

Creatina como Estrategia Ergogénica en el Rendimiento del Voleibol Femenino: Revisión Narrativa

Creatine as an Ergogenic Strategy in Female Volleyball Performance: A Narrative Review

Abril del Carmen Raygoza Moreno¹, Giovanni Isaí Ramírez Torres^{2**}, Itzel Adilene Manjarrez Bastidas³

1. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

2. Docente Investigador de Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

3. Facultad de Educación Física y Deporte, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

**Correspondencia: giovanni.ramirez@uas.edu.mx

Palabras claves	RESUMEN
Creatina monohidratada Fosfocreatina Rendimiento muscular Voleibol femenino Suplementación ergogénica	Introducción: La creatina es uno de los suplementos ergogénicos más estudiados y con mayor respaldo científico en el ámbito del rendimiento deportivo. Su participación en el sistema fosfágeno (PCr-ATP) contribuye a mantener la homeostasis energética muscular durante esfuerzos breves y de alta intensidad, favoreciendo el incremento de la potencia, la capacidad anaeróbica y la recuperación entre esfuerzos repetidos. Objetivo: Analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre la suplementación con creatina, desde sus fundamentos bioquímicos hasta su aplicabilidad en diversas disciplinas deportivas, con énfasis en su efecto sobre el rendimiento anaeróbico y en los vacíos de investigación existentes en mujeres y en el voleibol. Metodología: Se realizó una revisión narrativa de estudios experimentales, revisiones y metaanálisis publicados entre 2000 y 2025 en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, MDPI y SpringerLink. Se incluyeron investigaciones que evaluaron la suplementación con creatina monohidrato en deportistas, considerando su efecto sobre la fuerza, la potencia, la capacidad de salto y la recuperación muscular. Resultados: La suplementación con creatina incrementa las reservas musculares de fosfocreatina entre un 20 y un 40%, acelerando la resíntesis de ATP y mejorando la potencia máxima, la fuerza y el rendimiento en ejercicios intermitentes. Los resultados son más consistentes en deportes de alta intensidad como fútbol, baloncesto, atletismo de velocidad y balonmano. En contraste, los estudios centrados en mujeres y en voleibol son limitados y presentan heterogeneidad metodológica; sin embargo, los datos disponibles indican mejoras significativas en la altura del salto y en la resistencia a la fatiga. Conclusiones: La creatina es un suplemento seguro y eficaz para optimizar el rendimiento anaeróbico sin necesidad de inducir hipertrofia muscular. No obstante, la evidencia específica en mujeres y en jugadoras de voleibol sigue siendo escasa, lo que subraya la importancia de ampliar la investigación en estas poblaciones. Fortalecer la base científica permitirá comprender mejor sus efectos fisiológicos y diseñar estrategias nutricionales más inclusivas, individualizadas y específicas para cada disciplina deportiva.
Keywords	ABSTRACT
Creatine monohydrate Phosphocreatine (PCr-ATP) Muscular performance Female volleyball Ergogenic supplementation	Introduction: Creatine is one of the most extensively studied and scientifically supported ergogenic supplements in sports performance. Its role within the phosphagen system (PCr-ATP) helps maintain muscular energy homeostasis during short, high-intensity efforts, enhancing power output, anaerobic capacity, and recovery between repeated bouts of exercise. Objective: To critically analyze the scientific evidence on creatine supplementation, from its biochemical mechanisms to its applicability across different sports disciplines, with emphasis on its effects on anaerobic performance and the existing research gaps in women and volleyball. Methods: A systematic review was conducted using experimental studies, reviews, and meta-analyses published between 2000 and 2025 in PubMed, Scopus, Web of Science, MDPI, and SpringerLink databases. Studies evaluating creatine monohydrate supplementation in athletes were included, focusing on its effects on strength, power, jump performance, and recovery. Results: Creatine supplementation increases intramuscular phosphocreatine stores by 20–40%, accelerating ATP resynthesis and improving maximal strength, power output, and performance in intermittent high-intensity exercise. The most consistent effects are reported in sports such as soccer, basketball, sprinting, and handball. In contrast, studies involving women and volleyball players remain limited and methodologically heterogeneous; however, available data suggest significant improvements in jump height and fatigue resistance. Conclusions: Creatine is a safe and effective ergogenic aid for optimizing anaerobic performance without inducing muscle hypertrophy. Nevertheless, evidence in women and volleyball athletes remains scarce, highlighting the need for further research in these populations. Expanding the scientific evidence base will improve understanding of its physiological effects and support the development of more inclusive, individualized, and sport-specific nutritional strategies.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda por optimizar el rendimiento deportivo ha llevado a identificar compuestos capaces de mejorar la eficiencia bioenergética del músculo. Entre ellos, la creatina se ha consolidado como el suplemento ergogénico más investigado y con mayor respaldo científico dentro del ámbito

deportivo (Kreider et al., 2017; Wax et al., 2021). Su popularidad se debe a su capacidad para incrementar la disponibilidad energética inmediata durante esfuerzos explosivos y repetidos, lo que se traduce en una mejora del rendimiento en pruebas de potencia, fuerza y velocidad (Forbes et al., 2023; Ribeiro et al., 2021).

Desde los primeros reportes de su uso sistemático en atletas durante la década de 1990, la suplementación con creatina monohidrato ha demostrado aumentar la capacidad de trabajo anaeróbico y acelerar la recuperación entre series de alta intensidad (Wax et al., 2021; Wu et al., 2022). Estos efectos son especialmente evidentes en deportes intermitentes que combinan sprints, saltos o cambios de dirección, como el fútbol, el baloncesto o el atletismo de velocidad, donde la resíntesis rápida de ATP es determinante para sostener el rendimiento competitivo (Mielgo-Ayuso et al., 2019; Forbes et al., 2023).

El auge de los suplementos deportivos ha generado una creciente necesidad de distinguir entre aquellos con respaldo científico y los basados en evidencia anecdótica. En este contexto, la creatina se posiciona como uno de los pocos compuestos con eficacia comprobada, según revisiones recientes sobre suplementos nutricionales utilizados en el ámbito del fitness (Soler & Cardona et al., 2019).

Además de mejorar la potencia inmediata, la creatina favorece la estabilidad metabólica del músculo, retrasando la fatiga y facilitando la recuperación post-ejercicio. La evidencia indica que su eficacia aumenta cuando se combina con entrenamiento físico, ya que la contracción muscular potencia la captación y el almacenamiento intramuscular del compuesto (Arazi et al., 2021; Ribeiro et al., 2021). Su perfil de seguridad, junto con los beneficios consistentes observados en atletas de distintos niveles, la posicionan como una estrategia ergogénica fundamental en el rendimiento de alta intensidad (Kreider & Stout, 2021).

Pese a la abundancia de estudios en deportes como fútbol, ciclismo o levantamiento de potencia, aún existe una notable carencia de evidencia específica en disciplinas como el voleibol, particularmente en mujeres deportistas. Este vacío resulta relevante si se considera que el rendimiento en voleibol depende en gran medida de acciones explosivas repetidas saltos, bloqueos, remates y desplazamientos cortos que involucran predominantemente el sistema de fosfágenos (Sheppard et al., 2008). Explorar el efecto de la suplementación con creatina en esta población

permitiría determinar su impacto sobre variables clave como la potencia de salto, la fuerza de remate y la capacidad de recuperación entre rallies, aportando evidencia práctica a la nutrición deportiva aplicada.

Por lo tanto, el presente artículo tiene como propósito analizar la creatina desde una perspectiva integral, abarcando su síntesis, mecanismos de acción y efectos ergogénicos, así como la evidencia disponible en diferentes disciplinas deportivas. Finalmente, se busca destacar la necesidad de profundizar en su estudio dentro del contexto del voleibol femenino, una disciplina donde las demandas energéticas y fisiológicas requieren estrategias nutricionales específicas y basadas en evidencia científica.

Origen, síntesis y metabolismo de la creatina

La creatina, químicamente denominada *N-aminoiminometil-N-metilglicina* o metilguanidinoacético, es un compuesto nitrogenado no proteico derivado de los aminoácidos arginina, glicina y metionina (Kreider & Stout, 2021; Bonilla et al., 2021). Fue identificada por primera vez en 1832 por Michel Eugène Chevreul, quien la aisló a partir de tejido muscular y la nombró a partir del término griego *kreas*, que significa carne. Más tarde, Justus von Liebig propuso su relación con la contracción muscular, y en 1927 Eggleton y Eggleton descubrieron la fosfocreatina (PCr) como un compuesto fosforilado de alta energía, consolidando su rol como reservorio energético inmediato (Bird et al., 2003; Su et al., 2025).

En condiciones fisiológicas, la creatina se produce endógenamente principalmente en el riñón, hígado y páncreas a través de un proceso en dos etapas enzimáticas altamente reguladas (Bonilla et al., 2021). En el primer paso, la enzima arginina:glicina amidinotransferasa (AGAT) cataliza la transferencia de un grupo amidino desde la arginina hacia la glicina, generando guanidinoacetato (GAA) y liberando ornitina como subproducto. Posteriormente, el GAA es transportado al hígado, donde la guanidinoacetato N-metiltransferasa (GAMT) utiliza S-adenosilmetionina (SAM) como donador de grupos metilo para convertirlo en creatina, liberando S-

adenosilhomocisteína (SAH) (Bonilla et al., 2021; Kreider & Stout, 2021; Su et al., 2025). Una vez sintetizada, la creatina se libera al torrente sanguíneo y se distribuye hacia los tejidos periféricos a través de la circulación sistémica. El transporte hacia el interior de la célula muscular se realiza mediante un sistema dependiente de sodio y cloro denominado transportador de creatina (CRT o SLC6A8), altamente expresado en músculo esquelético y cardíaco (Bonilla et al., 2021). Este transportador actúa como una proteína transmembrana que utiliza el gradiente de sodio y cloro para introducir la creatina en el interior celular, manteniendo así un adecuado abastecimiento energético en tejidos con alta demanda metabólica como el músculo (Bonilla et al., 2021). En términos funcionales, el CRT permite que la creatina, junto con dos iones de sodio y uno de cloro, atraviese la membrana y se acumule en el citoplasma, donde puede ser fosforilada y participar en la regeneración de ATP durante la contracción muscular (Bonilla et al., 2021). Este proceso de transporte puede verse influenciado por factores hormonales como la insulina o los estrógenos, y por el estado fisiológico del músculo, ya que el ejercicio físico incrementa la perfusión y la sensibilidad del transportador, potenciando la captación de creatina (Ribeiro et al., 2021). Asimismo, hormonas como el IGF-1, la triyodotironina (T_3) y las catecolaminas (noradrenalina, isoproterenol y clenbuterol) pueden estimular la actividad del CRT mediante la activación de receptores de membrana y la modulación del gradiente de sodio (Bonilla et al., 2021). Esta regulación ocurre principalmente a través de mecanismos de fosforilación y glicosilación, que modifican la localización y eficiencia del transportador en la membrana celular, aumentando su capacidad para movilizar creatina hacia el interior de la célula (Bonilla et al., 2021). Cabe destacar que una alteración en la función o expresión del CRT puede comprometer la disponibilidad intracelular de creatina, afectando los procesos de resíntesis de fosfocreatina y la homeostasis energética. De hecho, las deficiencias congénitas del transportador se asocian con trastornos neurometabólicos que incluyen alteraciones neurológicas, convulsiones, retraso cognitivo y manifestaciones similares al autismo, lo que evidencia su papel esencial en la función muscular y cerebral (Bonilla et al., 2021). En

promedio, alrededor del 95% del total corporal de creatina se encuentra almacenado en el músculo esquelético, mientras que el resto se distribuye entre el cerebro, el corazón y los testículos (Kreider et al., 2017; Su, 2025; Bonilla et al., 2021). Dentro del músculo, aproximadamente dos tercios están en forma de fosfocreatina (PCr) y un tercio como creatina libre, constituyendo el denominado *pool total de creatina*, que oscila entre 120 y 160 mmol por kilogramo de músculo seco (Kreider et al., 2017; Bonilla et al., 2021). Desde el punto de vista energético, la creatina participa en el sistema de fosfágenos o sistema PCr–ATP, que representa la vía más rápida para regenerar ATP durante esfuerzos intensos y de corta duración. En este sistema, la creatina quinasa (CK) cataliza la reacción reversible:



Esta reacción constituye un mecanismo de amortiguación energética que mantiene la disponibilidad de ATP en las zonas de alta demanda, principalmente en las miofibrillas y las bombas iónicas responsables de la contracción muscular (Kreider & Stout, 2021; Bonilla et al., 2021).

La degradación natural de la creatina y fosfocreatina produce creatinina mediante un proceso no enzimático dependiente del pH y de la concentración de protones (Bonilla et al., 2021). Esta creatinina se elimina a través de la orina, representando una pérdida diaria de entre 1 y 2% del total muscular, equivalente a unos 2–3 g por día en adultos. Por esta razón, la reposición diaria mediante la dieta o la suplementación es esencial para mantener los niveles óptimos de creatina intramuscular, especialmente en atletas o personas con alta masa muscular (Kreider & Stout, 2021). Desde una perspectiva aplicada, las dietas vegetarianas o veganas suelen presentar reservas musculares de creatina 20–30% inferiores a las de individuos omnívoros, lo que explica la mayor respuesta ergogénica observada en estas poblaciones tras la suplementación (Kreider & Stout, 2021). De igual modo, la respuesta puede variar según el sexo y el tipo de fibra muscular, ya que los hombres tienden a poseer mayores reservas basales por su mayor masa magra, mientras que en mujeres factores hormonales como el estrógeno pueden modular la absorción y

el transporte celular de creatina (Ribeiro et al., 2021).

En conjunto, la síntesis, transporte y función de la creatina conforman un sistema metabólico altamente eficiente para sostener el rendimiento muscular durante esfuerzos de alta intensidad. Su papel como *buffer* energético rápido y como mediador de la resíntesis de ATP la posiciona como un elemento clave en la fisiología del ejercicio, lo que justifica su amplia utilización como suplemento ergogénico en el deporte moderno (**Figura1**).

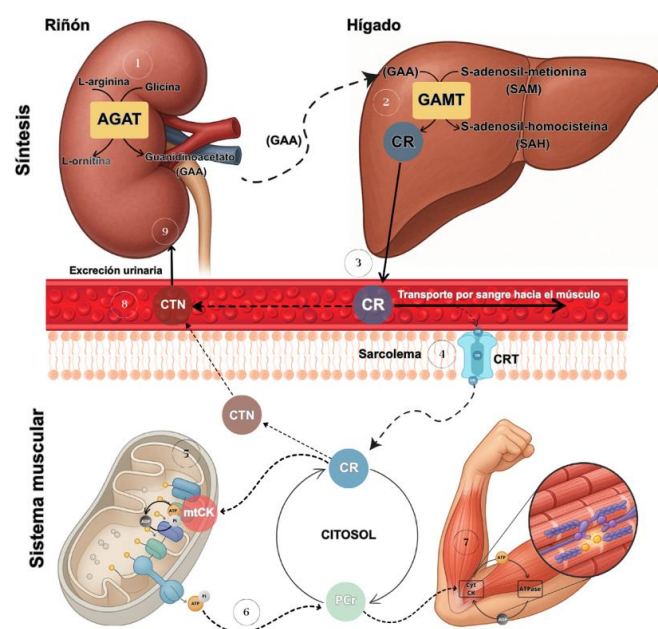


Figura 1. Vía fisiológica de síntesis, transporte y utilización de la creatina.

La creatina se sintetiza en el riñón por la acción de la L-arginina:glicina amidinotransferasa (AGAT) y en el hígado mediante la guanidinoacetato N-metiltransferasa (GAMT). Posteriormente, circula por el torrente sanguíneo y es captada por las células musculares a través del transportador de creatina (CRT). En la mitocondria, la creatina quinasa mitocondrial (mtCK) transfiere un grupo fosfato del ATP a la creatina, formando fosfocreatina (PCr), que actúa como un reservorio energético rápido en el citosol. La creatina quinasa citosólica (Cyt. CK) regenera ATP a partir de PCr durante la contracción muscular, proceso mediado por la ATPasa. El exceso de creatina se convierte

de forma no enzimática en creatinina (CTN) y se excreta por la orina.

Mecanismo de acción celular y metabólico

(Mecanismos celulares y metabólicos del efecto ergogénico)

El papel ergogénico de la creatina se fundamenta en su función como mediador principal del sistema fosfágenos (PCr–ATP), encargado de mantener la homeostasis energética en el músculo esquelético durante esfuerzos de alta intensidad y corta duración. Este sistema constituye la vía más rápida para regenerar adenosín trifosfato (ATP), el principal combustible celular para la contracción muscular (Kreider & Stout, 2021; Bonilla et al., 2021).

Durante la contracción, el ATP se hidroliza por acción de las ATPasas miofibrilares, liberando energía y generando adenosín difosfato (ADP) y fosfato inorgánico (Pi). En este punto, la fosfocreatina (PCr) dona su grupo fosfato al ADP mediante la acción de la creatina quinasa (CK), restaurando de forma inmediata las concentraciones de ATP y permitiendo que el músculo continúe generando fuerza (Kreider et al., 2017). Este mecanismo, conocido como reacción reversible de la creatina quinasa, puede representarse de la siguiente manera:



El sistema actúa como un “amortiguador energético”, ya que estabiliza las concentraciones de ATP incluso durante contracciones sucesivas o esfuerzos explosivos (Bonilla et al., 2021). La capacidad de este sistema para sostener el rendimiento depende directamente de la cantidad de fosfocreatina disponible en el músculo, lo que explica por qué la suplementación con creatina puede mejorar la potencia, la fuerza y la capacidad de trabajo en ejercicios intermitentes (Forbes et al., 2023).

Sistema creatina–fosfocreatina (CK/PCr shuttle).

El sistema creatina–fosfocreatina (CK/PCr shuttle) constituye un mecanismo esencial de transferencia

de energía que conecta la producción mitocondrial de ATP con su utilización periférica en el músculo esquelético. En la mitocondria, la creatina quinasa mitocondrial (mtCK) utiliza el ATP generado por la fosforilación oxidativa para fosforilar la creatina y formar fosfocreatina (PCr). Esta molécula actúa como un vehículo energético móvil, capaz de difundir rápidamente hacia el citosol y regenerar ATP a partir de ADP en los sitios donde la demanda energética es más alta, mediante la acción de la creatina quinasa citosólica (Cyt-CK) (Su et al., 2025).

A nivel estructural, las isoformas de CK se organizan en complejos supramoleculares con proteínas mitocondriales como el translocador de nucleótidos de adenina (ANT) y el canal dependiente de voltaje (VDAC), lo que facilita el intercambio rápido de fosfatos de alta energía entre la mitocondria y el citosol. Este acoplamiento VDAC/ANT-CK permite un flujo energético altamente eficiente, asegurando que la energía generada en las mitocondrias sea transferida de manera casi inmediata hacia los sistemas contráctiles y las bombas iónicas dependientes de ATP, como la Ca^{2+} -ATPasa del retículo sarcoplásmico (Bonilla et al., 2021; Su et al., 2025). Durante contracciones repetidas o de alta intensidad, este sistema mantiene una elevada relación ATP/ADP, minimizando la acumulación de metabolitos fatigosos y reduciendo la fatiga muscular. De hecho, la PCr se convierte en la fuente predominante de energía inmediata durante los primeros segundos del esfuerzo ($\approx 5\text{--}10$ s), hasta que las vías glucolíticas y oxidativas asumen la producción de ATP (Bonilla et al., 2021). Este mecanismo resulta particularmente crítico en las fibras tipo II (rápidas), que dependen en gran medida del metabolismo anaeróbico y del sistema PCr-ATP para sostener actividades explosivas y de alta potencia. En conjunto, la lanzadera CK/PCr actúa como un sistema de amortiguamiento energético de alta velocidad, capaz de mantener la continuidad funcional del músculo incluso bajo condiciones de demanda extrema (Ribeiro et al., 2021).

Regulación de la homeostasis energética y prevención de la fatiga

El mantenimiento del cociente ATP/ADP es esencial para preservar la función contráctil del

músculo y prevenir la fatiga. Este cociente refleja la proporción entre la energía disponible (ATP) y la energía utilizada (ADP), y su estabilidad es un indicador directo de la eficiencia metabólica (Su et al., 2025). Cuando las reservas de fosfocreatina (PCr) disminuyen durante el ejercicio intenso, se eleva la concentración de ADP y protones (H^+), lo que altera el pH intracelular y compromete la capacidad contráctil (Kreider & Stout, 2021; Forbes et al., 2023). En este contexto, la creatina y la PCr actúan como un amortiguador metabólico dinámico, ya que durante la reacción de resíntesis de ATP se consumen protones, contribuyendo al control ácido-base y manteniendo un cociente ATP/ADP elevado, lo que retrasa la aparición de la fatiga (Kreider & Stout, 2021; Forbes et al., 2023).

Además, la creatina desempeña un papel crucial en la regulación del calcio intracelular, al favorecer la recaptación de Ca^{2+} en el retículo sarcoplásmico y optimizar la actividad de la Ca^{2+} -ATPasa. Este proceso mejora la relajación muscular entre contracciones y favorece una mayor coordinación en el ciclo contracción - relajación, lo que se traduce en incrementos de potencia, velocidad y resistencia durante actividades que requieren esfuerzos explosivos y repetidos, como el sprint o el salto vertical (Bonilla et al., 2021; Wax et al., 2021; Vargas-Molina et al., 2022).

De forma complementaria, estudios clínicos recientes han demostrado que la suplementación con creatina contribuye a mantener la homeostasis energética durante el ejercicio de alta intensidad, preservando la estabilidad del ATP muscular y reduciendo la acumulación de metabolitos asociados a la fatiga. En conjunto, estos hallazgos refuerzan el papel de la creatina como un modulador clave del rendimiento muscular, capaz de mejorar la eficiencia contráctil, sostener la producción de energía y acelerar la recuperación post-ejercicio (Bonilla et al., 2021; Kreider & Stout, 2021; Wax et al., 2021).

Efectos sobre fibras musculares tipo II y rendimiento anaeróbico

Las fibras musculares tipo II (rápidas) concentran la mayor cantidad de fosfocreatina (PCr), lo que las convierte en las principales responsables de la generación de fuerza y potencia. La

suplementación con creatina incrementa de forma significativa la disponibilidad de PCr en estas fibras, potenciando su reclutamiento y retrasando la fatiga durante esfuerzos intermitentes y de alta intensidad (Ribeiro et al., 2021; Forbes et al., 2023). Este efecto se refleja en un aumento de la capacidad de trabajo total y en una mejoría del rendimiento anaeróbico en actividades como el sprint, el salto vertical o el levantamiento de potencia, incluso sin que se produzca un incremento notable en la masa muscular (Kreider et al., 2017; Wax et al., 2021).

Asimismo, se ha demostrado que el entrenamiento físico potencia la retención muscular de creatina, generando una respuesta más eficiente a la suplementación. Estudios clásicos evidencian que combinar el ejercicio con la ingesta de creatina eleva las concentraciones intramusculares en mayor medida que la suplementación aislada, lo que confirma que la contracción muscular facilita su captación (Ribeiro et al., 2021). Esta interacción sugiere un efecto sinérgico entre el entrenamiento y la creatina, optimizando la capacidad anaeróbica, reduciendo el tiempo de recuperación entre series o sprints sucesivos, y favoreciendo una adaptación muscular más rápida y funcional al estímulo del ejercicio (Ribeiro et al., 2021; Forbes et al., 2023).

Estrategias de suplementación y biodisponibilidad.

La suplementación con creatina monohidrato se ha consolidado como una de las estrategias más efectivas para incrementar las reservas musculares de fosfocreatina (PCr) y, con ello, mejorar la capacidad de resíntesis de ATP durante esfuerzos de alta intensidad. Desde los primeros estudios en la década de 1990, su uso ha mostrado incrementos del 20 – 40% en los depósitos intramusculares, traducándose en mejoras significativas en potencia, fuerza máxima y capacidad de trabajo repetido (Wax et al., 2021; Forbes et al., 2023). Su eficacia y seguridad han sido ampliamente documentadas por la International Society of Sports Nutrition (Kreider et al., 2017), que la reconoce como el suplemento ergogénico más respaldado por la evidencia científica.

Protocolos de carga y mantenimiento

Existen dos estrategias principales de administración: la fase de carga y la suplementación continua.

- Fase de carga: consiste en ingerir entre 0.3 g/kg/día ($\approx$ 20 g/día en adultos promedio) durante 5–7 días, fraccionados en cuatro tomas de 5 g, seguida de una fase de mantenimiento de 3–5 g/día. Este protocolo permite alcanzar la saturación muscular en un periodo de una semana (Wax et al., 2021; Wu et al., 2022).
- Suplementación continua: alternativa más prolongada que evita la fase de carga, con dosis diarias de 3–5 g/día o 0.03 g/kg/día, logrando la saturación en aproximadamente cuatro semanas (Ribeiro et al., 2021).

Ambos esquemas son eficaces; sin embargo, la elección depende de los objetivos del deportista y del periodo competitivo. La fase de carga es útil en pretemporadas o fases de adaptación rápida, mientras que la suplementación continua resulta adecuada en estrategias de mantenimiento prolongado.

Estudios recientes han explorado la posibilidad de fraccionar la dosis diaria en momentos específicos del entrenamiento. Mills et al. (2020) observaron que ingerir creatina inmediatamente después de cada serie de ejercicios de resistencia mejoró de forma significativa la fuerza máxima y la resistencia muscular del tren inferior, lo que sugiere que el “timing intrasesión” puede potenciar la retención muscular del suplemento.

Coingesta y biodisponibilidad

Como se mencionó anteriormente, la absorción y retención de creatina en el músculo dependen del transportador de creatina, CreaT-S o CRT (SLC6A8), un sistema activo de membrana que utiliza sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) para introducir la creatina en el interior del miocito. La actividad de este transportador se incrementa en presencia de insulina, lo que explica por qué la coingesta de creatina con carbohidratos o proteínas puede

aumentar de forma significativa su captación intramuscular (Su et al., 2021; Ribeiro et al., 2021).

La combinación de creatina con 50–100 g de carbohidratos, o con una mezcla de carbohidratos y proteínas en proporción 1:1, ha demostrado potenciar la supercompensación de glucógeno muscular y acelerar la reposición energética tras el ejercicio. Evidencia reciente confirma que la coingesta de creatina con carbohidratos simples incrementa su retención intramuscular y la capacidad de resíntesis de ATP, lo que favorece una recuperación más rápida entre sesiones de ejercicio intenso. Este efecto sinérgico se atribuye a la respuesta insulínica inducida por los carbohidratos y a la activación de rutas anabólicas de almacenamiento energético, como la glucógeno sintasa y las vías reguladas por AMPK, que facilitan una mayor acumulación de glucógeno muscular (Roberts et al., 2016; Theodorou et al., 2017).

Este mecanismo también está respaldado por la evidencia de que la hiperinsulinemia postprandial estimula directamente la actividad del transportador CreaT (CRT), favoreciendo la entrada de creatina al miocito y maximizando su retención y efecto ergogénico. Como resultado, se observa una mayor capacidad de resíntesis de ATP, mejor rendimiento anaeróbico y una recuperación metabólica más eficiente tras el esfuerzo (Forbes et al., 2023).

Por otra parte, el ejercicio físico actúa como un cofactor fisiológico complementario, ya que la contracción muscular incrementa la perfusión sanguínea y el transporte activo de creatina hacia el músculo, potenciando su captación y almacenamiento. En este contexto, consumir creatina inmediatamente antes o después del entrenamiento puede optimizar su absorción, aunque los resultados sobre el "timing" de ingesta siguen siendo heterogéneos y dependen del tipo, intensidad y duración del esfuerzo (Arazi et al., 2021; Ribeiro et al., 2021).

Efectos ergogénicos sobre fuerza, potencia y recuperación

El beneficio primario de la suplementación con creatina radica en el aumento del pool total de creatina muscular y en la mejora de la relación

fosfocreatina/creatina (PCr/Cr), lo que se traduce en una mayor capacidad de regenerar ATP durante esfuerzos de alta intensidad. Este mecanismo bioenergético permite sostener un mayor volumen de trabajo, incrementar la potencia anaeróbica y reducir los tiempos de recuperación entre series o repeticiones, favoreciendo un rendimiento más eficiente en deportes de corta duración y alta demanda energética (Wax et al., 2021; Forbes et al., 2023).

En deportistas de fuerza y potencia, múltiples investigaciones han reportado incrementos del 5 al 15 % en la fuerza máxima y la potencia explosiva tras períodos de 4 a 8 semanas de suplementación con creatina, lo que evidencia su capacidad para mejorar el rendimiento neuromuscular y optimizar la producción de fuerza en esfuerzos breves e intensos (Wax et al., 2021). En disciplinas intermitentes o de equipo, como el fútbol y el baloncesto, los efectos ergogénicos se reflejan en una mejor ejecución de sprints repetidos, saltos y desplazamientos bajo fatiga, todos dependientes del sistema de fosfágenos como principal fuente de energía inmediata (Mielgo-Ayuso et al., 2019; Vargas-Molina et al., 2022).

La creatina cumple un papel esencial en los procesos de recuperación post-ejercicio, especialmente después de esfuerzos de alta intensidad o con predominio de contracciones excéntricas, que suelen provocar microlesiones musculares y una respuesta inflamatoria aguda. Diversos estudios han demostrado que la suplementación con creatina puede disminuir los marcadores séricos de daño muscular, como la creatina quinasa (CK) y la lactato deshidrogenasa (LDH), además de reducir la percepción de dolor y fatiga posteriores al ejercicio (Yamaguchi et al., 2025; Arazi et al., 2021).

Este efecto protector se atribuye a la estabilización de las membranas celulares, la preservación de la homeostasis energética, y la modulación del estrés oxidativo y de las vías inflamatorias locales, lo que favorece un entorno bioquímico más estable para la recuperación y reparación del tejido muscular (Yamaguchi et al., 2025; Arazi et al., 2021).

De manera consistente, Querejeta Morón (2025) reportó que dosis bajas de 0.1 g/kg/día fueron

eficaces para disminuir los niveles séricos de CK y reducir el dolor muscular en estudiantes universitarios tras sesiones de ejercicio excéntrico, confirmando el potencial citoprotector y antiinflamatorio de la creatina (Querejeta Morón, 2025).

Estos resultados respaldan la hipótesis de que la creatina no solo mejora la función energética del músculo, sino que también acelera los procesos de reparación y regeneración muscular, promoviendo una recuperación más rápida y eficiente ante cargas repetidas de entrenamiento (Yamaguchi et al., 2025; Arazi et al., 2021; Querejeta Morón, 2025).

En conjunto, la evidencia sugiere que la suplementación con creatina no se limita a potenciar la función anaeróbica inmediata, sino que actúa como un modulador integral del proceso de recuperación, optimizando la adaptación del tejido muscular frente a altas exigencias metabólicas o microlesiones repetidas, y contribuyendo a un mayor rendimiento y resiliencia fisiológica a largo plazo (Yamaguchi et al., 2025; Arazi et al., 2021; Querejeta Morón, 2025).

Seguridad y consideraciones prácticas

La evidencia acumulada confirma que la creatina monohidratada es un suplemento seguro y bien tolerado cuando se utiliza dentro de los rangos de dosis recomendados, incluso en periodos prolongados de administración. Los efectos secundarios más reportados, como el aumento inicial del peso corporal, se explican principalmente por un incremento del agua intracelular y no por una ganancia de grasa corporal (Kreider et al., 2017; Kreider & Stout, 2021).

Contrario al mito de la denominada "retención de líquidos", los aumentos de agua corporal total observados durante la suplementación se deben a la expansión del compartimento intracelular, reflejando una mayor hidratación muscular y no un edema extracelular. Este fenómeno osmótico se asocia con la estabilidad de las membranas mitocondriales y el mantenimiento del volumen celular, condiciones que favorecen la síntesis proteica y la adaptación metabólica al

entrenamiento (Moore et al., 2023; Gordon et al., 2023).

Desde una perspectiva fisiológica, este proceso representa una adaptación funcional beneficiosa. La captación osmóticamente activa de creatina hacia el interior del miocito incrementa el volumen celular y la presión osmótica interna, lo que puede estimular vías anabólicas dependientes de la expansión celular y promover la síntesis proteica. Estudios recientes confirman que este aumento de agua ocurre predominantemente en el compartimento intracelular, sin evidencia de edema subcutáneo ni alteraciones en la función renal o hepática en individuos sanos (Kreider et al., 2017; Wu et al., 2022).

Por esta razón, se recomienda mantener una hidratación adecuada durante la suplementación, acompañando cada dosis de 5 g de creatina con aproximadamente 250 mL de agua, a fin de mejorar su disolución, optimizar la absorción y prevenir molestias gastrointestinales (Kreider & Stout, 2021).

Aplicaciones deportivas de la creatina

La creatina monohidratada representa uno de los compuestos ergogénicos más respaldados por la evidencia científica, destacando por su capacidad para mejorar el rendimiento físico en actividades que demandan esfuerzos intermitentes, explosivos y de alta intensidad. Su efecto fisiológico se relaciona con el aumento de las reservas intramusculares de fosfocreatina (PCr), lo que acelera la resíntesis de adenosín trifosfato (ATP) y prolonga la capacidad de contracción muscular antes de que aparezca la fatiga (Kreider et al., 2017; Forbes et al., 2023).

Deportes intermitentes y de equipo

El fútbol es un deporte de naturaleza mixta, en el que se combinan fases aeróbicas prolongadas con acciones explosivas de corta duración, como sprints, saltos, remates y cambios de dirección, todas ellas dependientes del sistema fosfágeno (PCr-ATP). En un metaanálisis de 14 ensayos clínicos, Mielgo-Ayuso et al. (2019) demostraron que la suplementación con creatina mejora de manera significativa la potencia anaeróbica

(evaluada mediante el Wingate test) y el rendimiento en sprints repetidos, aunque los efectos sobre la capacidad aeróbica fueron limitados (Mielgo-Ayuso et al., 2019).

De forma consistente, Kim (2021) observó que la administración de 20 g/día de creatina combinada con bicarbonato de sodio durante siete días incrementó de forma notable la velocidad en sprints de 30 m y la agilidad (medida con el Arrowhead test) en futbolistas de élite, con tamaños del efecto elevados ($ES > 2.0$) (Kim, 2021). Asimismo, Huerta-Ojeda et al. (2024) reportaron que 14 días de suplementación con 0.3 g/kg/día de creatina mejoraron la potencia muscular post-fatiga y la velocidad de desplazamiento de la barra durante el half back squat en futbolistas juveniles, indicando una mejor recuperación neuromuscular y eficiencia contráctil (Huerta-Ojeda et al., 2024).

En conjunto, estos resultados confirman que la suplementación con creatina optimiza la resíntesis de ATP durante esfuerzos repetidos, aumenta la potencia en acciones explosivas y acelera la recuperación entre intervalos de alta intensidad, componentes determinantes del rendimiento futbolístico moderno (Mielgo-Ayuso et al., 2019; Kim, 2021; Huerta-Ojeda et al., 2024).

Los deportes colectivos de alta intensidad, como el baloncesto, el handball y el voleibol, se caracterizan por esfuerzos breves, explosivos y repetidos, que dependen en gran medida de la rápida resíntesis de fosfocreatina (PCr). Estas disciplinas utilizan predominantemente el sistema anaeróbico aláctico, alternando fases de alta potencia con breves periodos de recuperación, lo que convierte a la creatina en una ayuda ergogénica especialmente eficaz para optimizar el rendimiento bajo este tipo de demandas fisiológicas (Wax et al., 2021; Querejeta Morón, 2025).

En jugadores de baloncesto, Vargas-Molina et al. (2022) demostraron que ocho semanas de suplementación con 0.1 g/kg/día de creatina, combinadas con entrenamiento pliométrico, mejoraron de manera significativa la altura del salto Abalakov, la potencia anaeróbica y el rendimiento en acciones de anotación. Los autores atribuyen estos resultados a una mayor disponibilidad de PCr en las fibras musculares tipo II y a una recuperación

más rápida entre esfuerzos, lo que permite mantener la potencia del tren inferior incluso en condiciones de fatiga (Vargas-Molina et al., 2022).

De forma similar, en jugadores de handball, Izquierdo et al. (2002) reportaron incrementos significativos en la potencia de salto, la velocidad en sprints repetidos y la capacidad para sostener esfuerzos intensos con menor deterioro del rendimiento. Estos beneficios se asocian con el mantenimiento de la concentración de ATP y la aceleración de la resíntesis de PCr durante los breves intervalos de recuperación, mecanismos esenciales para sostener la producción de energía en deportes intermitentes (Izquierdo et al., 2002).

Por su parte, en el voleibol, diversos estudios han evidenciado un patrón consistente: la suplementación con creatina mejora la potencia de salto, el bloqueo y el remate, variables determinantes del rendimiento competitivo. Se ha propuesto que este efecto deriva de una mayor capacidad de resíntesis de ATP, junto con una menor acumulación de iones H^+ , lo que contribuye a retrasar la fatiga muscular y mantener la calidad del esfuerzo durante acciones explosivas (Sieroñ, Kołodyńska, & Rostojek, 2018). Metaanálisis recientes confirman estos hallazgos, mostrando incrementos de magnitud moderada a grande en la fuerza máxima, la potencia anaeróbica y el número de repeticiones posibles, además de mejoras en la recuperación post-ejercicio y reducción de marcadores de daño muscular y estrés oxidativo (Wax et al., 2021; Querejeta Morón, 2025).

En conjunto, la evidencia científica respalda que la creatina constituye una herramienta ergogénica efectiva y específica para optimizar el rendimiento en deportes de equipo con esfuerzos intermitentes de alta potencia, como el baloncesto, el handball y el voleibol, al potenciar la resíntesis energética, reducir la fatiga y acelerar la recuperación neuromuscular (Wax et al., 2021; Querejeta Morón, 2025).

Atletismo y deportes de velocidad

En las disciplinas de velocidad dentro del atletismo, la eficacia de la creatina depende de la duración y naturaleza del esfuerzo, así como del sistema energético predominante. En corredores amateurs,

la suplementación con 20 g/día durante seis días mejoró de manera significativa los tiempos en pruebas de 100 m, aunque no produjo efectos en los 200 m, probablemente debido a la transición hacia el metabolismo glucolítico a medida que se prolonga la distancia (Faraji et al., 2010).

En protocolos de sprints múltiples de 15–30 m, la suplementación con creatina incrementó la potencia media y redujo la caída del rendimiento en las repeticiones finales, lo que sugiere que su efecto ergogénico se acentúa bajo condiciones de fatiga acumulada, al optimizar la resíntesis de fosfocreatina (PCr) y sostener la disponibilidad de ATP en fases de recuperación incompleta (Bogdanis et al., 2022).

De manera complementaria, en ciclismo de sprint, la suplementación con creatina combinada con electrolitos durante seis semanas mejoró significativamente tanto la potencia pico como la potencia media en esfuerzos repetidos, reforzando su aplicabilidad en disciplinas que alternan fases de alta intensidad con pausas activas o cambios de ritmo (Crisafulli et al., 2018).

En conjunto, estos hallazgos confirman que la creatina potencia el rendimiento en esfuerzos anaeróbicos cortos, repetitivos y de alta intensidad, características comunes a los deportes de velocidad y potencia explosiva, donde la rápida resíntesis de ATP resulta determinante para el desempeño competitivo (Faraji et al., 2010; Bogdanis et al., 2022; Crisafulli et al., 2018).

Deportes de resistencia: efectos limitados pero situacionales

El papel de la creatina en pruebas de resistencia aeróbica prolongada (endurance) continúa siendo controversial y menos consistente en comparación con su eficacia en disciplinas de potencia. Un metaanálisis reciente determinó que su efecto sobre el tiempo hasta el agotamiento (time to exhaustion) y la eficiencia aeróbica es pequeño o incluso nulo en actividades continuas y de larga duración, donde predomina el metabolismo oxidativo (Wang et al., 2024).

No obstante, en eventos de resistencia que incorporan picos de intensidad o variaciones de ritmo, como el ciclismo de ruta o el triatlón, la suplementación con creatina ha mostrado mejorar la capacidad de realizar sprints finales y mantener la potencia en intervalos de alta intensidad, optimizando así el desempeño en fases decisivas de la competencia (Forbes et al., 2023).

Por lo tanto, la utilidad ergogénica de la creatina en deportes de resistencia parece depender directamente del componente anaeróbico presente en la prueba: cuanto mayor sea la proporción de esfuerzos intermitentes o explosivos, mayor será el beneficio potencial del suplemento sobre el rendimiento global (Wang et al., 2024; Forbes et al., 2023).

Creatina en el voleibol femenino: evidencia y vacíos en la investigación

Perfil bioenergético del voleibol y respuesta a la suplementación

El voleibol es una disciplina intermitente caracterizada por un patrón energético dominado por el sistema fosfágeno (PCr–ATP). Cada *rally* implica contracciones explosivas de corta duración como saltos, remates, bloqueos y desplazamientos seguidas de pausas breves de recuperación. Esta dinámica exige una resíntesis rápida de fosfocreatina (PCr) para sostener la potencia y la velocidad de ejecución (Sieroń, Kołodyńska, & Rostojek, 2018).

A pesar de que la creatina monohidratada ha demostrado efectos ergogénicos sólidos en disciplinas de alta intensidad, los estudios específicos en voleibolistas son aún limitados. Sieroń, Kołodyńska y Rostojek (2018) señalaron que, aunque la creatina mejora la potencia de salto, bloqueo y remate, todavía no existen suficientes ensayos controlados que evalúen su impacto directo en esta disciplina, en especial en mujeres (Sieroń, Kołodyńska, & Rostojek, 2018).

De acuerdo con Lamontagne-Lacasse et al. (2011), cuatro semanas de suplementación con creatina mejoraron de forma significativa el rendimiento en saltos repetidos y la capacidad anaeróbica, sin generar incrementos en la masa corporal total

(Lamontagne-Lacasse et al., 2011). De manera complementaria, Sieroñ et al. (2018) reportaron que la creatina optimiza la potencia de salto y retrasa la aparición de la fatiga muscular en jugadores profesionales, reforzando su utilidad en deportes con esfuerzos intermitentes de alta intensidad. Estas adaptaciones se explican por una mayor disponibilidad de PCr y una recuperación más eficiente del sistema energético entre contracciones sucesivas, factores determinantes del rendimiento competitivo en el voleibol (Sieroñ et al., 2018).

Aunque la evidencia sobre los efectos ergogénicos de la creatina es sólida en disciplinas como el fútbol, el baloncesto y el atletismo, la literatura revela una escasez notoria de investigaciones centradas en el voleibol, especialmente en poblaciones femeninas. Este vacío resulta relevante, dado que el perfil bioenergético del voleibol depende casi exclusivamente del sistema PCr-ATP, responsable de sostener las acciones explosivas que definen el rendimiento (Sieroñ et al., 2018; Forbes et al., 2023).

Consideraciones fisiológicas y vacíos de investigación en mujeres

Diversos factores fisiológicos podrían explicar la limitada evidencia y variabilidad de resultados observada en mujeres. En primer lugar, las fluctuaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual pueden alterar tanto el contenido de agua corporal como el transporte de creatina mediado por el transportador SLC6A8, afectando potencialmente la saturación intramuscular (Ribeiro et al., 2021). En segundo lugar, la menor masa magra y la distribución diferencial de fibras tipo II en mujeres podrían condicionar la magnitud del efecto ergogénico, lo que explicaría la heterogeneidad entre estudios (Ribeiro et al., 2021).

En esta línea, Moore et al. (2023) demostraron que la suplementación aguda con creatina monohidratada (20 g/día durante cinco días) en mujeres activas aumenta el agua corporal total y el volumen intracelular, especialmente durante la fase lútea, sin alterar el peso corporal. Estos hallazgos sugieren que la creatina favorece la hidratación celular y compensa los desplazamientos extracelulares inducidos por estrógeno y

progesterona, mejorando la función muscular y la recuperación, sin provocar retención subcutánea de líquidos (Moore et al., 2023). De forma complementaria, Gordon et al. (2023) observaron que la suplementación con creatina durante la fase lútea reduce el índice de fatiga en comparación con el placebo, evidenciando una mayor resistencia al agotamiento y una atenuación de las caídas de rendimiento asociadas a los cambios hormonales (Gordon et al., 2023). En conjunto, estos resultados sugieren que la creatina puede ser una herramienta eficaz para mitigar las fluctuaciones fisiológicas del ciclo menstrual, favoreciendo la hidratación celular, la recuperación energética y la estabilidad del rendimiento en mujeres deportistas.

Aunque algunos estudios reportan que las respuestas ergogénicas pueden ser menores en mujeres, las investigaciones que ajustan las dosis de creatina al peso corporal muestran mejoras comparables en potencia y capacidad anaeróbica respecto a los hombres (Forbes et al., 2023). Sin embargo, la literatura sigue siendo limitada y heterogénea, con diferencias considerables en los protocolos de suplementación, las variables de evaluación y los tamaños muestrales. Además, pocos estudios controlan la fase del ciclo menstrual o el estado de entrenamiento, lo que podría explicar parte de la variabilidad observada (Cowley et al., 2021).

CONCLUSIONES

La creatina monohidratada se consolida como uno de los suplementos ergogénicos más consistentes y respaldados por la evidencia científica dentro del ámbito del rendimiento deportivo. Su función como modulador energético clave en el sistema fosfágeno (PCr-ATP) le permite acelerar la regeneración de adenosín trifosfato (ATP) durante esfuerzos breves, explosivos y de alta intensidad. Este mecanismo bioquímico se traduce en mejoras comprobadas en la potencia máxima, la capacidad para repetir esfuerzos intensos y la eficiencia en la recuperación muscular, con especial relevancia en disciplinas intermitentes como el fútbol, el baloncesto, el atletismo de velocidad y el handball.

La acción ergogénica de la creatina no se limita a procesos de hipertrofia muscular, sino que se

sustenta principalmente en el aumento de las reservas intramusculares de fosfocreatina, la preservación del equilibrio energético y la reducción de la fatiga periférica. Dichos efectos se manifiestan de forma más significativa en atletas entrenados, particularmente cuando la suplementación se combina con entrenamientos de fuerza o pliometría, condiciones que amplifican la demanda bioenergética del sistema PCr-ATP.

A pesar de la evidencia robusta en deportes de potencia, el conocimiento aplicado al voleibol continúa siendo limitado, sobre todo en poblaciones femeninas. La fisiología de este deporte, basada casi exclusivamente en la rápida resíntesis de PCr, hace que la creatina tenga un potencial ergogénico relevante, aún poco explorado. Los estudios disponibles presentan muestras reducidas, protocolos heterogéneos y escaso control sobre variables hormonales, lo que dificulta establecer recomendaciones precisas sobre dosis, duración de la suplementación y respuesta adaptativa según la fase del ciclo menstrual.

En conjunto, la literatura actual confirma que la creatina monohidratada es un suplemento seguro, eficaz y con efectos ergogénicos bien documentados en deportes intermitentes y de alta intensidad. Sin embargo, su impacto en el rendimiento femenino y en disciplinas como el voleibol requiere de una mayor profundización experimental, que considere las diferencias fisiológicas y endocrinas propias del sexo femenino.

El fortalecimiento de la investigación aplicada en mujeres atletas es un paso indispensable para avanzar hacia una nutrición deportiva más inclusiva, personalizada y basada en evidencia científica sólida. Integrar estas perspectivas permitirá optimizar las estrategias de suplementación con creatina, maximizando sus beneficios en rendimiento, recuperación y salud muscular, y garantizando su aplicación segura y efectiva en distintos contextos deportivos (**Figura 2**).

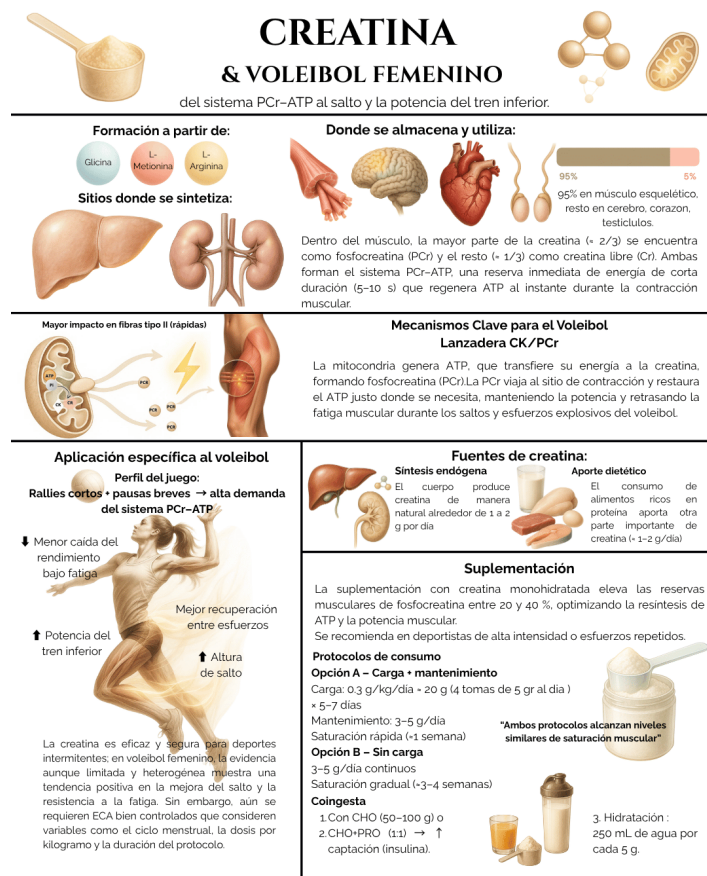


Figura 2. Infografía ilustrativa de la función de la creatina en el rendimiento deportivo femenino, desde su síntesis y almacenamiento hasta la aplicación práctica en el voleibol. Resume los mecanismos bioquímicos del sistema PCr-ATP, los principales sitios de síntesis y utilización, las fuentes dietéticas y de suplementación, así como los protocolos de consumo y su relación con la potencia del tren inferior.

REFERENCIAS.

Arazi, H., Eghbali, E., & Suzuki, K. (2021). *Creatine supplementation, physical exercise and oxidative stress markers: A review of the mechanisms and effectiveness*. *Nutrients*, 13(3), 869. <https://doi.org/10.3390/nu13030869>

Bird S. P. (2003). Creatine supplementation and exercise performance: a brief review. *Journal of sports science & medicine*, 2(4), 123-132.

- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Aphas, G., Stavrinou, P. S., Jenkins, D. G., Giannaki, C. D., Lakomy, H. K. A., & Williams, C. (2022). *Effects of oral creatine supplementation on power output during repeated treadmill sprinting*. *Nutrients*, 14(6), 1140. <https://doi.org/10.3390/nu14061140>
- Bonilla, D. A., Kreider, R. B., Stout, J. R., Forero, D. A., Kerkick, C. M., Roberts, M. D., & Rawson, E. S. (2021). *Metabolic basis of creatine in health and disease: A bioinformatics-assisted review*. *Nutrients*, 13(4), 1238. <https://doi.org/10.3390/nu13041238>
- Cowley, E. S., Olenick, A. A., McNulty, K. L., & Ross, E. Z. (2021). Invisible Sportswomen": The Sex Data Gap in Sport and Exercise Science Research. *Women in Sport and Physical Activity Journal*, 29(2), 146-151. Retrieved Oct 18, 2025, from <https://doi.org/10.1123/wspaj.2021-0028>
- Crisafulli, D. L., Buddhadev, H. H., Brilla, L. R., Chalmers, G. R., Suprak, D. N., & San Juan, J. G. (2018). Creatine-electrolyte supplementation improves repeated sprint cycling performance: A double-blind randomized control study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0226-y>
- Faraji, H., Arazi, H., Sheikholeslami-Vatani, D., & Hakimi, M. (2010). The effects of creatine supplementation on sprint running performance and selected hormonal responses. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 32(2), 43–56. <https://doi.org/10.4314/sajrs.v32i2.59293>
- Forbes, S. C., Candow, D. G., Falk Neto, J. H., Kennedy, M. D., Forbes, J. L., Machado, M., Bustillo, E., Gómez-López, J., Zapata, A., & Antonio, J. (2023). *Creatine supplementation and endurance performance: Surges and sprints to win the race*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 2204071. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2204071>
- Gordon, A. N., Moore, S. R., Patterson, N. D., Hostetter, M. E., Cabre, H. E., Hirsch, K. R., Hackney, A. C., & Smith-Ryan, A. E. (2023). The Effects of Creatine Monohydrate Loading on Exercise Recovery in Active Women throughout the Menstrual Cycle. *Nutrients*, 15(16), 3567. <https://doi.org/10.3390/nu15163567>
- Huerta Ojeda, Á., Jofré-Saldía, E., Torres-Banduc, M., Galdames Maliqueo, S., Barahona-Fuentes, G., Cofré Acevedo, C., Lizana Romero, G., de Villa Garduño, R., Riquelme Vera, G., Vera Paredes, P., Barrios Ávalos, B., Morales Serey, T., Yeomans-Cabrera, M.-M., & Jorquera-Aguilera, C. (2024). *Effects of a Low Dose of Orally Administered Creatine Monohydrate on Post-Fatigue Muscle Power in Young Soccer Players*. *Nutrients*, 16(9), 1324. <https://doi.org/10.3390/nu16091324>
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (2002). *Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance*. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(2), 332–343. <https://doi.org/10.1097/00005768-200202000-00023>
- Kim J. (2021). *Effects of Combined Creatine and Sodium Bicarbonate Supplementation on Soccer-Specific Performance in Elite Soccer Players: A Randomized Controlled Trial*. *International journal of environmental research and public health*, 18(13), 6919. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136919>
- Kreider, R. B., & Stout, J. R. (2021). *Creatine in health and disease*. *Nutrients*, 13(2), 447. <https://doi.org/10.3390/nu13020447>
- Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L., & Lopez, H. L. (2017). *International Society of Sports Nutrition position stand: Safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine*. *Journal of the*

- International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
- Lamontagne-Lacasse, M., Nadon, R., & Goulet E, D. B. (2011). *Effect of creatine supplementation on jumping performance in elite volleyball players. International journal of sports physiology and performance*, 6(4), 525–533. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.4.525>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., Marqués-Jiménez, D., Caballero-García, A., Córdova, A., & Fernández-Lázaro, D. (2019). *Effects of creatine supplementation on athletic performance in soccer players: A systematic review and meta-analysis. Nutrients*, 11(4), 757. <https://doi.org/10.3390/nu11040757>
- Mills, S., Candow, D. G., Forbes, S. C., Neary, J. P., Ormsbee, M. J., & Antonio, J. (2020). *Effects of Creatine Supplementation during Resistance Training Sessions in Physically Active Young Adults. Nutrients*, 12(6), 1880. <https://doi.org/10.3390/nu12061880>
- Moore, S. R., Gordon, A. N., Cabre, H. E., Hackney, A. C., & Smith-Ryan, A. E. (2023). *A Randomized Controlled Trial of Changes in Fluid Distribution across Menstrual Phases with Creatine Supplementation. Nutrients*, 15(2), 429. <https://doi.org/10.3390/nu15020429>
- Querejeta Morón, M. P. (2025). *Incidencia de la suplementación con monohidrato de creatina sobre la recuperación de la función y daño muscular inducido por ejercicio excéntrico en estudiantes de nutrición [Tesis de grado, Universidad Nacional de Río Negro]. Repositorio Institucional Digital UNRN.* <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/13295>
- Ribeiro, F., Longobardi, I., Perim, P., Duarte, B., Ferreira, P., Gualano, B., Roschel, H., & Saunders, B. (2021). *Timing of creatine supplementation around exercise: A real concern? Nutrients*, 13(8), 2844. <https://doi.org/10.3390/nu13082844>
- Roberts, P.A., Fox, J., Peirce, N. et al. *Creatine ingestion augments dietary carbohydrate mediated muscle glycogen supercompensation during the initial 24 h of recovery following prolonged exhaustive exercise in humans. Amino Acids* 48, 1831–1842 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00726-016-2252-x>
- Sheppard, J. M., Gabbett, T., Taylor, K. L., Dorman, J., Lebedew, A. J., & Borgeaud, R. (2007). *Development of a repeated-effort test for elite men's volleyball. International journal of sports physiology and performance*, 2(3), 292–304. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.3.292>
- Sieroń, Adrian & Kołodyńska, Gabriela & Paulina, Rostojek. (2018). *Potential advantages and disadvantages of using creatine supplements by professional volleyball players. Journal of Education, Health and Sport.* 8. DOI:10.5281/zenodo.1420119
- Soler Salazar, A., & Cardona García, A. M. (2019). *Suplementos nutricionales en la industria del fitness. Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(2), 60-66. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n2.008>
- Su Y. (2025). *Three-dimensional network of creatine metabolism: From intracellular energy shuttle to systemic metabolic regulatory switch. Molecular metabolism*, 100, 102228. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2025.102228>
- Theodorou, A. S., Paradisis, G., Smpokos, E., Chatzinikolaou, A., Fatouros, I., King, R., & Cooke, C. B. (2017). *The effect of combined supplementation of carbohydrates and creatine on anaerobic performance. Biology of sport*, 34(2), 169–175. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.65336>
- Vargas-Molina, S., García-Sillero, M., Kreider, R. B., Salinas, E., Petro, J. L., Benítez-Porres, J., & Bonilla, D. A. (2022). *A randomized open-labeled study to examine the effects of creatine monohydrate and combined training on jump and scoring performance in young basketball players. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 529–542.

<https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2108683>

Wang, Z., Qiu, B., Li, R., Han, Y., Petersen, C., Liu, S., Zhang, Y., Liu, C., Candow, D. G., & Del Coso, J. (2024). *Effects of Creatine Supplementation and Resistance Training on Muscle Strength Gains in Adults <50 Years of Age: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Nutrients*, 16(21), 3665. <https://doi.org/10.3390/nu16213665>

Wax, B., Kerksick, C. M., Jagim, A. R., Mayo, J. J., Lyons, B. C., & Kreider, R. B. (2021). *Creatine for exercise and sports performance, with recovery considerations for healthy populations*. *Nutrients*, 13(6), 1915. <https://doi.org/10.3390/nu13061915>

Wu, S.-H., Chen, K.-L., Hsu, C., Chen, H.-C., Chen, J.-Y., Yu, S.-Y., & Shiu, Y.-J. (2022). *Creatine supplementation for muscle growth: A scoping review of randomized clinical trials from 2012 to 2021*. *Nutrients*, 14, 1255. <https://doi.org/10.3390/nu14061255>

Yamaguchi, S., Inami, T., Nishioka, T., Morito, A., Ishiyama, K., & Murayama, M. (2025). *The Effects of Creatine Monohydrate Supplementation on Recovery from Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial Considering Sex and Age Differences*. *Nutrients*, 17(11), 1772. <https://doi.org/10.3390/nu17111772>