Vive Revista de Investigación en Salud
Volumen 9, N° 27 / septiembre-diciembre
https://doi.org/10.33996/revistavive.v9i27.534

Agua estructurada, ejercicio y salud: revisión sistemática para fortalecer la alfabetización científica en educación física

Structured water, exercise and health: a systematic review to strengthen scientific literacy in physical education

Juan Antonio Picoy Gonzales [a] ✉; Carlos Abelardo Villanueva y Chang [b]; José Luis Vela Rojas [c]; Yaneth Elena Rufino Meléndez [d]; Zulema Jacoba Llange Nieves [e]

[a] Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú
antonio.picoy@unh.edu.pe
https://orcid.org/0000-0003-0372-6328

[b] Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú
cvillanueva@unheval.edu.pe
https://orcid.org/0000-0003-2430-9435

[c] Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú
jvela@unheval.edu.pe
https://orcid.org/0000-0002-5421-7593

[d] Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú
yrufino@unheval.edu.pe
https://orcid.org/0000-0003-4961-4495

[e] Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú
zllange@unheval.edu.pe
https://orcid.org/0000-0003-4930-4825

Cómo citar:
Picoy Gonzales JA, Villanueva y Chang CA, Vela Rojas JL, Rufino Meléndez YE, Llange Nieves ZJ. Agua estructurada, ejercicio y salud: revisión sistemática para fortalecer la alfabetización científica en educación física. Vive Revista de Investigación en Salud. 2026;9(27). https://doi.org/10.33996/revistavive.v9i27.534

Review Article
Peer-reviewed
Open Access

Resumen

Introducción: El término agua estructurada se emplea con frecuencia en redes sociales y publicidad sobre salud, aunque carece de definición fisicoquímica y clínica universalmente aceptada. **Objetivo:** Examinar críticamente la evidencia humana sobre intervenciones hídricas modificadas y actividad física, y traducirla en criterios de alfabetización científica para educación física y educación para la salud. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión sistemática conforme a PRISMA 2020. Se buscó en PubMed (21/08/2026) en dos bloques (agua rica en hidrógeno; agua alcalina/electrolizada/reducida) combinados con ejercicio/deporte/rendimiento/fatiga/hidratación, más rastreo manual. Con lógica PICOS se incluyeron 25 estudios primarios en humanos adultos (19 sobre agua rica en hidrógeno y 6 sobre agua alcalina/mineral/electrolizada). La síntesis fue narrativa estructurada por familias de desenlaces. **Resultados:** Predominaron ensayos aleatorizados, doble ciego y cruzados, con muestras pequeñas (8-22 participantes) e intervenciones breves. Se observaron señales potenciales pero inconsistentes sobre lactato, esfuerzo percibido, potencia repetida y algunos biomarcadores. Los efectos sobre resistencia aeróbica, tiempo al agotamiento y rendimiento competitivo fueron mayormente nulos o inciertos. Las aguas alcalinas/minerales modificaron hidratación y equilibrio ácido-base, sin que dichos cambios puedan atribuirse únicamente al pH. **Conclusiones:** La evidencia disponible no respalda el agua estructurada como intervención ergogénica única. Su principal valor radica en promover alfabetización científica, pensamiento crítico y decisiones de hidratación basadas en evidencia en educación física.

Palabras clave: Alfabetización en Salud; Educación Física; Ejercicio Físico; Hidratación; Pensamiento Crítico

Abstract

Introduction: The term structured water is frequently used on social media and in health advertising, although it lacks a universally accepted physicochemical and clinical definition. **Objective:** To critically examine the human evidence on modified water interventions and physical activity, and to translate it into scientific literacy criteria for physical education and health education. **Materials and Methods:** A systematic review was conducted in accordance with PRISMA 2020. PubMed was searched (08/21/2026) in two blocks (hydrogen-rich water; alkaline/electrolyzed/reduced water) combined with exercise/sport/performance/fatigue/hydration, plus manual tracking. Using PICOS

logic, 25 primary studies in adult humans were included (19 on hydrogen-rich water and 6 on alkaline/mineral/electrolyzed water). The synthesis was a structured narrative by outcome families. **Results:** Randomized, double-blind, crossover trials predominated, with small samples (8-22 participants) and brief interventions. Potential but inconsistent signals were observed on lactate, perceived exertion, repeated power and some biomarkers. Effects on aerobic endurance, time to exhaustion and competitive performance were mostly null or uncertain. Alkaline/mineral waters modified hydration and acid-base balance, although these changes cannot be attributed to pH alone. **Conclusions:** Available evidence does not support structured water as a single ergogenic intervention. Its main value lies in promoting scientific literacy, critical thinking and evidence-based hydration decisions in physical education.

Keywords: Critical Thinking; Exercise; Health Literacy; Hydration; Physical Education

Introducción

La hidratación constituye un componente básico de la preparación física, la termorregulación y la seguridad durante el ejercicio. La pregunta práctica no es únicamente cuánto líquido se ingiere, sino qué composición tiene, cuándo se consume y en qué condiciones se realiza el esfuerzo. El reemplazo de fluidos debe individualizarse por disciplina, ambiente, duración, tasa de sudoración, tolerancia gastrointestinal y disponibilidad de electrolitos, en lugar de sustentarse en una recomendación universal [1,2]. Desde esa perspectiva, el interés por bebidas o aguas con propiedades modificadas ha crecido de forma notable entre atletas y personas físicamente activas [3,4].

En educación física, dicho interés ofrece una oportunidad para conectar movimiento, alimentación, hidratación, comunicación científica y toma de decisiones. La alfabetización científica no se limita a memorizar conceptos; requiere interpretar datos, formular preguntas investigables, contrastar fuentes y argumentar qué conclusión permite un estudio. La articulación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente sitúa el pensamiento crítico como eje formativo [5]. El nexo nutrición-ejercicio-salud permite contextualizar decisiones cotidianas del alumnado [6]. Desde esta perspectiva, las afirmaciones sobre agua estructurada constituyen una cuestión sociocientífica cercana: se presentan como promesas de salud o desempeño, contienen términos científicos y exigen analizar tanto la evidencia como los intereses comerciales.

Dentro de ese mercado se ha popularizado la expresión agua estructurada. No obstante, esta etiqueta engloba afirmaciones heterogéneas: agrupamientos moleculares, agua hexagonal, cambios de potencial de oxidación-reducción, ionización, alcalinidad, mineralización o enriquecimiento con hidrógeno molecular. En condiciones fisiológicas, la red de enlaces de hidrógeno del agua es dinámica y se reorganiza en escalas ultrarrápidas; por ello, las declaraciones de una estructura persistente y distintiva dentro del organismo requieren demostración específica, no inferencia a partir de una etiqueta comercial. Esta revisión evita convertir el rótulo en una entidad biomédica asumida. En cambio, emplea una definición

operativa, transparente y verificable: se consideran intervenciones hídricas modificadas que hayan sido administradas a humanos en relación con ejercicio y que reporten composición, pH, mineralización, electrólisis o hidrógeno disuelto.

Esta delimitación es importante por dos razones. En primer lugar, el mecanismo hipotético difiere según el producto. El agua rica en hidrógeno (HRW) se fundamenta en la administración de hidrógeno molecular disuelto. La hipótesis predominante es que el hidrógeno modula selectivamente especies oxidantes muy reactivas o rutas de señalización redox, sin comportarse como un antioxidante inespecífico convencional [7,8]. Dicha hipótesis se apoya en el hallazgo fundacional de que el hidrógeno reduce selectivamente radicales citotóxicos [9] y en revisiones comprehensivas de sus mecanismos [10,11], así como en su aplicación propuesta a las ciencias del deporte [12,13]. En el ejercicio, esa posibilidad es atractiva porque las especies reactivas de oxígeno participan a la vez en la fatiga aguda, el daño cuando su producción es excesiva y las adaptaciones favorables al entrenamiento. Por tanto, una intervención antioxidante solo sería útil si reduce daño relevante sin anular señales necesarias para la adaptación muscular [14,15].

En segundo lugar, el agua alcalina o mineral no constituye una intervención equivalente a HRW. Su efecto propuesto suele relacionarse con bicarbonato, carbonato, cationes y pH, que podrían modificar el equilibrio ácido-base o la retención de líquidos. Sin embargo, el pH que se mide en la botella no determina por sí mismo el pH sanguíneo: la homeostasis ácido-base depende de sistemas amortiguadores, ventilación y excreción renal. Además, cuando un producto difiere simultáneamente en sodio, bicarbonato, calcio, magnesio y sólidos disueltos, adjudicar el resultado a una supuesta estructura del agua o al pH aislado constituye un error de atribución. Los trabajos pioneros sobre agua reducida electrolizada ya mostraron actividad frente a especies reactivas in vitro, sin que ello equivalga a eficacia ergogénica en humanos [16]. Esta distinción metodológica es central para evitar conclusiones que excedan los datos disponibles.

La literatura disponible es prometedora en algunos desenlaces intermedios, aunque difícil de sintetizar. Hay ensayos que comunican menor concentración de lactato, menor esfuerzo percibido o mejor preservación de potencia repetida después de HRW; otros no observan diferencias en consumo máximo de oxígeno, tiempo al agotamiento, tiempo de carrera o salto. La síntesis cuantitativa reciente halló un efecto pequeño en potencia explosiva de miembros inferiores, lactato y percepción del esfuerzo, pero efectos triviales y no significativos en resistencia aeróbica, resistencia anaeróbica de 30 segundos y fuerza [17]. Esa conclusión no constituye un aval general de eficacia: expresa un promedio condicionado por tamaños muestrales pequeños, diseños diversos y diferentes vías de suministro de hidrógeno. Revisiones y metaanálisis complementarios sobre estrés oxidativo inducido por ejercicio confirman un patrón similar de señales moderadas e inconsistentes [18,19].

El objetivo de la presente revisión fue examinar críticamente la evidencia humana sobre intervenciones hídricas modificadas y actividad física, y traducirla en criterios de alfabetización

científica para educación física y educación para la salud. Se distinguieron HRW, agua alcalina, mineral, reducida o electrolizada, priorizando efectos sobre rendimiento, recuperación, hidratación, equilibrio ácido-base, lactato y biomarcadores redox. La pregunta fisiológica fue: en adultos físicamente activos, deportistas o participantes sometidos a ejercicio experimental, ¿la ingesta de aguas modificadas frente a agua control o placebo produce cambios relevantes en desenlaces fisiológicos, perceptivos o de rendimiento? La pregunta educativa complementaria fue: ¿qué características de esta evidencia conviene enseñar para que el alumnado evalúe afirmaciones de salud, hidratación y rendimiento con criterios científicos?

Se trata de una revisión sistemática con síntesis narrativa estructurada, informada por PRISMA 2020 [20,21]. Su originalidad radica en no tratar el agua estructurada como entidad única, en separar hidrógeno de alcalinidad/mineralización y en ofrecer una traducción educativa explícita para el profesorado, aspecto ausente en las síntesis previas centradas exclusivamente en fisiología.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión sistemática de estudios primarios en humanos, informada con el marco PRISMA 2020 [20,21]. El protocolo fue elaborado antes de la síntesis. Por el carácter exploratorio de las intervenciones y la heterogeneidad prevista de productos y desenlaces, se decidió una síntesis narrativa estructurada y no un metaanálisis original. Esta decisión evitó combinar indebidamente agua rica en hidrógeno, agua alcalina mineral y agua electrolizada como si fueran una sola exposición. La lista de verificación PRISMA 2020 de 27 ítems y el diagrama de flujo fueron utilizados como guía de reporte. La evaluación del riesgo de sesgo se apoyó conceptualmente en la herramienta Cochrane [22] y en su versión revisada RoB 2 [23], sin asignar una puntuación numérica global.

La búsqueda principal se realizó en PubMed el 21 de agosto de 2026. Se ejecutaron dos bloques de términos en título/resumen: (1) agua rica en hidrógeno, agua de hidrógeno o agua de hidrógeno molecular, combinados con ejercicio, atleta, deporte, rendimiento físico o fatiga; y (2) agua alcalina, agua reducida electrolizada, agua de hidrógeno electrolizada o agua alcalina reducida, combinados con ejercicio, atleta, deporte, rendimiento físico o hidratación. El primer bloque identificó 53 registros y el segundo 24. Se efectuó además rastreo manual de listas bibliográficas de revisiones y artículos a texto completo, con 12 registros adicionales.

Dos revisores conceptuales realizaron el cribado de títulos y resúmenes y, después, la evaluación de textos completos. Las discrepancias se resolvieron mediante contraste de los criterios de elegibilidad y de la información disponible en el informe primario. Se excluyeron trabajos duplicados, protocolos sin resultados, estudios en animales o in vitro, intervenciones que no fueran agua o bebida administrada por vía oral, y publicaciones sin desenlaces relacionados con ejercicio, recuperación, hidratación o fisiología del esfuerzo. También se excluyeron estudios de hidrógeno por inhalación, baño o polvo de calcio cuando no implicaban una intervención hídrica, para conservar coherencia con el objetivo de la revisión.

La elegibilidad se organizó con la lógica PICOS. La población incluyó personas adultas sanas, físicamente activas o deportistas, sin restricción de sexo o disciplina. La intervención fue HRW, agua alcalina, mineral-alcalina, reducida o electrolizada consumida como líquido. El comparador fue agua de mesa, agua purificada, placebo visual u organolépticamente similar o condición basal, según el diseño. Los desenlaces de interés fueron rendimiento aeróbico o anaeróbico, potencia, fuerza, sprint, tiempo al agotamiento, dolor muscular, esfuerzo percibido, frecuencia cardíaca, marcadores de daño muscular, lactato, variables de hidratación, viscosidad sanguínea, pH, bicarbonato, marcadores antioxidantes e inflamatorios. Se aceptaron ensayos aleatorizados paralelos o cruzados y estudios experimentales controlados. Para una lectura prudente de la evidencia, se diferenciaron desenlaces de rendimiento directo de biomarcadores sustitutivos.

Se extrajeron autor y año, diseño, características de los participantes, naturaleza y duración de la intervención, ejercicio aplicado, comparador y resultados principales. La valoración crítica se centró en la aleatorización, cegamiento, tamaño de muestra, estandarización de dieta y entrenamiento, descripción de la composición del agua, pertinencia del desenlace y análisis entre grupos.

La síntesis se organizó en tres familias de desenlaces: rendimiento físico, respuesta fisiológica aguda y recuperación/biomarcadores. Se interpretó la consistencia considerando si el efecto fue confirmado frente al comparador, si el desenlace era competitivo o funcionalmente relevante y si la formulación del agua permitía separar el efecto de hidrógeno, alcalinidad, minerales o volumen de líquido. Por ello, expresiones como mejoró lactato no se interpretan automáticamente como mejoró rendimiento.

Tras la síntesis fisiológica se realizó una traducción educativa no experimental. Esta consistió en identificar, en los 25 estudios incluidos, decisiones de lectura que un estudiante de educación física o de formación docente debería poder justificar: definir la intervención, reconocer el comparador, diferenciar un marcador sustitutivo de un desenlace funcional, identificar el tamaño y el diseño de la muestra, y formular una conclusión proporcional a la incertidumbre. Las fuentes de didáctica se utilizaron para fundamentar esta lectura crítica; no se incorporaron como estudios fisiológicos en el diagrama ni en la Tabla 1.

Aspectos éticos: por tratarse de una revisión de literatura publicada, no se requirió aprobación de comité de ética ni consentimiento informado. No se manejaron datos identificables. Protocolo: el protocolo de esta revisión sistemática se encuentra en proceso de registro en Open Science Framework (OSF).

La Figura 1 presenta el flujo de selección. De 89 registros inicialmente identificados, se eliminaron 14 duplicados y se cribaron 75 títulos/resúmenes. Se evaluaron 33 textos completos; ocho fueron excluidos por no administrar una intervención hídrica, no evaluar desenlaces vinculados con ejercicio, no incluir población elegible o presentar datos insuficientes. Finalmente, se incluyeron 25 documentos primarios. La distribución fue de 19

estudios sobre HRW o agua electrolizada que aportaba hidrógeno, y seis sobre agua alcalina, mineral o reducida.

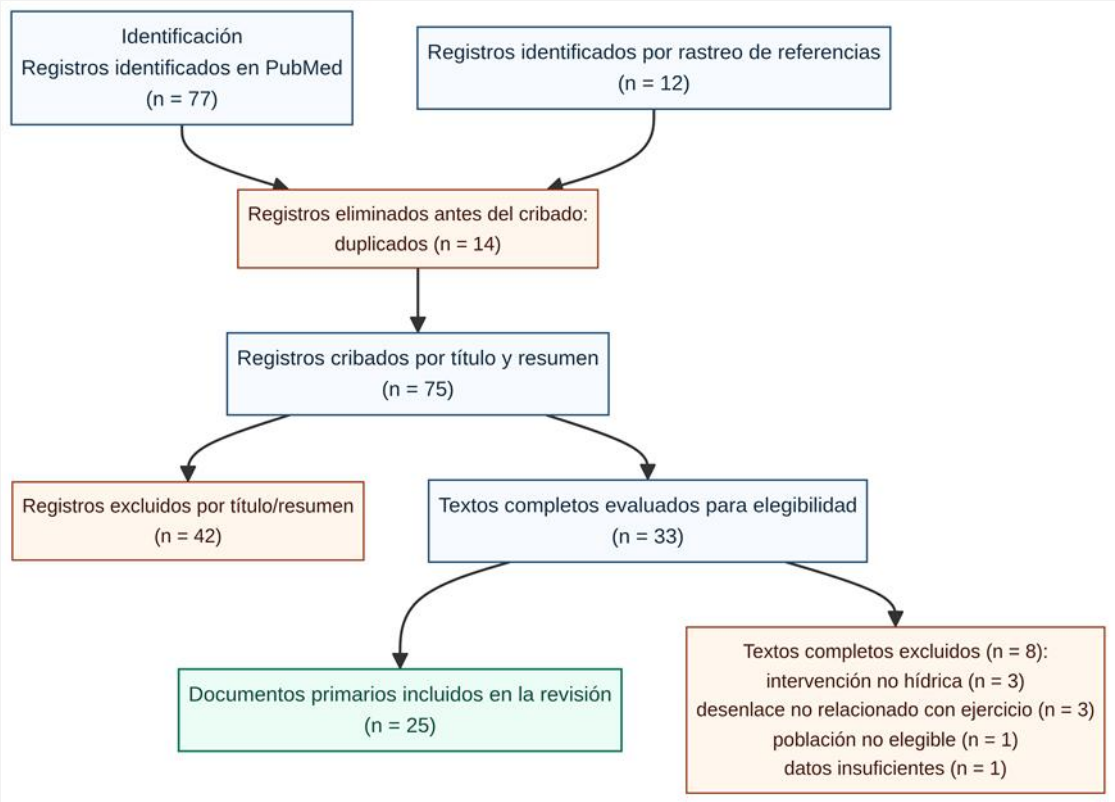


Figura 1. *Diagrama de flujo PRISMA del proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión.*

Nota. Búsqueda PubMed 21/08/2026: 89 registros (53 HRW + 24 alcalina + 12 manuales) → 14 duplicados eliminados → 75 cribados → 33 textos completos evaluados (8 excluidos) → 25 incluidos (19 HRW + 6 alcalinas/minerales). Figura adjunta en JPG a 300 dpi como archivo independiente.

Resultados

Los estudios fueron publicados entre 2010 y 2025. Predominaron protocolos de uno a catorce días y ensayos de tamaño muestral reducido; varios tuvieron entre ocho y 22 participantes. Las excepciones fueron estudios con 37, 52, 99 o más personas, aunque no todos midieron el mismo desenlace ni usaron el mismo modelo de ejercicio. La mayoría empleó ejercicio incremental en bicicleta o cinta, sprints, remo de 30 segundos, fuerza submáxima, pruebas Wingate o protocolos específicos de deporte. Solo una minoría incorporó un resultado competitivo directo; predominan marcadores de laboratorio, tests de campo y variables fisiológicas.

La variabilidad del producto fue considerable. En HRW, la concentración de hidrógeno osciló desde valores cercanos a la saturación hasta formulaciones de nanoburbujas o tabletas generadoras de gas. Los intervalos de administración abarcaron una dosis de 500–1260 mL cerca del ejercicio, múltiples dosis el día previo o ingestas diarias durante una a cuatro semanas. En agua alcalina, pH y mineralización cambiaron a la vez, a veces con cantidades

sustantivas de bicarbonato y sodio. En consecuencia, la comparabilidad entre estudios es limitada y no permite inferir un efecto común para la expresión agua estructurada.

La Tabla 1 presenta los 25 documentos incluidos y sus hallazgos relevantes. La formulación evita clasificar un resultado como positivo si solo se observó dentro del grupo de intervención sin interacción o diferencia convincente frente al control.

Tabla 1. *Documentos primarios incluidos en la revisión.*

N.º	Autor y año	Hallazgos relevantes
1	Aoki et al. [24], en el 2012.	HRW previa redujo lactato y atenuó la fatiga muscular tras ejercicio agudo; estudio piloto pequeño.
2	LeBaron et al. [25], en el 2019,	HRW durante 14 días elevó pH y bicarbonato; no demostró por sí sola una mejora de rendimiento.
3	Drid et al. [26], en el 2016.	En judocas, HRW redujo lactato posprueba, sin mejoría concluyente del índice específico de rendimiento.
4	Da Ponte et al. [27], en el 2018.	Preservó potencia pico en sprints repetidos, pero no modificó varios desenlaces de trabajo total o fisiología.
5	Botek et al. [28], en el 2019.	Redujo lactato, esfuerzo percibido y equivalente ventilatorio durante ejercicio incremental.
6	Mikami et al. [29], en el 2019.	Redujo fatiga psicométrica y mostró mejoras de resistencia en uno de dos experimentos.
7	Ooi et al. [30], en el 2020.	No cambió VO2máx, tiempo al agotamiento, frecuencia cardiaca ni esfuerzo percibido en corredores entrenados.
8	Botek et al. [31], en el 2020.	El efecto global sobre carrera ascendente fue incierto; posible beneficio solo en corredores más lentos.
9	Dobashi et al. [32], en el 2020.	Mantuvo un índice redox durante tres días de ejercicio intenso, sin mejora del rendimiento repetido.
10	Hori et al. [33], en el 2020.	La ingesta continuada, no la dosis única, aumentó VO2pico; lactato y marcadores redox no cambiaron.
11	Timón et al. [34], en el 2021.	En ciclistas entrenados aumentó potencia anaeróbica y bajó índice de fatiga; no en no entrenados.
12	Botek et al. [35], en el 2022.	Atenuó el deterioro de sprints repetidos en futbolistas profesionales; requiere replicación.
13	Dong et al. [36], en el 2022.	Mejoras intragrupo de potencia y recuperación de frecuencia cardiaca, con comparaciones entre grupos mayormente no significativas.
14	Valenta et al. [37], en el 2022.	HRW aguda no mejoró carrera a velocidad aeróbica máxima ni respuestas fisiológicas principales.
15	Botek et al. [38], en el 2022.	Mejoró velocidad de zancadas y redujo lactato y dolor muscular tardío, sin ganancia clara de salto.
16	Jebabli et al. [39], en el 2023.	Mejoras pequeñas en velocidad aeróbica máxima y tiempo límite; no hubo efecto en salto.

N.º	Autor y año	Hallazgos relevantes
17	Sládečková et al. [40], en el 2024.	Atenuó elevación de creatina cinasa y preservó algunos indicadores musculares entre dos sesiones intensas.
18	Zhou et al. [41], en el 2024.	Elevó potencia total y repeticiones en media sentadilla; no mejoró dolor, CMJ ni recuperación a 24–48 h.
19	Ogannisyan et al. [42], en el 2025.	Aumentó torque y modificó creatina cinasa y biomarcadores; no cambió estrés o recuperación percibida.
20	Heil [43], en el 2010.	Modificó equilibrio ácido-base y retención hídrica breve; no evaluó rendimiento competitivo.
21	Weidman et al. [44] ,en el 2026.	Redujo viscosidad sanguínea tras deshidratación; es un desenlace indirecto de rehidratación.
22	Chycki et al. [45], en el 2017.	Agua alcalina de baja mineralización mejoró pH urinario y utilización de lactato, sin cambio en agua corporal total.
23	Chycki et al. [46], en el 2018.	Elevó bicarbonato y pH y mejoró variables Wingate, con confusión por minerales y sodio diferentes.
24	Ito et al. [47], en el 2020.	Durante ciclismo en calor redujo gasto energético, sin mejorar balance hídrico, tiempo al agotamiento o rendimiento.
25	Lee et al. [48], en el 2022.	Cambió biomarcadores de estrés oxidativo y fatiga; no demuestra beneficio competitivo directo.

Nota: HRW: agua rica en hidrógeno; CMJ: salto con contramovimiento; VO2máx: consumo máximo de oxígeno.

Agua rica en hidrógeno: rendimiento aeróbico y tolerancia al esfuerzo

La evidencia sobre el efecto del agua rica en hidrógeno (HRW) en el rendimiento aeróbico es heterogénea. Un estudio demostró no encontrar mejoras en tiempo al agotamiento, VO2máx, frecuencia cardiaca máxima, percepción del esfuerzo ni parámetros sanguíneos en corredores entrenados [30]. De manera similar, se observó que una ingesta preejercicio no mejoró la carrera a velocidad aeróbica máxima [37]. En contraste, en una investigación se registró un aumento del VO2pico después de dos semanas de consumo, aunque no tras una ingesta única [33], mientras que otros investigadores reportaron menor fatiga y mejoras del VO2máx [29]. Asimismo, un estudio identificó cambios favorables en velocidad aeróbica máxima y tiempo límite, pero con efectos pequeños y sin beneficios en el salto [39].

Los resultados competitivos también son inconsistentes. Un estudio no encontró un efecto general en una carrera ascendente de 4,2 km, aunque un análisis por subgrupos sugirió ventajas en corredores de menor rendimiento [31]. Otra investigación observó menores frecuencias cardiaca y respiratoria durante una prueba graduada, pero sin modificaciones en los indicadores máximos de rendimiento [25]. En conjunto, las diferencias entre estudios podrían explicarse por modalidad de ejercicio, nivel de entrenamiento, dosis y duración de la suplementación. Ensayos con suplementos de hidrógeno de dosis única muestran el mismo patrón de efectos ergogénicos limitados a variables submáximas [49].

Potencia, sprint y ejercicio de fuerza

Los resultados más favorables aparecen en esfuerzos intermitentes y repetidos. Aoki et al. [24], observaron menor lactato y atenuación de la fatiga muscular en futbolistas de élite; Da Ponte et al. [27], registraron una mejor preservación de la potencia pico en ciclistas; Botek et al. [35], encontraron menor deterioro durante sprints repetidos, y Timón et al. [34], reportaron incrementos de potencia pico y media en ciclistas entrenados. Estos hallazgos sugieren un posible efecto sobre la tolerancia a esfuerzos repetidos, aunque las muestras limitan la estimación de su relevancia práctica.

En ejercicios de fuerza, se observó mayor velocidad, menor lactato y menos dolor muscular tardío, pero sin mejoras claras en el salto con contramovimiento [38]. Zhou et al. [41], encontraron mayor potencia total y número de repeticiones durante series de media sentadilla, aunque sin beneficios posteriores sobre salto, dolor muscular o recuperación percibida. Dong et al. [36], comunicaron mejoras intragrupo en potencia de deportistas de dragon boat, pero varias comparaciones entre grupos no fueron significativas. Ogannisyan et al. [42], añadieron evidencia de mejoras de torque y cambios de creatina cinasa en atletas mujeres, sin modificaciones en las escalas de estrés y recuperación. Por tanto, la evidencia aún no justifica una recomendación ergogénica general.

Recuperación, lactato y marcadores redox

El lactato constituye uno de los biomarcadores más estudiados. Diversos trabajos encontraron concentraciones menores durante o después del ejercicio [24,28,38]. Sin embargo, una reducción del lactato no equivale necesariamente a menor fatiga ni mayor rendimiento, pues puede responder a variaciones en producción, transporte, oxidación o intensidad efectiva.

Por su parte, Dobashi et al. [32], encontraron que HRW evitó la reducción del potencial antioxidante durante ejercicio severo, aunque sin mejorar el rendimiento. Sládečková et al. [40], observaron menor incremento de creatina cinasa y Ogannisyan et al. [42], reportaron cambios en creatina cinasa, interleucina 10 y vitaminas antioxidantes. Estos resultados sugieren una posible modulación fisiológica, pero no demuestran una transferencia automática al desempeño.

La recuperación subjetiva tampoco muestra resultados consistentes. Zhou et al. [41], no hallaron diferencias en dolor, recuperación percibida o salto a las 24–48 horas; Ogannisyan et al. [42], tampoco registraron cambios en estrés y recuperación, mientras Botek et al. [38], sí encontraron menor dolor muscular tardío.

Los posibles mecanismos antioxidantes deben interpretarse con prudencia. Ohsawa et al. [9], propusieron que el hidrógeno molecular puede reducir especies oxidantes citotóxicas y Ohta [8], describió posibles vías de señalización. Sin embargo, las especies reactivas también participan en adaptaciones fisiológicas al ejercicio, como explican Powers y Jackson [14], Powers et al. [15] y Radak et al. [50]. Por ello, reducir marcadores oxidativos no implica necesariamente mejorar las adaptaciones al entrenamiento.

Agua alcalina, mineral y electrolizada: hidratación y equilibrio ácido-base

La evidencia sobre aguas alcalinas y electrolizadas es igualmente variable. Heil [43], observó modificaciones en equilibrio ácido-base y retención de fluidos tras deshidratación, mientras Weidman et al. [44], reportaron menor viscosidad sanguínea con agua alcalina electrolizada. Sin embargo, estos indicadores no representan directamente mejoras del rendimiento.

Adicionalmente, Chycki et al. [45], encontraron menor densidad urinaria, mayor pH urinario y eliminación más rápida de lactato en futbolistas, aunque sin cambios en agua corporal. Posteriormente, se observó aumentos de pH, bicarbonato, potencia media y trabajo en deportistas de combate [46]. No obstante, las bebidas también diferían en minerales y bicarbonato, lo que dificulta atribuir los efectos exclusivamente al tipo de agua.

En condiciones de calor, Ito et al. [47], no observaron cambios relevantes en hidratación, electrolitos, lactato ni tiempo al agotamiento, por lo que estos productos no sustituyen las estrategias convencionales de hidratación. Lee et al. [48], describieron modificaciones en marcadores oxidativos y metabólicos, aunque sin un beneficio competitivo sólido. Los antecedentes sobre agua alcalina con bicarbonato ya habían mostrado efectos sobre alcalinidad sanguínea en hombres activos, sin que ello demostrara ventaja funcional generalizable [51].

Integración por desenlace y relevancia práctica

La evidencia sugiere que las aguas modificadas pueden alterar determinados biomarcadores y, en algunos protocolos, favorecer la tolerancia a esfuerzos repetidos. Sin embargo, los resultados sobre rendimiento aeróbico, recuperación y desempeño competitivo permanecen inconsistentes. La interpretación debe diferenciar cambios fisiológicos de mejoras funcionales y evitar considerar biomarcadores aislados como equivalentes de rendimiento deportivo, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. *Interpretación cualitativa de la evidencia por desenlace.*

Dominio	Señal observada	Consistencia	Interpretación práctica
Rendimiento aeróbico	Resultados nulos en corredores entrenados; algunos ensayos con VO2pico o tiempo límite favorables.	Baja.	No hay fundamento para recomendar HRW como ayuda ergogénica aeróbica de rutina.
Potencia y sprints repetidos	Algunos estudios muestran preservación de potencia o más repeticiones.	Baja a moderada, limitada por muestras pequeñas.	Es la señal más interesante, pero requiere ensayos independientes con desenlaces externos.
Lactato y esfuerzo percibido	Descensos frecuentes con HRW durante intensidades elevadas.	Moderada para biomarcadores, no para rendimiento.	Debe interpretarse como respuesta fisiológica, no como

Dominio	Señal observada	Consistencia	Interpretación práctica
			evidencia de ventaja competitiva.
Recuperación y daño muscular	Cambios en dolor, creatina cinasa y potencial antioxidante en algunos estudios.	Baja.	Los biomarcadores no sustituyen la función ni validan una recuperación superior.
Hidratación y rehidratación	Modificaciones de pH urinario, viscosidad o retención de líquidos con aguas alcalinas/minerales.	Baja a moderada; formulaciones heterogéneas.	La composición de electrolitos y volumen importa más que la etiqueta de agua estructurada.
Ejercicio en calor	Agua electrolizada redujo gasto energético en un ensayo.	Muy baja.	No se demostraron beneficios en fluidos, electrolitos o tiempo al agotamiento.

A nivel poblacional, una conclusión prudente sería que HRW podría ser objeto de investigación adicional en protocolos cortos, explosivos o de volumen repetido, particularmente si se confirma un efecto sobre potencia y esfuerzo percibido. No obstante, la mejor evidencia negativa también proviene de protocolos relevantes: corredores entrenados no mejoraron pruebas incrementales o de velocidad aeróbica máxima. En aguas alcalinas y minerales, los resultados sobre bicarbonato, pH o densidad urinaria deben separar siempre el efecto del soluto del efecto de la etiqueta. Ninguno de los cuerpos de evidencia autoriza a sustituir una estrategia individualizada de agua, carbohidratos y electrolitos por una promesa de agua modificada.

Implicaciones para educación física y educación para la salud

La principal transferencia de esta revisión al contexto educativo no es recomendar un producto, sino enseñar a evaluar una afirmación de salud. La Tabla 3 transforma los resultados en desempeños de aprendizaje posibles. Su aplicación puede adaptarse a secundaria, bachillerato, formación técnica o formación inicial del profesorado. El docente puede presentar un anuncio, una publicación de redes sociales o una etiqueta de bebida y pedir al alumnado que formule una pregunta PICO, localice qué variable fue realmente medida y redacte una conclusión que no exceda los datos. Así, la hidratación deja de ser una lista de consejos para convertirse en una situación de argumentación basada en evidencia.

Tabla 3. *Propuesta de traducción educativa de los hallazgos.*

Evidencia o problema observado	Pregunta guía para el aula	Aprendizaje verificable
Agua estructurada reúne HRW, agua alcalina, mineral y electrolizada.	¿Qué característica concreta del producto se afirma que produce el efecto?	El alumnado define la intervención sin usar etiquetas vagas.

Varias pruebas informan menor lactato sin mejora de carrera o tiempo al agotamiento.	¿El lactato es el rendimiento o es un biomarcador?	El alumnado distingue desenlace sustitutivo, fisiológico y funcional.
Algunos estudios incluyen 8–22 participantes y múltiples variables.	¿Qué limita la generalización de un resultado significativo?	El alumnado identifica tamaño muestral y comparación entre grupos.
Las aguas alcalinas modifican pH y minerales simultáneamente.	¿Cómo separar el efecto del pH del efecto de bicarbonato o sodio?	El alumnado reconoce variables de confusión y propone un comparador adecuado.
Existen resultados favorables y nulos según dosis, población y prueba.	¿Qué afirmación sería proporcional a una evidencia heterogénea?	El alumnado redacta una recomendación condicional y evita afirmaciones absolutas.
La hidratación convencional depende de ambiente y pérdida de sudor.	¿Qué información personal y contextual se necesita antes de elegir una bebida?	El alumnado justifica una decisión de hidratación considerando carga, calor y sudoración.

Nota: No es un currículo prescriptivo ni una intervención didáctica evaluada; es una matriz para orientar actividades de lectura crítica.

Discusión

Esta revisión sintetizó 25 documentos sobre intervenciones hídricas modificadas y actividad física. El hallazgo principal es que el rótulo agua estructurada carece de valor explicativo suficiente para la práctica basada en evidencia. Bajo esa etiqueta conviven productos diferentes en concentración de hidrógeno, pH, bicarbonato, sodio, minerales, potencial de oxidación-reducción y volumen de administración. Por lo tanto, tratar todos los productos como una intervención única generaría una falsa coherencia y sobreestimaría la evidencia. Esta conclusión coincide con revisiones previas que advierten sobre la heterogeneidad de vías de administración y dosis de hidrógeno en deporte [12,13,18].

Desde el punto de vista educativo, esta heterogeneidad es precisamente el valor formativo del tema. El pensamiento crítico ha sido descrito como una capacidad para analizar, cuestionar y comprender información antes de tomar decisiones [52]. Aplicado al presente caso, ello implica que el alumnado no deba aceptar ni rechazar una afirmación por su apariencia técnica: debe preguntar qué se comparó, qué desenlace se midió, cuántas personas participaron y qué conclusión es proporcional al resultado. En educación física, este procedimiento vincula la competencia científica con decisiones de salud cercanas y evita que el aprendizaje se reduzca a repetir recomendaciones descontextualizadas.

La HRW fue la intervención más estudiada. Su patrón de resultados muestra algunos efectos agudos o de corto plazo en lactato, esfuerzo percibido, potencia repetida y trabajo de fuerza. Aun así, esos efectos coexisten con resultados nulos en resistencia aeróbica, carrera, saltos, tiempo al agotamiento y recuperación. El metaanálisis de Zhou et al. [17], ofrece un marco útil: las estimaciones agrupadas fueron pequeñas para potencia explosiva, lactato y esfuerzo

percibido, pero triviales o no significativas para resistencia y fuerza máxima. Esa síntesis confirma que la evidencia no es uniformemente negativa, pero tampoco demuestra eficacia amplia. La calidad de cualquier recomendación debe ser proporcional a esa incertidumbre.

La diferencia entre significación estadística y relevancia aplicada es especialmente importante. Un cambio en lactato o frecuencia cardiaca promedio puede tener una explicación fisiológica, pero su utilidad depende de que se traduzca en más velocidad, potencia, distancia, precisión técnica, tolerancia a la carga o recuperación funcional. Además, varios estudios informan múltiples desenlaces en muestras de 8 a 22 participantes. Cuando se realizan muchas comparaciones, es más probable encontrar algún resultado estadísticamente significativo por azar o por variación biológica. Es preferible priorizar los desenlaces preespecificados, la comparación entre grupos y los intervalos de confianza antes que los cambios intragrupo aislados.

La literatura sobre agua alcalina ilustra un problema adicional: la confusión por composición. El organismo regula estrechamente el pH sanguíneo; una bebida no alcaliniza libremente los tejidos solo por tener pH alto. Si un producto contiene bicarbonato, carbonato y sodio, puede afectar parámetros ácido-base o retención de fluidos; ese hecho no demuestra una propiedad especial de la red molecular del agua. En los ensayos de Chycki et al. [45,46], la diferencia de minerales entre agua experimental y control impide identificar un mecanismo único. Tales estudios son útiles para formular hipótesis de bebida mineral-alcalina, pero no para validar una categoría general de agua estructurada.

Desde la fisiología de la hidratación, la prioridad sigue siendo conservar un balance adecuado entre ingesta y pérdidas, reducir riesgos de deshidratación o hiponatremia y adaptar la bebida al contexto. Sawka et al. [1], y Cheuvront y Kenefick [2], señalan que el efecto de la pérdida de agua corporal depende del tipo de deshidratación, la intensidad, la duración y el ambiente. Thomas et al. [53], sitúan la hidratación dentro de una estrategia nutricional completa para rendimiento y recuperación. Ninguno de esos principios se sustituye por consumir un agua con pH elevado o hidrógeno disuelto. En ejercicio prolongado con alta tasa de sudoración, el contenido de sodio, el volumen, los carbohidratos cuando corresponda y la tolerancia gastrointestinal son variables más directamente accionables. La necesidad de estrategias individualizadas ha sido enfatizada consistentemente [54,55], así como la optimización de la restauración del balance hídrico postejercicio [56].

También deben considerarse los posibles conflictos de interés y la replicación. Algunos estudios utilizaron dispositivos, tabletas o productos específicos; otros no reportaron de forma suficiente la concentración de hidrógeno al momento del consumo. Dado que el hidrógeno disuelto puede disiparse, la concentración real ingerida, el recipiente, el tiempo desde la preparación y la temperatura son datos necesarios. Los futuros ensayos deberían medir y comunicar esa concentración, describir pH y minerales de ambos brazos, registrar adherencia, estandarizar carga y dieta, y emplear placebos sensorialmente indistinguibles.

Sería deseable incluir muestras diversas por sexo, disciplina y nivel de entrenamiento, además de seguimiento prolongado que evalúe adaptación, no solo respuesta aguda.

Seguridad, comunicación de la incertidumbre y aplicabilidad

La seguridad comunicada a corto plazo fue, en general, favorable: los ensayos incluidos no informaron eventos adversos graves atribuibles a HRW, agua alcalina o agua electrolizada. Sin embargo, la ausencia de eventos en estudios breves y pequeños no equivale a evidencia amplia de inocuidad crónica. Esto es particularmente importante en aguas alcalinas minerales, cuya carga de sodio o bicarbonato puede ser relevante para personas con restricciones clínicas, y en atletas que combinan varias bebidas, suplementos y estrategias de pérdida rápida de peso.

La comunicación comercial suele transformar resultados fisiológicos aislados en promesas de superioridad global. En esta revisión, por ejemplo, una disminución de lactato fue compatible tanto con desempeño mejorado como con ausencia de cambio de rendimiento, según el protocolo. Asimismo, menor viscosidad sanguínea o mayor pH urinario no establecen que una persona corra más rápido, se fatigue menos o se recupere antes. Es preferible comunicar los hallazgos con el lenguaje de probabilidad y magnitud: se observó una señal en un desenlace específico es distinto de demuestra eficacia ergogénica. Esta precisión protege a atletas y entrenadores de invertir recursos en formulaciones cuya ventaja funcional no ha sido demostrada.

La aplicabilidad externa está limitada por la concentración de investigación en varones jóvenes, atletas de disciplinas concretas y protocolos de laboratorio. Las mujeres están escasamente representadas, con excepciones como Drid et al. [26], y Ogannisyan et al. [42]. También faltan estudios en adolescentes, atletas máster, deportistas con alta exposición térmica, ultrarresistencia, deportes de equipo con toma de decisiones y personas con condiciones de salud frecuentes. Por consiguiente, no se debe generalizar un resultado de ciclismo o media sentadilla a cualquier disciplina.

La validez ecológica exige, además, que los futuros trabajos incorporen condiciones similares a la práctica. Una prueba de laboratorio controlada reduce ruido y es útil para detectar mecanismos, pero una mejora útil debería mantenerse en sesiones completas, competiciones simuladas o indicadores de disponibilidad para entrenar en días consecutivos. Los protocolos deberían comparar el producto con una bebida que iguale volumen, electrolitos, bicarbonato y sabor. Para deportes de resistencia, los desenlaces deberían incluir rendimiento cronometrado, economía, malestar gastrointestinal y balance de fluidos; para deportes intermitentes, potencia repetida, habilidad técnica y decisiones tácticas; para fuerza, volumen realizado, fuerza máxima, función a 24–72 horas y progresión de entrenamiento.

Otro aspecto poco considerado es la estabilidad del producto. En HRW, la exposición real depende de la concentración de hidrógeno al momento de beber, del método de generación, del cierre del envase, de la temperatura y del tiempo transcurrido. Un ensayo que no

documenta esos elementos tiene una intervención difícil de reproducir. En agua alcalina y mineral, el informe debe incluir pH, bicarbonato, sodio, calcio, magnesio, osmolaridad y sólidos disueltos del producto y del comparador. Esa descripción no es un detalle técnico menor: es la condición que permite distinguir una hipótesis sobre hidrógeno de una hipótesis sobre alcalinización o reposición de electrolitos. Los orígenes históricos del uso terapéutico de hidrógeno recuerdan que la vía y la dosis condicionan cualquier inferencia [57].

La revisión tiene limitaciones. En primer lugar, se restringió a estudios con intervención hídrica; se excluyeron inhalación, baño y polvos de hidrógeno porque responden a una exposición distinta. En segundo lugar, la heterogeneidad de productos, dosis y desenlaces impidió un metaanálisis original metodológicamente defendible. En tercer lugar, algunos artículos incluían poblaciones entrenadas y no entrenadas, distintos diseños de cegamiento y resultados con análisis secundarios; por esa razón, la síntesis privilegió una lectura crítica antes que un conteo simple de estudios positivos. Finalmente, aunque los identificadores bibliográficos fueron contrastados en fuentes académicas, que una referencia sea verificable no elimina los límites inherentes de sus métodos, muestras o inferencias.

Las implicaciones para investigación son claras. Un ensayo definitivo de HRW debería usar aleatorización, doble cegamiento, muestra calculada para un desenlace primario competitivo, medición verificable del hidrógeno disuelto, comparador de composición igualada excepto por hidrógeno y registro prospectivo. Para agua alcalina, el diseño debe controlar sodio, bicarbonato, calcio, magnesio y volumen a fin de atribuir cualquier efecto. El rendimiento debe evaluarse mediante pruebas pertinentes para cada deporte, no solamente con lactato o biomarcadores.

Conclusiones

La evidencia revisada no sustenta el uso de agua estructurada como una categoría ergogénica única ni como una recomendación estándar para personas físicamente activas, y menos aún como contenido prescriptivo en educación física escolar. El agua rica en hidrógeno muestra señales exploratorias de menor lactato, menor esfuerzo percibido y mejor preservación de potencia o volumen de trabajo en algunos protocolos, pero no ofrece un beneficio consistente para resistencia aeróbica, tiempo al agotamiento, carrera, salto o recuperación. El agua alcalina, mineral o electrolizada puede modificar variables de equilibrio ácido-base, rehidratación o biomarcadores; sin embargo, esos efectos no se pueden separar fácilmente de la composición de bicarbonato, sodio y minerales.

En consecuencia, el aporte educativo más sólido consiste en emplear el tema para desarrollar alfabetización científica y pensamiento crítico: definir una intervención, distinguir un biomarcador de un beneficio funcional, reconocer una variable de confusión y formular una conclusión prudente. La hidratación personalizada, la reposición de electrolitos cuando sea necesaria, la nutrición suficiente y la programación de cargas continúan siendo intervenciones con fundamento más estable. HRW o las aguas alcalinas pueden presentarse en el aula como

casos de análisis crítico, no como sustitutos de esas prácticas ni como recomendación de consumo. Las futuras investigaciones deben abandonar etiquetas imprecisas, especificar la composición real del producto y demostrar beneficios funcionales reproducibles en desenlaces deportivos y educativos relevantes.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron en la conceptualización del estudio, desarrollo metodológico, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica de su contenido intelectual. En la aprobación de la versión final para su publicación.

Financiamiento: Los autores declaran que la investigación se realizó con recursos propios y no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

Agradecimiento: Los autores agradecen al personal de biblioteca y a los revisores anónimos por sus aportes al desarrollo del presente artículo científico.

Certificación ética: El estudio se basó en la revisión y síntesis de 25 estudios primarios realizados en adultos, sin intervención directa con participantes por parte de los autores de la revisión. Se deben garantizar la integridad académica, la transparencia metodológica y el reconocimiento adecuado de las fuentes consultadas.

Historia del artículo: Artículo recibido 24 de agosto 2026 | Aceptado 21 de septiembre 2026 | Publicado 09 de noviembre 2026

Referencias

1. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(2):377-390. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597
2. Cheuvront SN, Kenefick RW. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. Compr Physiol. 2014;4(1):257-285. https://doi.org/10.1002/j.2040-4603.2014.tb00543.x
3. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LC Jr, et al. American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. 1996;28(10):i-vii. https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00045
4. Maughan RJ, Shirreffs SM. Development of individual hydration strategies for athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2008;18(5):457-472. https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.5.457
5. García Fernández B, Paños E, Ruiz-Gallardo JR. Alfabetización científica, C-T-S-A y pensamiento crítico: conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo. Apice Rev Educ Cient. 2022;6(2). https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.2.9046

6. Esquivel Martín T. Propuesta educativa para la alfabetización científica sobre salud en bachillerato. Didact Espec. 2019;(20):7-24. https://doi.org/10.15366/didacticas2019.20.001

7. Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine. Pharmacol Ther. 2014;144(1):1-11. https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2014.04.006

8. Ichihara M, Sobue S, Ito M, Ito M, Hirayama M, Ohno K. Beneficial biological effects and the underlying mechanisms of molecular hydrogen - comprehensive review of 321 original articles. Med Gas Res. 2015;5:12. https://doi.org/10.1186/s13618-015-0035-1

9. Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, Watanabe M, Nishimaki K, Yamagata K, et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. Nat Med. 2007;13(6):688-694. https://doi.org/10.1038/nm1577

10. Huang CS, Kawamura T, Toyoda Y, Nakao A. Recent advances in hydrogen research as a therapeutic medical gas. Free Radic Res. 2010;44(9):971-982. https://doi.org/10.3109/10715762.2010.500328

11. Ishibashi T. Therapeutic efficacy of molecular hydrogen: a new mechanistic insight. Curr Pharm Des. 2019;25(35):3785-3790. https://doi.org/10.2174/1381612825666190506123038

12. Ostojic SM. Molecular hydrogen in sports medicine: new therapeutic perspectives. Int J Sports Med. 2015;36(4):273-279. https://doi.org/10.1055/s-0034-1395509

13. Kawamura T, Higashida K, Muraoka I. Application of molecular hydrogen as a novel antioxidant in sports science. Oxid Med Cell Longev. 2020;2020:2328768. https://doi.org/10.1155/2020/2328768

14. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. Physiol Rev. 2008;88(4):1243-1276. https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2007

15. Powers SK, Nelson WB, Hudson MB. Exercise-induced oxidative stress in humans: cause and consequences. Free Radic Biol Med. 2011;51(5):942-950. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.12.009

16. Shirahata S, Kabayama S, Nakano M, Miura T, Kusumoto K, Gotoh M, et al. Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage. Biochem Biophys Res Commun. 1997;234(1):269-274. https://doi.org/10.1006/bbrc.1997.6622

17. Zhou K, Shang Z, Yuan C, Guo Z, Wang Y, Bao D, et al. Can molecular hydrogen supplementation enhance physical performance in healthy adults? A systematic review and meta-analysis. Front Nutr. 2024;11:1387657. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1387657

18. Zhou K, Li H, Zhang Y, Zhao Y, Wang C, Liu C. Can molecular hydrogen supplementation reduce exercise-induced oxidative stress in healthy adults? A systematic review and meta-analysis. Front Nutr. 2024;11:1328705. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1328705

19. Zhou Q, Li H, Zhang Y, Zhao Y, Wang C, Liu C. Hydrogen-rich water to enhance exercise performance: a review of effects and mechanisms. Metabolites. 2024;14(10):537. https://doi.org/10.3390/metabo14100537

20. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

21. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n160. https://doi.org/10.1136/bmj.n160

22. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ. 2011;343:d5928. https://doi.org/10.1136/bmj.d5928

23. Sterne JAC, Savovic J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ. 2019;366:l4898. https://doi.org/10.1136/bmj.l4898

24. Aoki K, Nakao A, Adachi T, Matsui Y, Miyakawa S. Pilot study: effects of drinking hydrogen-rich water on muscle fatigue caused by acute exercise in elite athletes. Med Gas Res. 2012;2:12. https://doi.org/10.1186/2045-9912-2-12

25. LeBaron TW, Larson AJ, Ohta S, Mikami T, Barlow J, Bulloch J, et al. Acute supplementation with molecular hydrogen benefits submaximal exercise indices: randomized, double-blinded, placebo-controlled crossover pilot study. J Lifestyle Med. 2019;9(1):36-43. https://doi.org/10.15280/jlm.2019.9.1.36

26. Drid P, Trivic T, Casals C, Trivic S, Stojanovic M, Ostojic SM. Is molecular hydrogen beneficial to enhance post-exercise recovery in female athletes? Sci Sports. 2016;31(4):207-213. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.04.010

27. Da Ponte A, Giovanelli N, Nigris D, Lazzer S. Effects of hydrogen rich water on prolonged intermittent exercise. J Sports Med Phys Fitness. 2018;58(5):612-621. https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.06883-9

28. Botek M, Krejci J, McKune AJ, Sladeckova B, Naumovski N. Hydrogen rich water improved ventilatory, perceptual and lactate responses to exercise. Int J Sports Med. 2019;40(14):879-885. https://doi.org/10.1055/a-0991-0268

29. Mikami T, Tano K, Lee H, Lee H, Park J, Ohta F, et al. Drinking hydrogen water enhances endurance and relieves psychometric fatigue: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. Can J Physiol Pharmacol. 2019;97(9):857-862. https://doi.org/10.1139/cjpp-2019-0059

30. Ooi CH, Ng SK, Omar EA. Acute ingestion of hydrogen-rich water does not improve incremental treadmill running performance in endurance-trained athletes. Appl Physiol Nutr Metab. 2020;45(5):513-519. https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0553

31. Botek M, Krejci J, McKune A, Sladeckova B, Valenta M. Hydrogen-rich water supplementation and up-hill running performance: effect of athlete performance level. Int J Sports Physiol Perform. 2020;15(8):1193-1196. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0507

32. Dobashi S, Takeuchi K, Koyama K. Hydrogen-rich water suppresses the reduction in blood total antioxidant capacity induced by 3 consecutive days of severe exercise in physically active males. Med Gas Res. 2020;10(1):21-26. https://doi.org/10.4103/2045-9912.279979

33. Hori A, Sobue S, Kurokawa R, Hirano SI, Ichihara M, Hotta N. Two-week continuous supplementation of hydrogen-rich water increases peak oxygen uptake during an incremental cycling exercise test in healthy humans: a randomized, single-blinded, placebo-controlled study. Med Gas Res. 2020;10(4):163-169. https://doi.org/10.4103/2045-9912.304223

34. Timón R, Olcina G, González-Custodio A, Camacho-Cardenosa M, Camacho-Cardenosa A, Martínez Guardado I. Effects of 7-day intake of hydrogen-rich water on physical performance of trained and untrained subjects. Biol Sport. 2021;38(2):269-275. https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.98625

35. Botek M, Khanna D, Krejci J, Valenta M, McKune A, Sladeckova B, et al. Molecular hydrogen mitigates performance decrement during repeated sprints in professional soccer players. Nutrients. 2022;14(3):508. https://doi.org/10.3390/nu14030508

36. Dong G, Fu J, Bao D, Zhou J. Short-term consumption of hydrogen-rich water enhances power performance and heart rate recovery in dragon boat athletes: evidence from a pilot study. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(9):5413. https://doi.org/10.3390/ijerph19095413

37. Valenta M, Botek M, Krejci J, McKune A, Sladeckova B, Neuls F, et al. Acute pre-exercise hydrogen rich water intake does not improve running performance at maximal aerobic speed in trained track and field runners: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover study. PLoS One. 2022;17(12):e0279307. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279307

38. Botek M, Krejci J, McKune A, Valenta M, Sladeckova B. Hydrogen rich water consumption positively affects muscle performance, lactate response, and alleviates delayed onset of muscle soreness after resistance training. J Strength Cond Res. 2022;36(10):2792-2799. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003979

39. Jebabli N, Ouerghi N, Abassi W, Yagin FH, Khlifi M, Boujabli M, et al. Acute effect of hydrogen-rich water on physical, perceptual and cardiac responses during aerobic and anaerobic exercises: a randomized, placebo-controlled, double-blinded cross-over trial. Front Physiol. 2023;14:1240871. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1240871

40. Sládecková B, Botek M, Krejci J, Valenta M, McKune A, Neuls F, et al. Hydrogen-rich water supplementation promotes muscle recovery after two strenuous training sessions performed on the same day in elite fin swimmers: randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover trial. Front Physiol. 2024;15:1321160. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1321160

41. Zhou K, Yuan C, Shang Z, Jiao W, Wang Y. Effects of 8 days intake of hydrogen-rich water on muscular endurance performance and fatigue recovery during resistance training. Front Physiol. 2024;15:1458882. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1458882

42. Ogannisyan M, Slivin A, LeBaron TW, Tarnava A, Karmazin V, Bazanovich S, et al. Hydrogen-rich water decreases muscle damage and improves power endurance in elite athletes: a

randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. J Lifestyle Med. 2025;15(1):8-17. https://doi.org/10.15280/jlm.2025.15.1.8

43. Heil DP. Acid-base balance and hydration status following consumption of mineral-based alkaline bottled water. J Int Soc Sports Nutr. 2010;7:29. https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-29

44. Weidman J, Holsworth RE, Brossman B, Cho DJ, St Cyr J, Fridman G. Effect of electrolyzed high-pH alkaline water on blood viscosity in healthy adults. J Int Soc Sports Nutr. 2016;13:45. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0153-8

45. Chycki J, Zajac T, Maszczyk A, Kurylas A. The effect of mineral-based alkaline water on hydration status and the metabolic response to short-term anaerobic exercise. Biol Sport. 2017;34(3):255-261. https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.66003

46. Chycki J, Kurylas A, Maszczyk A, Golas A, Zajac A. Alkaline water improves exercise-induced metabolic acidosis and enhances anaerobic exercise performance in combat sport athletes. PLoS One. 2018;13(11):e0205708. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205708

47. Ito H, Kabayama S, Goto K. Effects of electrolyzed hydrogen water ingestion during endurance exercise in a heated environment on body fluid balance and exercise performance. Temperature (Austin). 2020;7(3):290-299. https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1742056

48. Lee M, Fadriquela A, Antonio JM, Kim CS, Cho IY, Kim KE, et al. Effects of alkaline-reduced water on exercise-induced oxidative stress and fatigue in young male healthy adults. Processes. 2022;10(8):1543. https://doi.org/10.3390/pr10081543

49. Alharbi AAD, Iwamoto N, Ebine N, Nakae S, Hojo T, Fukuoka Y. The acute effects of a single dose of molecular hydrogen supplements on responses to ergogenic adjustments during high-intensity intermittent exercise in humans. Nutrients. 2022;14(19):3974. https://doi.org/10.3390/nu14193974

50. Radak Z, Zhao Z, Koltai E, Ohno H, Atalay M. Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling. Antioxid Redox Signal. 2013;18(10):1208-1246. https://doi.org/10.1089/ars.2011.4498

51. Ostojic SM, Stojanovic MD. Hydrogen-rich water affected blood alkalinity in physically active men. Res Sports Med. 2014;22(1):49-60. https://doi.org/10.1080/15438627.2013.852092

52. Falla Juárez ME, Vásquez Falla JE, Vásquez Falla LM. Pensamiento crítico en el entorno educativo: una revisión sistemática. Horizontes Rev Investig Cienc Educ. 2025;9(37):1408-1425. https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v9i37.990

53. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine joint position statement: nutrition and athletic performance. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(3):543-568. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852

54. Maughan RJ, Shirreffs SM. Dehydration and rehydration in competitive sport. Scand J Med Sci Sports. 2010;20(Suppl 3):40-47. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01207.x

55. Evans GH, James LJ, Shirreffs SM, Maughan RJ. Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. J Appl Physiol. 2017;122(4):945-951. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00745.2016

56. Dole M, Wilson FR, Fife WP. Hyperbaric hydrogen therapy: a possible treatment for cancer. Science. 1975;190(4210):152-154. https://doi.org/10.1126/science.1166304

57. Ostojic SM. Molecular hydrogen: an inert gas turns clinically effective. Ann Med. 2015;47(4):301-304. https://doi.org/10.3109/07853890.2015.1034765

Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).