de contracciones musculares máximas, y proporciona un beneficio potencial en la provisión de energía durante el ejercicio de alta intensidad a corto plazo, sobre todo cuando se realizan varias repeticiones. La seguridad global y la eficacia de la creatina monohidratada también han sido bien documentadas. Esto se debe a que la suplementación con creatina aumenta sus reservas en el organismo, provocando que se resintetice más PCr, lo cual proporciona más sustrato para la generación de adenosin trifosfato (ATP) y puede mejorar el rendimiento en actividades altamente dependientes de esta sustancia (es decir, anaeróbica, a corto plazo o tareas de alta intensidad en la que se no se mueve la masa corporal). Se ha informado de aumentos del pico de fuerza isocinético en rodilla y la extensión isométrica de tobillo, y la reducción de la fatiga durante el ejercicio dinámico e isométrico. También se ha encontrado que la suplementación con Cr mejora la eficacia del pedaleo en cargas de trabajo submáximas. Esta conclusión está de acuerdo con investigaciones previas y sugiere que la Cr puede ser de beneficio para los pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva, debido a su capacidad para mejorar la eficiencia del ejercicio en las cargas de trabajo submáximas sin influir negativamente en la estructura y la función cardíaca. La creatina proporciona beneficios para todos los tipos de ejercicio, en mayor o menor medida. En resumen:

- Efectos en el ejercicio anaeróbico:
  - Mejora del rendimiento neuromuscular en corta duración, ejercicios predominantemente anaeróbicos, intermitentes.
  - Mayores mejoras en 1RM, la masa corporal magra, área de la sección transversal de la fibra y la proteína contráctil
  - Atenúa los síntomas de fatiga
- Efectos en el ejercicio aeróbico:
  - Aunque la suplementación con creatina ha demostrado ser más eficaz en el ejercicio intermitente predominantemente anaeróbico, hay alguna evidencia de sus efectos positivos sobre las actividades de resistencia.
  - El potencial ergogénico de la suplementación con creatina sobre el ejercicio de resistencia aeróbica disminuye a medida que la duración de la actividad se incrementa por encima de 150s. Sin embargo, se sugiere que la suplementación con creatina puede causar un cambio en la utilización de sustratos durante la actividad aeróbica dando lugar a un aumento del steady state



Gráficas que representan la diferencia entre el grupo A (placebo) y el grupo B (con creatina) en el número de repeticiones y el pico de potencia. Volek et al (1997)

También se ha demostrado que mejora la hipertrofia de las fibras musculares tipo I, IIA, IIB (sobre todo) y en respuesta a 2 semanas de inmovilización de la pierna seguido de 10 semanas de rehabilitación de la rodilla mediante su extensión. Además de encontrarse aumentos significativamente mayores en los tipos I y II de la miosina de cadena pesada (MHC), la abundancia de ARN mensajero y contenido de proteínas después de 12 semanas de entrenamiento de resistencia, lo que sugiere que un aumento en la síntesis de miosina de cadena pesada, explicando en parte los mayores incrementos en el tamaño del músculo con la suplementación con creatina (Volek and Rawson, 2004; Bell et al, 2004; Murphy et al, 2005). Volek and Rawson (2004) además destacan que la creatina aumenta el agua corporal total incluyendo el agua intracelular. Experimentalmente, se ha demostrado que los cambios en el contenido de agua celular influyen en los niveles de glucógeno. Por lo tanto, hay razones para plantear la hipótesis de que la creatina intramuscular elevada puede influir en los niveles de glucógeno.

Un efecto secundario de la administración de suplementos de creatina, un aumento de masa corporal magra, se ha observado en varios informes. Algunos estudios sugieren que el efecto puede ser debido a un aumento en la síntesis de proteínas del músculo, mientras que otros han demostrado que este fenómeno es consecuencia de la acumulación de agua en el medio intramuscular causada por la alta energía osmótica de la creatina. Utilizando el

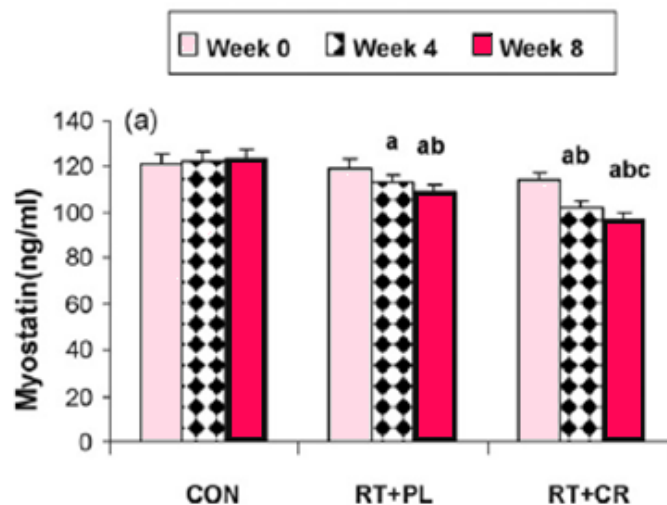
análisis de bioimpedancia multifrecuencia para evaluar los cambios en los compartimentos de líquidos del cuerpo después de la suplementación con Cr, aproximadamente el 90% de la ganancia de peso asociada con los primeros días de la suplementación con Cr puede ser explicado por el aumento en el agua corporal total, ya que gran parte de este aumento está contenida dentro del compartimento intracelular, al menos cuando Cr se combina con un alto índice glucémico de bebidas. Se ha demostrado que la suplementación aguda con creatina induce un incremento en el agua corporal sin aumentar la masa muscular, apoyando la hipótesis de retención de agua se incrementa hasta en aproximadamente 1kg debido a la retención hídrica que provoca. La hidratación de las células juega un papel relevante en el balance de nitrógeno, posiblemente modulando la síntesis de proteínas en algunos tejidos. Por lo tanto, sobre una base a largo plazo, el aumento de la hidratación de las células puede estimular la síntesis de proteínas o reducir su degradación, posiblemente aumentando la masa muscular a medio-largo plazo. Hay diferentes teorías sobre el mecanismo de acción de la creatina. Una de ellas es que se produce un aumento en la fuerza y el tamaño muscular como consecuencia del aumento de la expresión de la cadena pesada de la miosina, mientras la otra concluye que la suplementación con creatina puede tener una acción anti-catabólica en algunas proteínas. Ambas observaciones parecen encajar con la hipótesis general de que la creatina actúa mediante la mejora del volumen celular, que a su vez es un estímulo para la síntesis de proteínas (Volek and Rawson, 2004; Bell et al, 2004; Ziegenfuss et al, 2002; Nissen and Sharp, 2003; Murphy et al, 2005; Mendes et al, 2004).

McMorris et al (2007) indica en su estudio una relación entre la creatina y algunos procesos mentales. Los datos apoyan parcialmente a la hipótesis de que la suplementación con creatina podría tener un efecto positivo sobre el rendimiento cognitivo y psicomotor, y el estado de ánimo durante 36 h de privación del sueño con ejercicios de intensidad moderada. Del mismo modo, tiene un efecto positivo en el desempeño de una tarea compleja, durante la privación del sueño, con el ejercicio de intensidad moderada de manera intermitente. No hubo diferencias con tareas más sencillas. No se encontró ningún efecto significativo de la suplementación con creatina sobre el rendimiento de una prueba de equilibrio o estado de ánimo.

Murphy et al (2005) relaciona la creatina con el trabajo aeróbico de resistencia, indicando que la contribución relativamente pequeña que el sistema de la fosfocreatina (PC) proporciona a la energía total durante el ejercicio de resistencia también puede explicar la falta de beneficio ergogénico de la suplementación con Cr al rendimiento de resistencia. Sin embargo, la evidencia ha indicado que la Cr entra en ambas células esqueléticas y cardíacas a través del mismo mecanismo de transporte dependiente del sodio 17, por lo que

es al menos plausible la suplementación con Cr hidrate las células del músculo cardíaco. Tales efectos en el aumento del volumen pueden tener una influencia significativa en el miocardio, afectando a la hemodinámica del corazón de una manera similar a la observada con la hipertrofia cardíaca, aumentando el volumen de sangre que se mueve con cada latido y mejorando el rendimiento aeróbico.

Saremi et al (2010) relata en su estudio la relación entre la toma de creatina y la miostatina. La miostatina es un regulador catabólico de la masa muscular esquelética que limita el crecimiento del tejido muscular. En el músculo esquelético, la falta de miostatina, causada por la mutación del gen conduce a la hipertrofia muscular y el aumento de la miostatina está acompañado por atrofia muscular. La suplementación con creatina añadida al programa de entrenamiento de resistencia amplifica la reducción inducida por el entrenamiento en los niveles séricos de miostatina, el aumento de los efectos del ejercicio sobre la fuerza muscular y la masa.



Gráfica que muestra la evolución de la miostatina en 8 semanas. CON (control), RT+PL (entrenamiento de resistencia+placebo), RT+CR (entrenamiento de resistencia+creatina). Saremi et al (2010)

Los sujetos con concentraciones de creatina inferiores en los músculos tienen el mayor incremento en la creatina muscular después de la suplementación, mientras que los sujetos con concentraciones de creatina muscular más altas tienen poco o ningún incremento en la creatina muscular después de la suplementación.



#### 4.1.4. Posibles efectos adversos:

El aumento de la excreción urinaria de creatinina en individuos que recibieron suplementación con creatina es un fenómeno frecuentemente reportado en la literatura. La creatinina es el compuesto resultante de la degradación de creatina producido en el medio intramuscular a través de ciclación y deshidratación reacciones irreversibles. Por lo tanto, varios investigadores han sugerido que el aumento de las concentraciones de creatinina en la orina, más que resultar algo nocivo, pueden indicar un aumento en las reservas intramusculares de creatina debido a que el músculo no puede fosforilar el exceso de creatina libre, por lo tanto, la excesiva suplementación eleva las cantidades de creatinina en la orina (Mendes et al, 2004; Saremi et al, 2010).

No se han reportado ni complicaciones cardíacas específicas de la creatina, ni cambios en la función renal. La creatinina sérica puede estar elevada en las primeras 1-2 semanas de uso, pero esto es debido al metabolismo de la creatina. Algunos informes indican que los calambres musculares y malestar gastrointestinal pueden ocurrir a partir de grandes dosis. El aumento de peso, que a menudo se ve en la primera semana de uso, se cree que es debido al aumento de contenido de agua en el músculo esquelético (American College of Cardiology, 2002).

Lugaresi et al (2013) en su estudio indicaba que un protocolo de la suplementación con creatina 12-semanas no afectó a la función renal en individuos sanos que entrenan resistencia, los cuales consumen una dieta alta en proteínas; reforzando así la seguridad de este suplemento dietético. La suplementación con creatina ha sido reconocida como uno de los suplementos dietéticos más eficientes capaces de aumentar la fuerza muscular y la masa magra, así como el rendimiento físico en ejercicio de alta intensidad. Pese a que hay evidencias de que las dietas altas en proteínas pueden acelerar el deterioro renal en personas con enfermedad renal crónica, aunque no se sabe si esto es cierto en personas sanas. Para corroborar la seguridad de este suplemento, en este estudio 35 días de suplementación con creatina no alteraron la función renal en un hombre de 20 años de edad con un solo riñón. Por otra parte, se informó que los 3 meses de la suplementación con creatina no tuvieron ningún efecto nocivo sobre la función renal en las mujeres postmenopáusicas y en enfermos de diabetes tipo II. Sin embargo, es posible que los atletas altamente entrenados que toman esteroides anabólicos y bajo programas de entrenamiento de resistencia exhaustivos puedan experimentar una respuesta diferencial a la suplementación con creatina.

## 4.2. Suplementación con suero de leche:

### 4.2.1. Origen y obtención:

La proteína del suero de leche (WP), es junto con la caseína, la proteína predominante encontrada en la leche. Es el término colectivo utilizado para las fracciones de proteínas solubles extraídas de la leche de vaca que se obtiene a partir del líquido que queda después de que la leche se ha cuajado y se han eliminado las caseínas. Es una mezcla de proteínas globulares que son subproductos solubles en agua de la producción de queso, las cuales contienen cinco proteínas principales: lactoglobulina, lactoalbúmina, glicomacropéptido (dependiendo del método de fabricación de suero de leche), peptona proteasa 3, inmunoglobulinas y la albúmina sérica, que en conjunto conforman aproximadamente 85% de proteína de suero.

Los suplementos WP, (es decir, el 80% + proteínas concentrados (WPC 80) o 90% + aislados de proteína (WPI 90)) se han hecho populares entre los atletas y otras personas interesadas en la obtención de masa muscular. En lugar de simplemente aumentar la cantidad de proteína en la dieta, estas proteínas particulares también pueden proporcionar algunas ventajas nutricionales únicas, como que es soluble en agua y se digiere rápidamente en el cuerpo, ganándose el título de "proteína rápida". Los aminoácidos están rápidamente disponibles en grandes cantidades después de su consumo. Característicamente, estos suplementos WP contienen una concentración muy alta de AAE (45-55g/100g de proteínas) con un mínimo de grasa, hidratos de carbono y la lactosa. Ellos son la fuente más rica conocida de aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), en particular, leucina (hasta a la proteína 14g/100g). La leucina es un modulador establecido del metabolismo de las proteínas del músculo y se ha identificado como un regulador clave en la vía de iniciación de síntesis de proteína muscular, de una mayor calidad proteica y más eficaz en la promoción de la síntesis de proteínas. La composición de aminoácidos en las proteínas de suero de leche es muy similar a la del músculo esquelético, proporcionando casi la totalidad de los aminoácidos en proporción aproximada a sus cantidades en el músculo. Además, algunos de sus derivados se están comercializando para aumentar los tratamientos de cáncer, combatir las enfermedades inflamatorias, curar heridas, promover la reparación ósea y disminuir la presión arterial y el colesterol.

En resumen, la proteína del suero de leche es una proteína de alta calidad, que contiene una mayor cantidad de todos los aminoácidos necesarios en comparación con otras fuentes de alimentos comunes de proteína (por ejemplo, huevo, soja, leche, etc.), promueve la

síntesis de proteínas y evita su degradación. Se ha encontrado que la ingesta de proteína de suero de leche causa un aumento transitorio rápido en los niveles plasmáticos de aminoácidos, causando un aumento en la síntesis de proteínas y poco cambio en su catabolismo. (Simonart T., 2012; Hayes A. and Cribb P. J., 2008; Ha E. and Zemel M. B., 2003; Zimmer R. and Geffen D., 2005; Kerksick C. M. et al, 2006; Wilborn C. D. et al, 2013)

#### **4.2.2. Metodología de la suplementación:**

Hayes and Cribb (2008) señalan que la suplementación con suero de leche, en dosis de 25g/d, usa para aumentar la fosforilación de p70-S6k; una quinasa reguladora importante en la activación de la síntesis de proteína muscular en respuesta al ejercicio, por lo que esta aumentaría notablemente. Se puede utilizar tanto para aumentar el rendimiento como en la vida diaria, ya que puede favorecer el mantenimiento de la masa corporal magra. Con una dosis un poco más alta, de 30g/d, mejoró la composición corporal (manteniendo la masa magra, reduciendo la masa grasa). Un dato importante es que esta mejora se ha obtenido sin la práctica de ejercicio físico.

Otro protocolo es el descrito por Churchward-Venne et al (2012), en el que para individuos sanos jóvenes, el contenido de leucina proporcionado por ~ 6,25 g de proteína de suero de leche (~ 0,75 g) parece ser suficiente para activar e inducir una estimulación máxima de síntesis de la proteína miofibrilar siempre que se proporcionen cantidades adecuadas de los otros aminoácidos esenciales (AAE) (es decir, cantidades equivalentes a 25 ~ g de proteína de suero de leche o ~ 8,5 g AAE). Alternativamente, puede haber otros aminoácidos esenciales, además de la leucina, que pueden estimular la síntesis de la proteína miofibrilar. Por ejemplo, valina, fenilalanina y treonina han demostrado aumentar la síntesis de la proteína muscular. Mientras que la leucina (aminoácido presente en el suero de leche) es potente en su capacidad de estimular la síntesis de la proteína miofibrilar, sólo se requiere una cantidad relativamente pequeña (0,75 g) para lograr una estimulación máxima cuando otros aminoácidos esenciales se proporcionan en cantidades más grandes (~ 8,5 g).

#### 4.2.3. Efectos en el organismo:

Como la mayoría de los suplementos de proteína, los preparados de proteína de suero de leche (WP) promueven el mantenimiento del equilibrio de nitrógeno positivo en los deportistas. Esto significa esencialmente que no hay almacenamiento neto de aminoácidos, y los niveles de síntesis de proteínas musculares se mantienen por encima de los niveles de degradación de las proteínas. Los suplementos de WP poseen una cinética de digestión/absorción más bien únicas. La respuesta aguda a una sola dosis de WP es un pico muy alto (pero transitorio) de aminoácidos en la sangre y la estimulación de la síntesis de proteínas (en el cuerpo entero) en comparación con otras fuentes de proteínas de alta calidad, tales como la caseína (la otra proteína principal de la leche bovina). Las ventajas de las proteínas de suero de leche en términos de anabolismo muscular aparte de estar relacionadas con su rápida velocidad de absorción, se caracterizan por la abundancia de leucina para iniciar su síntesis, así como su composición de aminoácidos para proporcionar el sustrato para la síntesis de proteínas. Lo que es más relevante es que cuando los suplementos de WP se consumen como parte de una comida mixta de macronutrientes, la cinética de absorción rápida de esta proteína y la capacidad de estimular una tasa muy alta de síntesis de proteínas musculares es inalterada, pero el resultado es un estado más prolongado del anabolismo y la inhibición de la degradación de la proteína, así como una mayor ganancia neta en la proteínas en todo el cuerpo. Su consumo puede provocar un estímulo anabólico más allá del proporcionado simplemente por su aporte nutricional de aminoácidos, induciendo un aumento significativo en el índice de aumento de proteína y una significativamente mayor respuesta de la insulina (respuesta endocrina esencial para el anabolismo muscular) en comparación con los grupos de tratamiento que recibieron cantidades equivalentes de otro tipo de proteína (Ha and Zemel, 2003; Zimmer and Geffen, 2005; Kerksick et al, 2007; Hayes and Cribb, 2008; Crittenden et al, 2009; Fukuda et al, 2010; Churchward-Venne et al, 2012; Butteiger et al, 2013; Luiking et al, 2014).

Diversos estudios (Ha and Zemel, 2003; Zimmer and Geffen, 2005; Kerksick et al, 2007; Hayes and Cribb, 2008; Genton et al, 2010) destacan cómo la suplementación con WP muestra un aumento en las ganancias en fuerza, masa corporal magra e hipertrofia muscular en comparación con la equivalente de otras proteínas o carbohidratos, lo que está directamente relacionado con un aumento del rendimiento. Además, el consumo estratégico de un suplemento a base de WP justo antes e inmediatamente después del ejercicio de resistencia representa una estrategia simple pero eficaz que mejora la hipertrofia muscular, y de la fuerza durante el entrenamiento de resistencia.

El suero de leche también es una rara fuente rica en residuos de cisteína. El catabolismo hepático de cisteína (cisteína y su gemelo disulfuro, la cistina) es un regulador clave de todo el metabolismo de la proteína corporal y los cambios en la masa muscular. Un suministro abundante de cisteína en la sangre es necesario para el catabolismo hepático de estos aminoácidos (AA) en sulfato y protones; un proceso que regula a la baja la producción de urea, promueve la síntesis de glutatión y desplaza toda la disposición de nitrógeno corporal a favor de la preservación de la reserva muscular de AA.

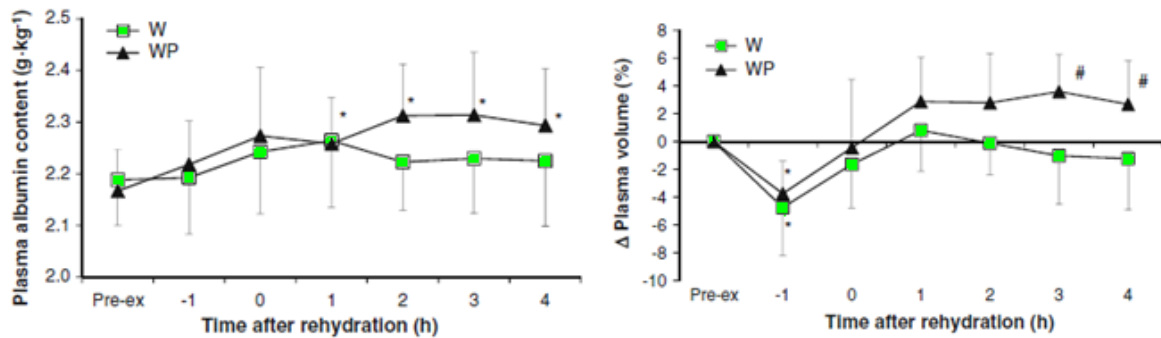
Además, el suero de leche puede ofrecer una ventaja nutricional hacia el logro de una composición corporal deseable más allá de promover el incremento de masa magra corporal. Estudios recientes muestran que el calcio y la mezcla de minerales proporcionados por los productos lácteos disminuyen la acumulación de grasa corporal y acelera la pérdida de peso y grasa durante la restricción de energía. La mayoría de los productos de suero de leche proporcionan una cantidad y composición de minerales y aminoácidos comparable a la leche desnatada. Su administración muestra una mejora en la composición corporal a través de una oxidación de grasas más eficiente en las horas después del ejercicio, el aumento de la sensibilidad muscular a la insulina y la supresión de la síntesis hepática de ácidos grasos junto a un aumento en la utilización de la grasa por el músculo.

En cuanto al rendimiento, la suplementación con suero de leche después de ejercicio de resistencia resultó en una mayor activación de las proteínas clave en el complejo de iniciación de la traslación que estimula la síntesis de proteínas musculares, además de un aumento de la masa muscular, por lo tanto de la fuerza y el rendimiento. En el estudio de Hayes and Cribb (2008), la fuerza excéntrica aumentó después de 12 semanas de entrenamiento (25% mayor que el placebo) en los jóvenes, pero no en los adultos mayores. También, los adultos mayores a los que se les dio WPI demostraron un aumento de 17,3 veces en el gen PAX7 (marcador de la activación del músculo-crecimiento) en comparación con un aumento de 2,6 veces en el grupo de placebo. El suero de leche es capaz de mantener las tasas elevadas de síntesis de la proteína miofibrilar 3-5 h después del ejercicio de resistencia y por lo tanto puede ser una mejor opción para apoyar el ejercicio de resistencia que induce al anabolismo. Además mejora las adaptaciones al entrenamiento observadas en comparación con los sujetos que ingieren un placebo de carbohidratos o un grupo proteínas similares. Su ingesta tras el ejercicio de resistencia aumenta la tasa de síntesis de proteína muscular (MPS) en comparación con el ejercicio solo. Los investigadores se han centrado en el período de tiempo post-ingestión 1-4 h., ya que la síntesis de proteína muscular está óptimamente estimulada por el suero de leche u otras mezclas de aminoácidos durante este intervalo, debido a la rápida digestión y las tasas de

absorción de aminoácidos de estas fuentes (Kerksick et al, 2006; Hayes and Cribb, 2008; Genton et al, 2010; Churchward-Venne et al, 2012).

Simonart (2012) indica un creciente interés en el suero de leche, como un recurso natural potencialmente rico en componentes bioactivos para reducir el riesgo de enfermedad y/o prevenir su desarrollo. Mientras, otros autores (Ha and Zemel, 2003; Luiking et al, 2014) señalan que la lactoferrina y lactoferricina, dos proteínas de menor importancia en el suero de leche, funcionan como antioxidantes a través de su capacidad de fijación de hierro. La lactoferrina está sólo 8-30% saturada en su estado nativo, una condición que permite la quelación de hierro y la posterior inhibición del crecimiento bacteriano o reacciones oxidativas. El suero de leche también puede mejorar la capacidad antioxidante contribuyendo con proteínas ricas en cisteína que son clave en la síntesis de glutatión, un importante antioxidante intracelular. Este efecto agudo sobre síntesis postprandial de proteínas musculares es prometedor para los posibles efectos a largo plazo sobre los parámetros de masa muscular, la fuerza y la función en las personas mayores con sarcopenia. Kraemer et al, (2013), sin embargo, destaca que el suero de leche influye en la respuesta de cortisol después de una serie aguda de ejercicio de resistencia por su incremento durante la recuperación.

La ingestión de proteínas después del ejercicio ha demostrado que aumenta el contenido de albúmina plasmática, que, como la proteína de plasma principal es el principal contribuyente a la presión oncótica y puede desempeñar un papel en el equilibrio de líquidos después del ejercicio. En el estudio de James et al (2014), el contenido de albúmina plasmática se incrementó de 1 h después de beber agua + suero de leche, una diferencia que no fue evidente al beber solo agua, y este cambio en el contenido de albúmina plasmática probablemente explica por qué el volumen de plasma fue mayor a las 3 h y 4 h tras beber agua + suero de leche en comparación con agua sola. La adición de proteína de suero de leche a una bebida (20 g/L) ni mejora ni inhibe el proceso de rehidratación después del ejercicio cuando un volumen equivalente a 150% de las pérdidas de sudor se ingiere en 1 h. Esta información es relevante para el atleta o deportista recreativo ya que los requerimientos nutricionales después del ejercicio son a menudo multifactoriales (rehidratación, la resíntesis de glucógeno, la síntesis de proteínas miofibrilares/mitocondriales), y los datos actuales demuestran que cuando la ingesta de proteínas después del ejercicio puede beneficiar la recuperación o adaptación, esto se puede lograr sin comprometer una rehidratación.



Gráfica que representa el contenido de albúmina en el plasma sanguíneo (izq.) y el incremento del volumen plasmático (dcha.). Los triángulos representan a las personas que ingirieron suero de leche.

James L. J. et al (2014)

#### 4.2.4. Posibles reacciones adversas:

El desarrollo de acné después de la utilización de los batidos de proteína de suero de leche ha sido poco descrita en la literatura médica. No es posible separar los efectos del consumo de proteína de suero y otras actitudes dietéticas, hábitos de vida y características psicológicas que pueden estar asociados con el culturismo. La mayoría de estos pacientes también tenían un índice de masa corporal elevado, que se ha demostrado que se asocia con un mayor riesgo de desarrollar acné en algunos estudios, por lo que el suero de leche no estaría directamente relacionado con esta afección (Simonart, 2012).

En cuanto a la función renal, no existe ninguna evidencia de efectos adversos. Un consumo elevado de proteínas aumenta consistentemente la excreción urinaria de calcio. Sin embargo, estudios recientes demuestran que la ingesta elevada de proteínas en realidad aumenta la absorción intestinal de calcio y mantiene o aumenta la densidad mineral ósea, por lo que, de nuevo, el suero de leche no estaría directamente relacionado (Genton et al, 2010).

## 5. Conclusiones:

La suplementación con proteínas es una ayuda ergogénica muy usada y necesaria en el deporte actual, debido a las mayores necesidades de los deportistas respecto al resto de la población.

La creatina, una forma muy popular de suplementación, incrementa la síntesis de fosfocreatina, manteniendo un balance neto y evitando una excesiva degradación. Es muy eficaz en deportes anaeróbicos en los que se realizan esfuerzos cortos de gran intensidad. En el deporte aeróbico no tiene un papel muy importante, aunque se usa en la fase preparatoria cuando los atletas para adquirir un óptimo estado de fuerza realizan trabajos de fuerza-resistencia.

Por otra parte, el suero de leche o “whey protein”, es una forma de suplementación mucho más reciente que la creatina y de la que aún no hay tantos estudios ni investigaciones. Esta suplementación aumenta dramáticamente la tasa de síntesis de proteína al finalizar cualquier tipo de ejercicio, independientemente del tipo que sea. También actúa en la composición corporal, mejorándola al movilizar más masa libre de grasa y aumentando la masa muscular, lo que está directamente relacionado con un aumento del rendimiento.

Comparando brevemente ambas, la antigüedad del uso de la creatina hace que haya protocolos de uso mejor establecidos que respecto al suero de leche, lo que facilita que se tome la dosis óptima en el momento preciso. Ésta también está más enfocada a un grupo más concreto de los atletas, a diferencia del suero de leche que se utiliza en cualquier actividad. Ambas aumentan la tasa de síntesis de proteínas del ejercicio, aunque el aumento del suero de leche es más pronunciado al principio que el de la creatina. El uso del suero de leche es más a nivel de complemento nutritivo debido a su composición rica en aminoácidos esenciales, sobretodo de leucina.

Finalmente, cabe destacar que ninguno de estos suplementos está relacionado directamente con daños renales, acné, o cualquier tipo de problema, por lo que su uso es totalmente seguro.



## 6. Bibliografía:

American College of Cardiology (2002). Dietary supplements in athletes. *Current Journal Review*, 11 (1), 18-20

American Dietetic Association (2005). Fortification and Nutritional Supplements. *Journal of the American Dietetic Association*, 105 (8), 1300-1311

Andersen L. L., Tufekovic G., Zebis M. K., Cramer R. M., Verlaan G., Kjær M., Suetta C., Magnusson P., Aagaard P. (2005). The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism*, 64 (2), 151-156

Azizi M. (2011). The effect of a short-term creatine supplementation on some of the anaerobic performance and sprint swimming records of female competitive swimmers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1626-1629

Ballar T., Specker B. L., Binkley T. L., Vukovich M. D. (2006). Effect of protein supplementation during 6-month strength and conditioning program on areal and volumetric bone parameters. *Bone*, 38 (6), 898-904

Bell A., Dorsch K. D., McCreary D. R., Hovey R. (2004). A look at nutritional supplement use in adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 34 (6), 508-516

Bradley-Popovich G. and Mohr C. R. (2003). Augmented protein intake for athletes: Are safety concerns well founded?. *Journal of Chiropractic Medicine*, 2 (1), 13-15

Butteiger D. N., Cope M., Liu P., Mukherjea R., Volpi E., Rasmussen B. B., Krul E. S. (2013). A soy, whey and caseinate blend extends postprandial skeletal muscle protein. *Clinical Nutrition*, 32 (4), 585-591

Cawood A. L., Elia M., Stratton R. J. (2012). Systematic review and meta-analysis of the effects of high protein oral nutritional supplements. *Ageing Research Reviews*, 11 (2), 278-296

Cermak n. M., Res P. T., De Groot L. C., Saris W. H., Van Loon L. J. (2012). Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 96 (6), 1454-1464

Churchward-Venne T. A., Burd N. A., Mitchell C. J., West D. W., Philp A., Marcotte D. R., Baker S. K., Baar K., Phillips S. M. (2012). Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. *Journal of Physiology*, 11, 2751-2765

Cooper R., Naclerio F., Allgrove J., Jiménez A. (2012). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports and Nutrition*, 9 (1), 19-33

Crittenden R., Buckley J., Cameron-Smith D., Brown A., Thomas K., Davey S., Hobman P. (2009). Functional dairy protein supplements for elite athletes. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 64 (1), 133-137

Dascombe B. K., Karunaratna M., Cartoon J., Fergie B., Goodman C. (2010) Nutritional supplementation habits and perceptions of elite athletes within a state-based sporting institute. *Journal of Science and medicine in Sport*, 13 (2), 274-280

Fukuda D. H., Smith A. E., Kendall K. L., Stout J. R. (2010). The possible combinatory effects of acute consumption of caffeine, creatine, and amino acids on the improvement of anaerobic running performance in humans. *Nutrition Research*, 30 (9), 607-614

Genton L., Melzer K., Pichard C. (2010). Energy and macronutrient requirements for physical fitness in exercising subjects. *Clinical Nutrition*, 29 (4), 413-423

Ha E. and Zemel M. B. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 14 (5), 251-258

Hayes A. and Cribb P. J. (2008). Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 11 (1), 40-44

Herda A. A., Herda T. J., Costa P.B., Ryan E. D., Stout J. R., Cramer J. T. (2013). Muscle performance, size, and safety responses after eight weeks of resistance training and protein supplementation: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27 (11), 3091-3100

Hoffman J. R., Ratamess N. A., Kang J., Falvo M. J., Faigenbaum A. D. (2007). Effects of protein supplementation on muscular performance and resting hormonal changes in college football players. *Journal of Sports, Science and Medicine*, 6 (1), 85-92

Hoffman J. R., Ratamess N. A., Tranchina C. P., Rahsti S. L., Kang J., Faifenbaum A. D. (2010). Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids*, 38 (3), 771-778

Hubbard G. P., Marinos E., Holdoway A., Stratton R. J. (2012). A systematic review of compliance to oral nutritional supplements. *Clinical Nutrition*, 31 (3), 293-312.

Huybrechts I., Maes L., Vereecken C., De Keyzer W., De Bacquer D., De Backer G., De Henauw S. (2010). High dietary supplement intakes among Flemish preschoolers. *Appetite*, 54 (2), 340-345

James L. J., Mattin L., Aldiss P., Adebishi R., Hobson R. M. (2014). Effect of whey protein isolate on rehydration after exercise. *Amino Acids*, 46 (5), 1217-1224

Kerksick C. M., Rasmussen C. J., Lancaster S. L., Magu B., Smith P., Melton C., Greenwood M., Almada A. L., Earnest C. P., Kreider R. B. (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20 (3), 643-653

Kerksick C. M., Rasmussen C., Lancaster S., Starks M., Smith P., Melton C., Greenwood M., Almada A., Kreider R. (2007). Impact of differing protein sources and a creatine containing nutritional formula after 12 weeks of resistance training. *Nutrition*, 23 (9), 647-656

Kiertscher E., DiMarco N. M. (2013). Use and rationale for taking nutritional supplements among collegiate athletes at risk for nutrient deficiencies. *Performance Enhancement & Health*, 2 (1), 24-29.

Kraemer W. J., Solomon-Hill G., Volk B. M., Kupchak B. R., Looney D. P., Dunn-Lewis C., Comstock B. A., Szivak T. K., Hooper D. R., Flanagan S. D., Maresh C. M., Volek J. S. (2013). The effects of soy and whey protein supplementation on acute hormonal responses to resistance exercise in men. *The Journal of the American College of Nutrition*, 32 (1), 66-74

Lavalli J., Toulson M. I., Correia, D. (2010). Intake of nutritional supplements among people exercising in gyms and influencing factors. *Nutrition*, 26 (6), 604-611

Lemon P. (1997). Dietary protein requirements in athletes. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 8 (2), 52-60

Lugaresi R., Leme M., De Salles Painelli V., Murai I. H., Roschel H., Sapienza M. T., Lancha A. H., Gualano B. (2013). Does long-term creatine supplementation impair kidney function in

resistance-trained individuals consuming a high-protein diet? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10 (1), 10-26

Luiking Y. C., Deutz N. E., Memelink R. G., Verlaan S., Wolfe R. R. (2014). Postprandial muscle protein synthesis is higher after a high whey protein, leucine-enriched supplement than after a dairy: A randomized controlled trial. *Nutrition Journal*, 13 (9), doi:10.1186/1475-2891-13-9

McMorris T., Harris R. C., Howard A. N., Langridge G., Hall B., Corbett J., Dicks M., Hodgson C. (2007). Creatine supplementation, sleep deprivation, cortisol, melatonin and behavior. *Physiology & Behavior*, 90 (1), 21-28

Mendes R., Pires I., Oliveira A., Tirapegui J. (2004). Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15 (8), 473-478

Murphy A. J., Watsford M. L., Coutts A. J., Richards D. A. B. (2005). Effects of creatine supplementation on aerobic power and cardiovascular structure and function. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8 (3), 305-313

Nabuurs C. I., Choe C. U., Veltien A., Kan H. E., Van Loon L. J., Rodenburg R. J., Mastchke J., Wieringa B., Kemp G. J., Isbrandt D., Heerschap A. (2013). Disturbed energy metabolism and muscular dystrophy caused by pure creatine deficiency are reversible by creatine intake. *The Journal of Physiology*, 15 (2), 571-592

Nissen S. L. and Sharp R. L. (2003). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 94 (2), 651-659

Philips S. M. (2004). Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*, 20 (7-8), 689-695

Poortmans J. R., Carpentier A., Pereira-Lancha L. O., Lancha J. A. (2012). Protein turnover, amino-acid requirements and recommendations for athletes and active populations. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 45 (10), 875-890

Saremi A., Gharakhanloo R., Sharghi S., Gharaati M. R., Larijani B., Omidfar K. (2010). Effects of oral creatine and resistance training on serum myostatin and GASP-1. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 317 (1-2), 25-30

Schmitz S. M., Hofheins J. E., Lemieux R. (2010). Nine weeks of supplementation with nutrient product augments gains in lean mass, strength, and muscular performance in resistance trained men. *Journal of the International Society of Sports and Nutrition*, 16 (1), 7-40

Simonart T. (2012). Acne and whey protein supplementation among bodybuilders. *Dermatology*, 225 (3), 256-258

Stratton R. J., Marinos E. (2007). A review of reviews: A new look at the evidence for oral nutritional supplements in clinical practice. *Clinical Nutrition Supplements*, 2 (1), 5-23

Tarnopolsky M. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20 (7-8), 662-668

Volek J. S. and Rawson E. S. (2004). Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutrition*, 20 (7-8), 609-614

Volek, J. S., Kraemer W. J., Bush J. A., Boetes M., Incledon T., Clarck K. L., Lynch J. M. (1997). Creatine Supplementation Enhances Muscular Performance during High-Intensity Resistance Exercise. *Journal of the American Dietetic Association*, 97 (7), 765-770

Wilborn C. D., Taylor L. W., Outlaw J., Williams K., Campbell B., Foster C. A., Smith-Ryan A., Urbina S., Hayward S. (2013). The effects of pre and post-exercise whey vs. casein protein consumption on body composition and performance measures in collegiate female athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12 (1), 74-79

Witard O. C., Turner J. E., Jackman S. R., Kies A. K., Jeukendrup A. E., Bosch J. A., Tipton K. D. (2014). High dietary protein restores overreaching induced impairments in leukocyte trafficking and reduces the incidence of upper respiratory tract infection in elite cyclist. *Brain, Behavior and Immunity*, 39, 211-219

Ziegenfuss T. N., Rogers M., Lowery L., Mullins N., Mendel R., Antoner J., Lemon P. (2002). Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in NCAA division I athletes. *Nutrition*, 18 (5), 397-402

Zimmer R. and Geffen D. (2005). Whey Protein- The Role of Protein Supplementation in Resistance Training. *Nutrition Bytes*, 10 (2)