



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Uso de bicarbonato de sodio como ayuda
ergogénica en atletas: una revisión
bibliográfica.

Use of sodium bicarbonate as an ergogenic aid
in athletes: a bibliographic review.

Autor

Daniel Gómez González

Directora

María Arnedo Muñoz

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
1.1. PALABRAS CLAVE	1
2. ABSTRACT	2
2.1. KEY WORDS	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
5. METODOLOGÍA	5
6. RESULTADOS	6
6.1. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS	6
6.2. EFECTO TAMPÓN	7
6.3. TIEMPO-DOSIS	8
6.4. RENDIMIENTO Y RESULTADOS DEPORTIVOS	10
6.4.1. <i>Alta intensidad/Velocidad</i>	10
6.4.2. <i>Series/Intervalos</i>	11
6.4.3. <i>Resistencia</i>	12
6.5. IMPORTANCIA DE LA INDIVIDUALIZACIÓN	12
6.6. PROBLEMAS GASTROINTESTINALES (GI)	13
6.7. COMBINACIÓN CON OTROS SUPLEMENTOS	13
6.8. FORMATOS DE CONSUMO	15
7. DISCUSIÓN	16
7.1. RESULTADOS Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	16
7.2. PUNTOS FUERTES, LIMITACIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	18
8. CONCLUSIONES	19
9. BIBLIOGRAFÍA	20

1. RESUMEN

En esta revisión se examinan las diferentes dosis, tiempos de ingesta y métodos de administración del bicarbonato de sodio, así como sus efectos en el rendimiento deportivo y los efectos secundarios asociados. De acuerdo con la bibliografía, el consenso en cuanto a la dosis de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) se encontraría entre los 0,2-0,6g/kg de peso con una ingesta previa entre los 60-180 minutos antes de la prueba. Entre los potenciales beneficios ergogénicos del NaHCO_3 destacan las disciplinas de series o intervalos como los saltos de longitud, pértiga, altura o triple salto, así como sprints o entrenamientos a repeticiones. También puede llegar a ser beneficioso en ejercicios de resistencia y de alta intensidad con correctas cargas de NaHCO_3 .

Entre otras cosas, el bicarbonato de sodio ha demostrado tener beneficios por coingesta con la beta-alanina, y no tanto con otros suplementos como la cafeína o la creatina. Pese a todos estos beneficios debe tratarse con carácter individualizado, pues existe una amplia variabilidad entre sujetos y suele producir problemas gastrointestinales (GI) si no se consume correctamente. Se han encontrado evidencias que sugieren que la suplementación en dosis pequeñas a lo largo del día o varios días, sobre todo en formato cápsulas, pueden prevenir estos síntomas y así producir un mayor efecto ergogénico.

1.1. PALABRAS CLAVE

“Bicarbonato de sodio”, “ NaHCO_3 ”, “atletismo”, “ayuda ergogénica”, “efecto tampón”

2. ABSTRACT

This review examines the different doses, timing, and methods of sodium bicarbonate administration, as well as its effects on athletic performance and associated side effects. According to the literature, the consensus on the dose of sodium bicarbonate (NaHCO_3) ranges from 0.2-0.6g/kg of body weight, with ingestion occurring between 60-180 minutes before the test. Potential ergogenic benefits of NaHCO_3 include disciplines involving series or intervals such as long jumps, pole vault, high jump, or triple jump, as well as sprints or repetition-based training. It may also be beneficial in endurance and high-intensity exercises when using appropriate doses of NaHCO_3 .

Among other things, sodium bicarbonate has shown benefits when co-ingested with beta-alanine, rather than with other supplements like caffeine or creatine. Despite these benefits, supplementation should be individualized, as there is considerable variability between individuals, and it often causes gastrointestinal (GI) problems if not consumed properly. Evidence suggests that small, divided doses taken throughout the day or over several days, especially in capsule form, can help prevent these symptoms and produce a greater ergogenic effect.

2.1. KEY WORDS

“Sodium bicarbonate”, “ NaHCO_3 ”, “athletics”, “ergogenic aid”, “buffer”

3. INTRODUCCIÓN

Los suplementos deportivos son una moda, en 2021 se realizó un estudio transversal en México (Rivera et al., 2021) con hasta 1135 asistentes a gimnasios sobre los hábitos de entrenamiento, alimentación y suplementación. Los datos hablan por sí solos: hasta un 46,2% de los participantes habían consumido suplementos deportivos y un 35,4% consumía en el momento del estudio.

Entre ellos, los suplementos que usualmente más se consumen en la población son el bicarbonato de sodio, la cafeína, la creatina y la beta-alanina (Santesteban Moriones & Ibáñez Santos, 2017). Los 3 últimos son bastante comunes, pero el bicarbonato de sodio está empezando a usarse entre los practicantes de deportes como el atletismo, y se introduce normalmente en geles deportivos y bebidas.

El bicarbonato de sodio forma parte de nuestro organismo mediante el sistema tampón-bicarbonato, que permite regular el pH sanguíneo mediante el equilibrio del bicarbonato y ácido carbónico constantemente. Mediante un sistema de unión y disociación de protones, permite controlar el pH ante la perturbación del mismo por la agregación de un ácido o una base respectivamente (Yagi & Fujii, 2021).

El suplemento ya mostró en algún estudio (Van Montfoort et al., 2004) su eficacia a la hora de regular el pH sanguíneo en pruebas deportivas en comparación con el citrato, el lactato y el clorato, pero no se llegó a atribuir ningún beneficio concreto. Sin embargo, sí que se han visto casos de mejora del tiempo de carrera en sujetos con una dieta alcalina sin ningún tipo de suplementación (Limmer et al., 2018), por lo que se podría llegar a pensar que, efectivamente, el bicarbonato puede ser un causante de mejora en los tiempos de carrera y el rendimiento físico en el deporte.

Otros estudios también mencionan la importancia de mantener el equilibrio ácido/base a la hora de lograr mejoría en pruebas de esfuerzo. McGinley & Bishop (2017) observaron una mejora del trabajo total en series finales de sprints respecto al principio de la intervención que asociaron al mantenimiento del equilibrio ácido-base del organismo.

4. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

La suplementación deportiva es una buena herramienta para aquellos que quieren mejorar sus resultados y sus sensaciones durante sus entrenamientos y competiciones, pero no es algo que se pueda generalizar a todos los deportistas. Los suplementos por norma general son caros y, muchas veces, las personas no son conscientes de cómo tomarlos o de si son beneficiosos realmente para las disciplinas que practican.

Uno de los deportes más practicados a nivel aficionado y profesional es el atletismo en todas sus disciplinas, pero sobre todo las que involucran la carrera. Estos deportes, por lo general, se benefician bastante del uso de suplementos que retrasan la fatiga y ayudan a reducir pequeñas décimas en el cronómetro, aunque también destacan por su inestabilidad gastrointestinal durante entrenamientos y competiciones por lo demandantes que resultan. El bicarbonato de sodio es un producto muy común en los hogares que resulta relativamente barato y forma parte de uno de los sistemas tampón principales de nuestro organismo. Sin embargo, si no se consume correctamente puede desembocar en problemas digestivos.

Por ello planteamos el uso de bicarbonato de sodio como una alternativa segura, barata y efectiva para mejorar las expectativas deportivas del atleta.

El objetivo principal de este estudio es determinar la calidad del bicarbonato de sodio como ayuda ergogénica para practicantes de atletismo en todo su espectro.

Como objetivos específicos encontramos los siguientes:

1. Establecer, si procede, una dosis ideal de bicarbonato de sodio para las diferentes disciplinas.
2. Establecer, si procede, un tiempo de ingesta ideal para las diferentes disciplinas.
3. Encontrar alternativas de consumo y estrategias que reduzcan los síntomas gastrointestinales.
4. Encontrar sinergias e incompatibilidades con otros suplementos deportivos.

5. METODOLOGÍA

El trabajo realizado trata de una revisión bibliográfica con el objetivo de recopilar información relevante sobre el consumo de bicarbonato de sodio y su efecto ergogénico en disciplinas de atletismo.

Como criterios de inclusión se ha establecido el cumplimiento de 1 o más de los siguientes puntos:

1. Que el estudio evalúe el consumo de NaHCO_3 y el rendimiento deportivo directamente en pruebas o disciplinas de atletismo o derivadas de las mismas.
2. Que el estudio evalúe el consumo de NaHCO_3 y el rendimiento deportivo en ejercicios o pruebas no relacionadas con el atletismo, pero que puedan extrapolar sus resultados y sean compatibles con diferentes disciplinas de este.
3. Que el estudio determine un protocolo con dosis y tiempo de ingesta de bicarbonato de sodio con el fin de evaluar su efecto sobre el organismo en condición o no de actividad física.
4. Que el estudio analice otras variables relacionadas con el consumo de bicarbonato de sodio en el deporte como el método de ingesta o los efectos secundarios entre otros.

Para la realización de esta revisión bibliográfica inicialmente se iba a buscar en 3 bases de datos diferentes, siendo estas Scopus, PubMed y SciELO, pero debido a la escasez de bibliografía tanto en Scopus y SciELO respecto al tema en cuestión, la revisión centró la búsqueda en la base de datos PubMed.

Para ello se introdujo la siguiente búsqueda: (“sodium bicarbonate” OR “ NaHCO_3 ”) AND (“athletics” OR “gastrointestinal problems” OR “buffer capacity” OR “sprints” OR “beta-alanine” OR “caffeine” OR “creatine”) y se filtró por “clinical trial”, “randomized controlled trial” y “books and documents” en los últimos 20 años.

6. RESULTADOS

6.1. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

La selección de los artículos se ha realizado de forma secuencial. En primer lugar, se aplicó en las bases de datos PubMed, Scopus y Scielo la metodología descrita en el apartado anterior, obteniéndose un total de 7570 resultados. Seguidamente, se emplearon filtros que definían algunos de los criterios de inclusión y exclusión establecidos previamente, obteniendo un total de 133 resultados.

En segundo lugar, se realizó un primer cribado de los estudios seleccionados mediante la lectura de título y resumen, con el objetivo de excluir los que fuesen claramente irrelevantes, dando lugar a 51 artículos. Por último, se procedió a una lectura completa y en profundidad de los artículos, para de esta manera eliminar los que no se ajustaran al propósito de esta revisión. En la selección final para la realización de este Trabajo de Fin de Grado obtuvimos un total 44 artículos válidos

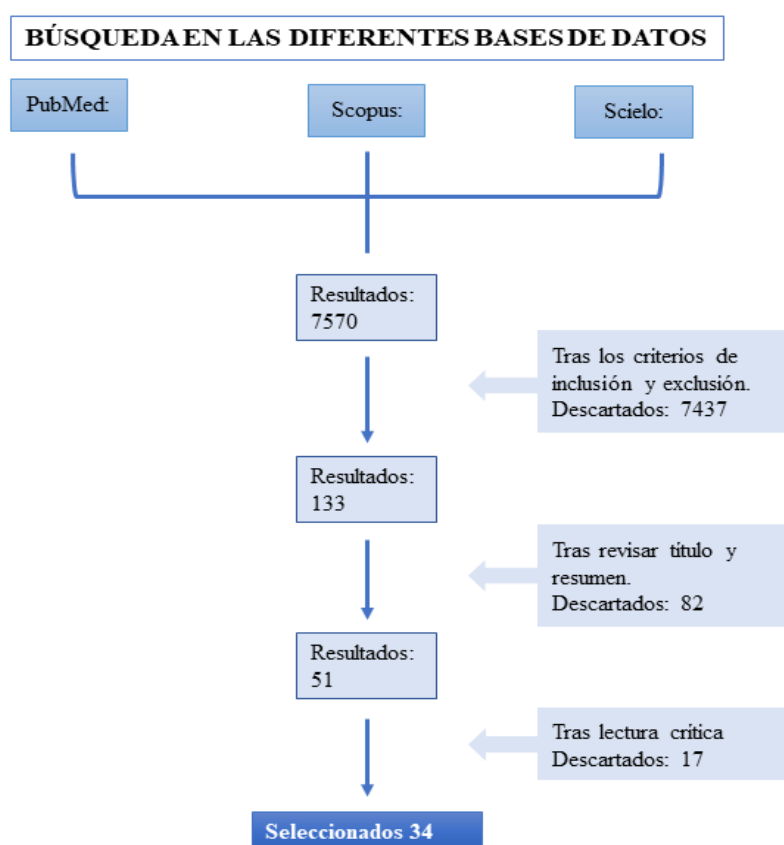


Figura 1. Representa los criterios de búsqueda segura en las diferentes bases de datos, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión aplicados. Se muestra el número de artículos que van quedando mientras se aplican los filtros.

6.2. EFECTO TAMPÓN

Algunos estudios de esta revisión (Edge et al., 2006) observaron los cambios en la capacidad tampón de la célula muscular a partir del consumo de bicarbonato de sodio en entrenamientos interválicos con una dosis de 0,4g/kg dividido en 2 tomas 90 y 30 minutos antes de la prueba. El protocolo se repitió hasta 3 veces por semana durante 8 semanas, en las que se observó una clara mejora del rendimiento de los sujetos. El estudio apunta a que dicha mejora se debe a la alcalosis inducida por el NaHCO_3 , y no tanto a la reducción de H^+ a nivel intracelular.

En cuanto al pico máximo de efecto tampón, Durkalec-Michalski et al. (2023) observaron un incremento sustancial entre los 60 y los 90 minutos después del consumo de bicarbonato de sodio a una dosis de 0,4g/kg en competidores de crossfit, llegando a sobrepasar los 6mmol/L en un 84% de los sujetos, superior a los 5mmol/L que se asocian directamente a una mejora en el potencial tamponador del organismo. Esta concentración se mantuvo antes de la prueba en hasta un 52,6% de los sujetos. Pese a ello, el estudio no concluye la suplementación con bicarbonato de sodio como un método para prevenir la disminución del rendimiento.

Otro estudio con atletas de alto rendimiento Chiron et al. (2024) analizaron el efecto del bicarbonato de sodio para observar la influencia del equilibrio ácido-base en simulacros de carreras de 400m durante 3 días seguidos mediante el consumo de 2L de agua enriquecida diaria con una cantidad total de 0,86g de bicarbonato de sodio. Se consiguieron resultados positivos en el tiempo de carrera, sobre todo en el tercer día, con un aumento considerable del lactato sanguíneo en el grupo intervención respecto al grupo placebo.

En un grupo de competidores de judo y jiu jitsu, Tobias et al. (2013) demostraron un aumento del lactato en sangre tras el consumo de bicarbonato de sodio y beta alanina, siendo un marcador de la efectividad del efecto tampón del suplemento. Lo mismo ocurrió en el estudio de Douroudos et al. (2006), que, tras 5 días de suplementación con 0,3-0,5g/kg/día, observaron un aumento del lactato post-entrenamiento en sangre respecto al grupo placebo. De la misma forma se estableció el papel del bicarbonato para prevenir los desórdenes en el balance del pH, que apoya la hipótesis del efecto tampón del suplemento.

La mejora en el rendimiento se asoció al consumo de bicarbonato de sodio y a su capacidad para elevar la concentración de lactato a nivel sérico, a diferencia de otros parámetros como la glucosa, el potasio o el sodio. Dicho estudio, de Krstrup et al. (2015) implementaron un protocolo de 0,4g/kg divididos en 5 tomas entre 90 y 50 minutos antes de un test Yo-Yo.

Para demostrar la efectividad de la suplementación, en el estudio de Carr et al. (2013) sirvieron como sujetos hasta 12 personas entrenadas sin ningún tipo de suplementación previa y con el mismo tiempo de entrenamiento. Con una dosis de 0,3g/kg de bicarbonato de sodio unos 80-50 minutos previos a ejercicios de resistencia enfocados a la hipertrofia del tren inferior (sentadilla, prensa de pierna y extensiones de rodilla) en 4 sets de 10-12 repeticiones por ejercicio y un 5º set de extensiones de rodilla al fallo muscular, se observó una mayor cantidad de lactato en las últimas series de los ejercicios en aquel grupo suplementado.

Otros, como (Renfree, 2007) analizaron los cambios en la concentración plasmática de $[H^+]$ como indicador del efecto tamponador del bicarbonato de sodio, en comparación con el consumo de un placebo a base de carbonato de calcio ($CaCO_3$). La disminución de dicha concentración tuvo su punto clave entre los 60 y los 90 minutos después del consumo del suplemento.

Algunos como Siegler et al. (2012) estudian la diferencia en el efecto tamponador del bicarbonato de sodio en diferentes tiempos de ingesta, pero el tamaño de muestra del estudio es muy reducido y los resultados no son estadísticamente significativos.

La alcalinización pre-ejercicio también juega un papel clave en la recuperación post-ejercicio mediante la recuperación del equilibrio ácido-base. Robergs et al. (2005) estableció una dosis de 0,2g/kg de bicarbonato 60 minutos antes de una prueba de 8 minutos de ejercicio a alta intensidad con resultados ligeramente positivos para el grupo intervención respecto al grupo control.

6.3. TIEMPO-DOSIS

En cuando a la dosis indicada para conseguir un efecto ergogénico, no se especifica la comparación entre diferentes dosis salvo excepciones aisladas. Douroudos et al. (2006) realizaron una intervención de 5 días de carga con suplementación en cantidades moderada (0,3g/kg) y alta (0,5g/kg) de bicarbonato de sodio y concluyeron que, como planteaba, el efecto ergogénico del bicarbonato de sodio es dosis-dependiente y mayor a dosis altas.

En un estudio de Jones et al. (2016) se logró demostrar las diferencias en las concentraciones séricas de bicarbonato de sodio en diferentes cantidades de consumo, siendo inferiores en suplementación con 0,1 y 0,2g/kg respecto a una suplementación con 0,3g/kg. Éste 0,3g/kg es el que utilizan la mayoría de estudios que se han podido encontrar, con algunas excepciones.

Krustrup et al. (2015) realizaron un protocolo de consumo de 0,4g/kg de bicarbonato de sodio en 5 tomas diferentes entre 50 y 90 minutos antes de un test Yo-Yo con resultados positivos asociados al grupo intervención. De la misma manera, Edge et al. (2006) se encuentra entre los pocos estudios que suben esa dosis a una cantidad de 0,4g/kg junto a Bishop & Claudius, (2005).

También se estudiaron los efectos que podrían producir cantidades algo más bajas, de 0,2g/kg, en publicaciones como la de Wang et al. (2019) la cual evaluó el efecto de dicha suplementación durante 6 semanas consecutivas. Se observaron efectos positivos en el rendimiento en actividades anaerobias.

Con toda la variedad de trabajos que estudian las diferentes dosis, aparecen proyectos como el de Marcus et al. (2019), que demuestran la efectividad de realizar una carga de bicarbonato de sodio el día de la prueba, llegando hasta a 0,6g/kg en las últimas 24h. Apunta a futuras nuevas formas de suplementación con bicarbonato de forma gradual y minimizando problemas gastrointestinales. Miller et al. (2016) también propone una nueva forma de evaluar la efectividad del bicarbonato de sodio, y es que realiza 4 pruebas de esfuerzo con una separación de 1 semana cada una, para la cual los participantes consumen, a ciegas, 0,3g/kg de NaHCO_3 o placebo antes de cada prueba, con los 7 próximos días de abstinencia respecto a suplementación.

El tiempo de ingesta también es una variable poco estudiada de forma aislada y comparativa con diferentes tiempos de dosificación en un mismo estudio. Solamente el estudio de Siegler et al. (2012) propuso un estudio enfocado específicamente en el tiempo de ingesta de una dosis de 0,3g/kg de bicarbonato en diferentes tiempos, siendo estos 60, 120 y 180 minutos antes de 3 series de esprints de alta intensidad de 10 segundos con 50 segundos de descanso entre esprints. Sin embargo, los resultados no destacaron ninguna diferencia entre el efecto potencial del bicarbonato suministrado a diferentes dosis. Hay que destacar que el tamaño de muestra es considerablemente pequeño, siendo este de 8 sujetos.

En el estudio de Gurton et al. (2023) se lograron resultados positivos en una intervención con 0,3g/kg de bicarbonato de sodio en polvo 120 minutos antes de pruebas interválicas de saltos y esprints, con hasta un 21% de mejora en la distancia de salto y un 1,9% en la velocidad de carrera.

Otros estudios, como el de Jones et al. (2021) apuntaron a que el tiempo de ingesta y la dosis pueden ser más importantes que otros factores como la fatiga previa durante el calentamiento.

Sparks et al. (2017) demostraron la importancia de la individualización en el tiempo de ingesta de bicarbonato de sodio, de forma que se pueda llevar un protocolo personalizado. Demostró una amplia variabilidad en el pico máximo de bicarbonato sérico tras el consumo de bicarbonato. En algunos

individuos se producía a los 10 minutos, mientras que en otros no se producía hasta los 85 minutos, con una media entre los sujetos de entre los 65 y 75 minutos.

6.4. RENDIMIENTO Y RESULTADOS DEPORTIVOS

La recuperación tras las pruebas de atletismo es vital en competiciones de varios días, por ello Gurton et al. (2023), observó si la suplementación con 0,3g/kg de bicarbonato de sodio después del ejercicio podía ayudar a una mayor velocidad de recuperación mediante la reducción de la concentración de $[H^+]$ intramuscular un menor estrés metabólico. Los resultados indican que la recuperación no es mayor tras la suplementación y que las respuestas varían mucho entre individuos.

Dentro del atletismo existen numerosas disciplinas diferentes entre sí, por ello en esta revisión hemos recopilado la información más importante y que más nos puede acercar a la mejora en pruebas de atletismo en todo su espectro. Según la bibliografía revisada, hemos destacado 3 categorías principales: velocidad/alta intensidad, resistencia y series/intervalos.

6.4.1. Alta intensidad/Velocidad

Algunas pruebas realizadas con protocolos de 0,3g/kg para mejorar resultados en pruebas de 200m y 400m, como la de Brisola et al. (2015) estudiaron el efecto del bicarbonato de sodio en el déficit máximo de oxígeno acumulado tras una prueba de esfuerzo supramáximo al 110%. Posteriormente, en días diferentes, se realizaron pruebas de 200m y 400m para el estudio. Los resultados indican que puede mejorar considerablemente el déficit máximo de oxígeno acumulado en el músculo, siendo potencialmente beneficioso en el rendimiento deportivo. Pese a ello, no se encontraron diferencias entre el grupo placebo y el grupo intervención en cuanto a rendimiento en las pruebas de 200m y 400m, pues la suplementación se realizó al margen de dichas pruebas. Chiron et al. (2024) demostraron recientemente que un protocolo de varios días con bicarbonato de sodio sí que es capaz de mejorar el rendimiento en atletas entrenados en pruebas de 400m, mejorando al tercer día de intervención.

Con el fin de estudiar el efecto que ejerce la suplementación con $NaHCO_3$ en los diferentes componentes del volumen de O_2 máximo (VO_2), Berger et al. (2006) llevaron a cabo un estudio de 3 semanas en los que los sujetos tuvieron que ingerir hasta en 7 ocasiones 0,3g/kg de $NaHCO_3$ o 0,3g/kg de placebo. Los resultados indicaron que, si bien el VO_2 máximo no disminuyó en la fase rápida o fase II, sí que se vio retardado debido a la capacidad del $NaHCO_3$ de regular el metabolismo anaerobio y ayudar a regular el lactato, el cual es una causa directa del aumento del VO_2 máximo.

Lo mismo sucede en el estudio de Wang et al. (2019), el cual demostró una mejora notable en el metabolismo anaerobio y, con ello, de la ruta del lactato.

6.4.2. Series/Intervalos

En pruebas de intervalos, por ejemplo, la que llevaron a cabo Price & Simons, (2010) se realizaron 20 esprints de 24s y una carrera hasta la extenuación al 120% de VO_2 máximo tras el consumo de 0,3g/kg de NaHCO_3 60 minutos antes de la prueba. No se observaron diferencias entre ambos grupos durante las series de esprint, mientras que los niveles de lactato sí que se encontraron algo más elevados tras la prueba de fatiga

En algunas publicaciones, como la de Tobias et al. (2013) se establecen puntos clave en cuanto a la mejora del rendimiento en pruebas de esfuerzo de tren superior en series de 30 segundos. Establece una mejora sustancial tras el consumo de bicarbonato de sodio, sobre todo en las últimas series de la prueba. En dicho estudio, al igual que en Bishop et al. (2004) se atribuyeron respectivos incrementos en el rendimiento de las pruebas a una mejora del efecto tampón entre series, optimizando la eliminación del lactato acumulado entre series y retrasando la fatiga en las últimas.

Varios estudios mencionan la mejora sustancial en el final de las sesiones, es decir, en las últimas series del estudio. Bishop & Claudius, (2005) observaron un aumento del trabajo total en la segunda parte del entrenamiento interválico de esprints, así como Miller et al. (2016) lograron demostrar la efectividad del bicarbonato de sodio con un aumento en el rendimiento en series de esprints en protocolos de ingesta aguda de 0,3g/kg cada semana. Con una suplementación de 0,4g/kg de NaHCO_3 , Krstrup et al. (2015) cuantificaron hasta un 14% de mejora con la suplementación de bicarbonato respecto del grupo control.

Otros estudios, como Deb et al. (2018) aportan información acerca del papel del bicarbonato de sodio como suplemento a tener en cuenta en condiciones de hipoxia moderada de forma aguda, mejorando el trabajo total en ejercicios interválicos de intensidad máxima y supramáxima. Se refiere al mismo como una herramienta para amortiguar los decrecimientos del rendimiento en situaciones de hipoxia aguda en altitud.

6.4.3. Resistencia

En las pruebas más duraderas, como la que proponen Freis et al. (2017), se pueden establecer las diferencias entre el efecto del bicarbonato en diferentes intensidades. Se establecieron 2 pruebas de resistencia hasta la extenuación, una continua y otra gradual, y se observó que el tiempo hasta extenuación fue muy similar entre grupos en la prueba continua, sin embargo, se vio que la velocidad en la prueba gradual hasta extenuación fue mayor en el grupo intervención, con tiempos de fatiga muy similares al grupo placebo. Se atribuyó esa mejora al retraso del metabolismo anaerobio durante la prueba de esfuerzo gradual, a diferencia de la continua.

En pruebas más cortas, de 12 a 15 minutos, Lassen et al. (2021), establece una vez más la importancia del bicarbonato de sodio como una herramienta para regular el pH sérico y la concentración de $[H^+]$ y lactato a nivel intramuscular y sanguíneo, pues permite mantener la intensidad y prolongar el tiempo hasta la fatiga.

6.5. IMPORTANCIA DE LA INDIVIDUALIZACIÓN

La bibliografía no solo muestra resultados contundentes, sino que también es transparente en cuanto al resultado de sus investigaciones. Por ejemplo, artículos como el de Jones et al. (2016) inciden en la diferencia de resultados entre los diferentes sujetos en cuanto al tiempo que tardan en presentar la cantidad máxima de bicarbonato sérico tras su consumo. De la misma forma ocurre en un estudio de Farias DE Oliveira et al. (2020), que llegó a establecer una ventana desde los 75 minutos hasta los 240 minutos, y un punto máximo de bicarbonato entre los 90 y los 225 minutos.

Incluso en corredores de élite se produce una ventana amplia del efecto ergogénico, Lassen et al. (2021) observaron una variación en el pico de bicarbonato sérico entre los 60 y los 180 minutos después de la ingesta de 0,3g/kg. Lo mismo sucedió en la investigación de Gough et al. (2017), pues deportistas de diferentes disciplinas (esprints, fútbol y rugby entre ellas) ingirieron dosis de hasta 0,2 y 0,3g/kg de bicarbonato de sodio, mostrando resultados muy dispersos en el tiempo respecto al pico de bicarbonato sérico y pH. Esto abre la puerta a una futura individualización de los casos y la suplementación para conseguir un mejor rendimiento. También incide en que se podrían utilizar dosis más pequeñas (0,2g/kg) en deportes que duren menos de 60 minutos, pues durante ese tiempo apenas hay diferencia entre dosis respecto al balance cinético del sistema ácido-base.

6.6. PROBLEMAS GASTROINTESTINALES (GI)

Es bien conocido que el bicarbonato de sodio, sobre todo en formato de polvo, causa malestar y problemas gastrointestinales. Algunas publicaciones estudian el grado de malestar gastrointestinal en sujetos entrenados, como el trabajo de Kahle et al. (2013) donde de 11 sujetos, el 91% padeció diarrea, el 64% tuvo una notable hinchazón acompañada de sed y hasta un 45% tuvo náuseas después de la ingesta. Lo que propusieron Jiang et al. (2024) fue reducir la dosis de bicarbonato de 0,3g/kg a 0,225g/kg y el método de administración de polvo a cápsulas con el fin de reducir los síntomas gastrointestinales asociados al consumo de NaHCO_3 . Si bien se redujo la incidencia de flatulencias, distensión abdominal y dolor de estómago, no se vio una mejora clara en otros síntomas como diarrea, náuseas, vómitos. Peacock et al. (2021) trató de asimilar el efecto en la regulación del pH que tiene el NaHCO_3 con la administración de igual dosis de citrato de sodio con el fin de reducir los malestares y síntomas gastrointestinales. Si bien se consiguió reducir la mayor parte de los síntomas durante esta suplementación, no se observó un efecto tampón como el del bicarbonato de sodio.

Con el fin de reducir los síntomas GI y aumentar el rendimiento, Durkalec-Michalski et al. (2023) plantearon la suplementación de bicarbonato de sodio junto con hidratos de carbono. Dicha intervención tuvo un efecto contrario al esperado, pues se asociaron más problemas GI al grupo de NaHCO_3 + hidratos de carbono, y además se observó una relación inversamente proporcional en el rendimiento cuanto mayor era el malestar GI. También se observó que alrededor de un 33% de los participantes del estudio de Griffen et al. (2015) presentaron síntomas gastrointestinales durante la suplementación con creatina, bicarbonato de sodio o una co-ingesta de ambas durante 7 días seguidos.

En estudios recientes como el de Miller et al. (2016) se han podido aislar los síntomas gastrointestinales como los espasmos estomacales, dolor de estómago y diarrea asociados al consumo de NaHCO_3 en comparación al grupo placebo. Sin embargo, no se vieron diferencias significativas entre ambos grupos frente a síntomas como vómitos, flatulencias, náuseas, distensión.

6.7. COMBINACIÓN CON OTROS SUPLEMENTOS

En relación con el potencial efecto ergogénico que puede llegar a tener el bicarbonato de sodio junto con otro tipo de suplementación deportiva se han encontrado algunos estudios. Por ejemplo, en la publicación de Tobias et al. (2013) se estudió el posible beneficio asociado a la combinación de

NaHCO_3 y beta-alanina en una misma toma para ejercicios interválicos de tren superior. Durante 4 semanas se administraron 6,4g de beta-alanina junto con 0,5g/kg de bicarbonato de sodio con grupos control que consumían las sustancias de forma aislada. Los resultados destacaron un aumento del 7-8% del trabajo total realizado con suplementación de bicarbonato aislado y hasta un 14% de mejora en la suplementación conjunta de ambas sustancias, con una mejora del rendimiento en series intermedias asociadas a la beta-alanina y en las últimas series gracias al consumo de bicarbonato y su capacidad tampón extracelular.

Sumándose a estos resultados, Ducker et al. (2013) demostraron mayores efectos ergogénicos del bicarbonato de sodio cuando era administrado de forma aislada que en conjunto con beta-alanina y que esta última aislada. Asimismo, la suplementación conjunta de NaHCO_3 y beta-alanina demostró dar mejores resultados que la suplementación aislada con beta-alanina. Los investigadores observaron importantes mejoras en el rendimiento en las 2 últimas series del set de 6x20m

La creatina también fue estudiada por Griffen et al. (2015) en combinación con bicarbonato de sodio en un protocolo doble ciego, que constaba de 7 días de ingesta con 7 días de descanso entre ambas condiciones, con 0,3g/kg de bicarbonato y 20g de creatina conjuntos y/o por separado junto a 0,5g/kg de maltodextrinas. Los resultados sugieren que no existen efectos relevantes atribuidos a la suplementación de NaHCO_3 y creatina por coingesta en comparación al consumo aislado de cada una de las sustancias.

Otro estudio que sugiere la ingesta de carbohidratos con bicarbonato de sodio es el de Durkalec-Michalski et al. (2023), que analiza el efecto de los carbohidratos sobre la absorción de bicarbonato de cara a favorecer su efecto ergogénico y disminuir los síntomas GI. La ingesta fue de 0,4g/kg de bicarbonato de sodio y de 15g de carbohidratos y los resultados sugieren que la toma conjunta de bicarbonato de sodio y carbohidratos, al menos a esas concentraciones, no beneficia el efecto ergogénico del bicarbonato de sodio, sino que fue el grupo que más molestias GI presentaba y que, en consecuencia, tuvo menor rendimiento. Tampoco se recoge la coingesta de ambas como estrategia para prevenir la disminución del rendimiento por síntomas GI.

El estudio de Moesgaard et al. (2024) analiza la coingesta de hasta 3 suplementos a la vez, siendo estos cafeína, creatina y bicarbonato de sodio. Con dosis de 0,3g/kg de creatina y bicarbonato y 3mg de cafeína, el estudio no aportó resultados concluyentes acerca de la suplementación conjunta de bicarbonato de sodio con cualquiera de las otras 2 sustancias. Tampoco observó ningún tipo de beneficio en la suplementación aislada con bicarbonato de sodio.

6.8. FORMATOS DE CONSUMO

Existen diferentes formas de consumir bicarbonato de sodio, las más comunes entre los deportistas se han recogido en diferentes investigaciones que se sintetizan en esta revisión.

El formato de NaHCO_3 en polvo fue el utilizado en estudios varios como el de Kahle et al. (2013) demostraron la relación directa entre el consumo agudo de bicarbonato de sodio en formato polvo y los problemas gastrointestinales en ejercicios intensos de corta duración, con hasta un 91% de sujetos mostrando problemas de este tipo.

Más estudios, como el de Krstrup et al. (2015) utilizaron un protocolo de suplementación con cápsulas que causaron un malestar gastrointestinal ligero entre algunos de sus sujetos, pero asociado hasta a un 14% de mejora en la prueba de rendimiento. Además, este estudio fue de los primeros que utilizaron una administración en diferentes tomas con el fin de reducir los síntomas GI.

Siguiendo con el formato en cápsulas, Jiang et al. (2024) propusieron reducir la dosis de NaHCO_3 en polvo de 0,3g/kg a 0,225g/kg en formato cápsulas. En el estudio se observaron resultados similares en cuanto al pico de NaHCO_3 , llegando en ambos a 5 mmol/L y un menor reporte de problemas GI en la dosis encapsulada. De esta forma se puede disminuir la dosis oral requerida y reducir el malestar GI.

El encapsulado también ha demostrado ser muy eficiente en cuanto al consumo agudo de bicarbonato de sodio, como ha demostrado el estudio de Miller et al. (2016). Una dosis aguda de 0,3g/kg fue utilizada en hasta 4 ocasiones para determinar el efecto ergogénico del suplemento en ese formato, con resultados positivos en el trabajo total de los sprints.

Por otra parte, se demostró en un estudio comparativo de Gurton et al. (2023) la eficacia de la suplementación vía oral respecto a otras aplicaciones como la vía dérmica. La loción de bicarbonato de sodio no tuvo efecto aparente debido a la dificultad de transporte de NaHCO_3 a través de la piel.

7. DISCUSIÓN

7.1. RESULTADOS Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

La suplementación deportiva está cada vez más presente en los hogares de los corredores, tanto de élite como aficionados. En esta revisión hemos intentado aportar la mayor cantidad de evidencia de los últimos 20 años, de forma que pueda facilitar la postura actual del bicarbonato de sodio como suplemento deportivo eficaz para pruebas de atletismo. Para ello se han recogido publicaciones que estudian de forma directa el consumo de NaHCO_3 en disciplinas atléticas, o bien en protocolos que se puedan extrapolar de forma fiable a disciplinas de atletismo, tanto pruebas y eventos como entrenamientos de diferentes tipos. Otras revisiones han optado por analizar solamente las pruebas de esfuerzo basadas en la carrera (Schubert & Astorino, 2013), mientras que en esta revisión se han considerado otras pruebas que también tienen cabida de cara a extrapolar los resultados para otras disciplinas deportivas, como el sprint en bicicleta estática y algunos ejercicios de tren superior que podrían ayudar en los lanzamiento de peso, martillo, jabalina o disco (Tobias et al., 2013).

Los problemas dietético-nutricionales son muy comunes en deportistas de diferentes disciplinas, y muchas veces el consumo de suplementos puede perjudicar más de lo que ayuda al atleta (Jiménez-Alfageme, 2023). Considerando esto, creemos que es importante destacar la suplementación con NaHCO_3 en las disciplinas de atletismo, pues son, sobre todo aquellas de resistencia, las que más problemas GI suponen a los atletas.

En esta revisión se ha observado un alto porcentaje de estudios que utilizan una dosis de 0,3g/kg, aunque ante la presente hipótesis del efecto dosis-dependiente del bicarbonato de sodio (Douroudos et al., 2006), se pueden plantear protocolos de carga diaria en dosis más pequeñas ya que se ha demostrado que el consumo dividido en varias dosis disminuye la probabilidad de causar malestar gastrointestinal. De esta forma, se puede llegar a dosis más altas de hasta 0,6g/kg minimizando las complicaciones (Douroudos et al., 2006; Marcus et al., 2019), que podría ser interesante para pruebas o tiradas largas superiores a los 20 minutos, como pruebas de 10k o media maratón.

El consenso al que se llega con la suplementación de NaHCO_3 respecto al tiempo de ingesta, y como bien indican algunos estudios (Deb et al., 2018; Farias DE Oliveira et al., 2020; Siegler et al., 2012; Sparks et al., 2017), es que los resultados no son suficientemente concluyentes a la hora de establecer una estrategia determinada debido a la alta variabilidad individual. De hecho, la individualización de cada caso es vital para este tipo de deportes y hay que estudiarlo caso por caso. Aun así, hay un

consenso que establece el pico de NaHCO_3 entre los 60 y los 180 minutos posteriores a la práctica deportiva

Parece estar muy claro el papel del bicarbonato de sodio como tamponador durante la práctica deportiva. Su trabajo principal es el de favorecer la salida de protones y lactato de la célula muscular, disminuyendo así el potencial daño celular que puede originar la acumulación de dichas sustancias. También ayuda a acelerar el efecto del sistema tamponador-bicarbonato del organismo y neutralizar el descenso del pH de forma más rápida durante la práctica deportiva (Grgic, 2021; Grgic et al., 2021). Tanto la acumulación de estas sustancias y la acidificación son, junto con la disminución de los depósitos de glucógeno, principales causas de fatiga periférica.

Los resultados de esta revisión se suman a los de otras a la hora de establecer la relación entre diferentes suplementos tomados en conjunto con el bicarbonato de sodio (Grgic et al., 2021). Solamente el consumo de beta-alanina parece tener un efecto mayor junto con NaHCO_3 , que puede ser debido a que ambos actúan como tamponadores esenciales del organismo. La beta-alanina por su parte ayuda a aumentar la cantidad de carnosina, que es un tamponador específico de las células musculares, por lo que se puede complementar perfectamente con el NaHCO_3 , que actúa a nivel extracelular.

Otros, como la cafeína y la creatina, no han tenido resultados concluyentes, aunque tampoco contraproducentes. Haría falta más estudios en la comunidad científica, pues las pocas revisiones que hay (Grgic, 2021; Grgic et al., 2020) analizan los efectos de ambas sustancias por separado y/o no encuentran resultados relevantes. En esta revisión tan solo 1 de los estudios analizó el efecto de la cafeína junto con el bicarbonato de sodio (Moesgaard et al., 2024) y no fue concluyente, mismo estudio que, junto con el de incluyeron creatina junto con NaHCO_3 sin resultados aparentes por coingesta más allá de malestar gastrointestinal por aumento de sustancias osmóticamente activas.

Por otra parte, parece ser concluyente con otros estudios que el efecto del bicarbonato de sodio es igualmente eficaz a dosis inferiores en formato cápsulas, pudiendo ser una estrategia mucho más recomendable para sujetos que quieran aprovechar en beneficio ergogénico del NaHCO_3 en disciplinas de atletismo sin riesgo de malestar.

7.2. PUNTOS FUERTES, LIMITACIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Dentro de los puntos fuertes de nuestra revisión destacan la especificidad del estudio, pues son pocas las revisiones que destaquen el papel que juega el bicarbonato de sodio en deportes como el atletismo.

Asimismo, se recogen los efectos producidos por el bicarbonato de sodio tanto a nivel sérico como gastrointestinal, además de las diferentes formas de ingesta y la combinación con otros suplementos, con el fin de exponer al completo todos los efectos y estrategias posibles a seguir con un protocolo de bicarbonato de sodio, teniendo en cuenta sus pros y sus contras.

Recogiendo las limitaciones que presenta esta revisión, y las que se han encontrado durante el proceso de recogida de bibliografía, encontramos sobre todo el tamaño de muestras de los estudios, ya que todos ellos se encuentran entre 7 y 37 sujetos, siendo este último estudio el único que supera el tamaño de muestra de 30 (Tobias et al., 2013). Los datos recogidos pueden inducir a sesgos en los resultados obtenidos, como se puede observar en la gran variedad de resultados positivos y no concluyentes en estudios similares.

Otra de las limitaciones de esta revisión se da en la escasez de estudios comparativos entre grupos poblacionales. Por ejemplo, ninguno de los estudios encontrados establece diferencias entre hombres y mujeres, pudiendo entrar en juego otras variables como el momento del ciclo menstrual o la regulación hormonal y la respuesta a la administración del suplemento (Carr et al., 2023; Saunders et al., 2022).

De igual manera, no hay estudios comparativos por edad, lo que puede ser interesante de cara a plantear posibles diferencias en la capacidad reguladora del pH y metabolitos durante el ejercicio a edades más avanzadas y plantear dosis diferentes para grupos de población distintos.

El atletismo tiene muchas disciplinas diferentes y todavía falta por investigar bastante para indagar en ellas y observar diferencias en las estrategias de suplementación. Por ejemplo, no se ha encontrado ningún estudio que se asemeje a pruebas algo más discretas como las vallas o el salto con pértiga. De la misma forma, disciplinas de lanzamiento como la jabalina, martillo o peso no tienen estudios propios, y solamente se ha podido extraer un artículo que puede llegar a extrapolarse de cara al entrenamiento en dichas disciplinas, pero no en eventos o competiciones, por el carácter de las pruebas y su diferenciación con la metodología del estudio (Tobias et al., 2013).

8. CONCLUSIONES

Como conclusiones principales de esta revisión podemos sacar 4 ideas básicas:

1. Las hipótesis acerca de la suplementación deportiva con bicarbonato de sodio están todavía muy lejos de ser claras y concisas. Se requiere un estudio individualizado para poder determinar una dosis correcta y un tiempo de ingesta adecuado a cada tipo de entrenamiento, prueba y al sistema digestivo de cada persona. Aunque la mayoría de los estudios indican una dosis de 0,3-0,4g/kg y un tiempo de ingesta previo entre 60-180 minutos.
2. Se necesitan muchos más estudios para poder aportar conclusiones sólidas acerca del consumo de NaHCO_3 en disciplinas de atletismo. Muchos estudios carecen del rigor suficiente y/o no son estadísticamente significativos para tomar al pie de la letra sus conclusiones, induciendo a error en muchas de las interpretaciones de sus estudios.
3. El bicarbonato de sodio sí que aporta un beneficio ergogénico como tamponador extracelular. Favorece el metabolismo anaerobio retrasando la fatiga por acumulación de metabolitos a nivel intracelular. La ventana de efecto es tan amplia que resulta muy complicado dar valores de dosis/tiempo de forma general para la población deportista.
4. El efecto del NaHCO_3 y la dosis ingerida es directamente proporcional, aunque no se aprovecha igual en diferentes disciplinas. Aquellas que más beneficiadas resultan de ingestas agudas son aquellas con ejercicios interválicos con periodos de descanso como el salto de longitud, triple salto, salto de altura, salto con pértiga o lanzamientos. En el resto de disciplinas también se observa beneficio directo del consumo de bicarbonato de sodio, aunque apunta a que la mejor estrategia puede ser la de acumulación por ingesta de varios días, ya que ayuda a partir de un pH algo más elevado y puede retrasar la acumulación de metabolitos a nivel intracelular.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Berger, N. J. A., Mcnaughton, L. R., Keatley, S., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2006). Sodium Bicarbonate Ingestion Alters the Slow but Not the Fast Phase of $\dot{V}O_2$ Kinetics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(11), 1909-1917. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233791.85916.33>
- Bishop, D., & Claudius, B. (2005). Effects of Induced Metabolic Alkalosis on Prolonged Intermittent-Sprint Performance: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 759-767. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000161803.44656.3C>
- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced Metabolic Alkalosis Affects Muscle Metabolism and Repeated-Sprint Ability: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 807-813. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000126392.20025.17>
- Brisola, G. M. P., Miyagi, W. E., Da Silva, H. S., & Zagatto, A. M. (2015). Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200- and 400-m running performances: A double-blind, crossover, and placebo-controlled study. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(9), 931-937. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0036>
- Carr, B. M., Webster, M. J., Boyd, J. C., Hudson, G. M., & Scheett, T. P. (2013). Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 113(3), 743-752. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2484-8>
- Chiron, F., Erblang, M., Gulören, B., Bredariol, F., Hamri, I., Leger, D., Hanon, C., Tiollier, E., & Thomas, C. (2024). Exploring the Influence of Acid-Base Status on Athletic Performance during Simulated Three-Day 400 m Race. *Nutrients*, 16(13), 1987. <https://doi.org/10.3390/nu16131987>

- Deb, S. K., Gough, L. A., Sparks, S. A., & McNaughton, L. R. (2018). Sodium bicarbonate supplementation improves severe-intensity intermittent exercise under moderate acute hypoxic conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 118(3), 607-615. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3801-7>
- Douroudos, I. I., Fatouros, I. G., Gourgoulis, V., Jamurtas, A. Z., Tsitsios, T., Hatzinikolaou, A., Margonis, K., Mavromatidis, K., & Taxildaris, K. (2006). Dose-Related Effects of Prolonged NaHCO₃ Ingestion during High-Intensity Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(10), 1746-1753. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000230210.60957.67>
- Ducker, K. J., Dawson, B., & Wallman, K. E. (2013). Effect of Beta Alanine and Sodium Bicarbonate Supplementation on Repeated-Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(12), 3450-3460. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828fd310>
- Durkalec-Michalski, K., Nowaczyk, P. M., Kamińska, J., Saunders, B., Łoniewski, I., Czubaszek, D., Steffl, M., & Podgórski, T. (2023). The interplay between bicarbonate kinetics and gastrointestinal upset on ergogenic potential after sodium bicarbonate intake: A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Scientific Reports*, 13(1), 7081. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34343-0>
- Edge, J., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Effects of chronic NaHCO₃ ingestion during interval training on changes to muscle buffer capacity, metabolism, and short-term endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 101(3), 918-925. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01534.2005>
- Farias DE Oliveira, L., Saunders, B., Yamaguchi, G., Swinton, P., & Giannini Artioli, G. (2020). Is Individualization of Sodium Bicarbonate Ingestion Based on Time to Peak Necessary? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(8), 1801-1808. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002313>

- Freis, T., Hecksteden, A., Such, U., & Meyer, T. (2017). Effect of sodium bicarbonate on prolonged running performance: A randomized, double-blind, cross-over study. *PloS One*, 12(8), e0182158. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182158>
- Gough, L. A., Deb, S. K., Sparks, A. S., & McNaughton, L. R. (2017). The Reproducibility of Blood Acid Base Responses in Male Collegiate Athletes Following Individualised Doses of Sodium Bicarbonate: A Randomised Controlled Crossover Study. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(10), 2117-2127. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0699-x>
- Grgic, J. (2021). Effects of Combining Caffeine and Sodium Bicarbonate on Exercise Performance: A Review with Suggestions for Future Research. *Journal of Dietary Supplements*, 18(4), 444-460. <https://doi.org/10.1080/19390211.2020.1783422>
- Grgic, J., Garofolini, A., Pickering, C., Duncan, M. J., Tinsley, G. M., & Del Coso, J. (2020). Isolated effects of caffeine and sodium bicarbonate ingestion on performance in the Yo-Yo test: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(1), 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.08.016>
- Grgic, J., Grgic, I., Del Coso, J., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2021). Effects of sodium bicarbonate supplementation on exercise performance: An umbrella review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00469-7>
- Griffen, C., Rogerson, D., Ranchordas, M., & Ruddock, A. (2015). Effects of Creatine and Sodium Bicarbonate Coingestion on Multiple Indices of Mechanical Power Output During Repeated Wingate Tests in Trained Men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(3), 298-306. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0146>
- Gurton, W. H., Grealley, J., Chudzikiewicz, K., Gough, L. A., Lynn, A., & Ranchordas, M. K. (2023). Beneficial effects of oral and topical sodium bicarbonate during a battery of team sport-

- specific exercise tests in recreationally trained male athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 2216678.
<https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2216678>
- Jiang, F.-L., Jeong, D.-H., Eom, S.-H., Lee, H.-M., Cha, B.-J., Park, J.-S., Kwon, R., Nam, J.-Y., Yu, H.-S., Heo, S.-H., Kim, C.-H., & Song, K.-H. (2024). Effects of Enteric-Coated Formulation of Sodium Bicarbonate on Bicarbonate Absorption and Gastrointestinal Discomfort. *Nutrients*, 16(5), 744. <https://doi.org/10.3390/nu16050744>
- Jiménez-Alfageme, R. (2023). *Consumo de suplementos deportivos y desarrollo de una herramienta para analizar la ingesta nutricional en deportes de resistencia*.
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/144624>
- Jones, R. L., Stellingwerff, T., Artioli, G. G., Saunders, B., Cooper, S., & Sale, C. (2016). Dose-Response of Sodium Bicarbonate Ingestion Highlights Individuality in Time Course of Blood Analyte Responses. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(5), 445-453. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0286>
- Jones, R. L., Stellingwerff, T., Swinton, P., Artioli, G. G., Saunders, B., & Sale, C. (2021). Warm-Up Intensity Does Not Affect the Ergogenic Effect of Sodium Bicarbonate in Adult Men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(6), 482-489.
<https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0076>
- Kahle, L. E., Kelly, P. V., Eliot, K. A., & Weiss, E. P. (2013). Acute sodium bicarbonate loading has negligible effects on resting and exercise blood pressure but causes gastrointestinal distress. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, 33(6), 479-486.
<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2013.04.009>

- Krustrup, P., Ermidis, G., & Mohr, M. (2015). Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12, 25. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0087-6>
- Lassen, T. A. H., Lindstrøm, L., Lønbro, S., & Madsen, K. (2021). Increased Performance in Elite Runners Following Individualized Timing of Sodium Bicarbonate Supplementation. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(6), 453-459. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0352>
- Limmer, M., Eibl, A. D., & Platen, P. (2018). Enhanced 400-m sprint performance in moderately trained participants by a 4-day alkalizing diet: A counterbalanced, randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0231-1>
- Marcus, A., Rossi, A., Cornwell, A., Hawkins, S. A., & Khodiguian, N. (2019). The effects of a novel bicarbonate loading protocol on serum bicarbonate concentration: A randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0309-4>
- McGinley, C., & Bishop, D. J. (2017). Rest interval duration does not influence adaptations in acid/base transport proteins following 10 wk of sprint-interval training in active women. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 312(5), R702-R717. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00459.2016>
- Miller, P., Robinson, A. L., Sparks, S. A., Bridge, C. A., Bentley, D. J., & McNaughton, L. R. (2016). The Effects of Novel Ingestion of Sodium Bicarbonate on Repeated Sprint Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 561-568. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001126>

- Moesgaard, L., Jessen, S., Christensen, P. M., Bangsbo, J., & Hostrup, M. (2024). No additive effect of creatine, caffeine, and sodium bicarbonate on intense exercise performance in endurance-trained individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(4), e14629. <https://doi.org/10.1111/sms.14629>
- Peacock, J., Sparks, S. A., Middlebrook, I., Hilton, N. P., Tinnion, D., Leach, N., Saunders, B., & McNaughton, L. R. (2021). Extracellular buffer choice influences acid-base responses and gastrointestinal symptoms. *Research in Sports Medicine (Print)*, 29(6), 505-516. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1896517>
- Price, M. J., & Simons, C. (2010). The Effect of Sodium Bicarbonate Ingestion on High-Intensity Intermittent Running and Subsequent Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1834-1842. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e06e4a>
- Renfree, A. (2007). The time course for changes in plasma [h+] after sodium bicarbonate ingestion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(3), 323-326. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.3.323>
- Rivera, A. C. S., Ayala-Guzmán, C. I., Roldán, A. B. L., Ramírez, O. D. C., & Ortiz-Hernández, L. (2021). Prevalencia y factores asociados al consumo de suplementos nutricionales en asistentes a gimnasios de la Ciudad de México. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 25, e1159-e1159. <https://doi.org/10.14306/renhyd.25.S1.1159>
- Robergs, R., Hutchinson, K., Hendee, S., Madden, S., & Siegler, J. (2005). Influence of Pre-Exercise Acidosis and Alkalosis on the Kinetics of Acid-Base Recovery Following Intense Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15(1), 59-74. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.15.1.59>
- Santesteban Moriones, V., & Ibáñez Santos, J. (2017). Ayudas ergogénicas en el deporte. *Nutrición Hospitalaria*, 34(1), 204-215. <https://doi.org/10.20960/nh.997>

- Schubert, M. M., & Astorino, T. A. (2013). A systematic review of the efficacy of ergogenic aids for improving running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1699-1707. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31826cad24>
- Siegler, J. C., Marshall, P. W. M., Bray, J., & Towlson, C. (s. f.). *SODIUM BICARBONATE SUPPLEMENTATION AND INGESTION TIMING: DOES IT MATTER?*
- Sparks, A., Williams, E., Robinson, A., Miller, P., Bentley, D. J., Bridge, C., & Mc Naughton, L. R. (2017). Sodium bicarbonate ingestion and individual variability in time-to-peak pH. *Research in Sports Medicine (Print)*, 25(1), 58-66. <https://doi.org/10.1080/15438627.2016.1258645>
- Tobias, G., Benatti, F. B., de Salles Painelli, V., Roschel, H., Gualano, B., Sale, C., Harris, R. C., Lancha, A. H., & Artioli, G. G. (2013). Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino Acids*, 45(2), 309-317. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1495-z>
- Van Montfoort, M. C. E., Van Dieren, L., Hopkins, W. G., & Shearman, J. P. (2004). Effects of Ingestion of Bicarbonate, Citrate, Lactate, and Chloride on Sprint Running: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(7), 1239-1243. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000132378.73975.25>
- Wang, J., Qiu, J., Yi, L., Hou, Z., Benardot, D., & Cao, W. (2019). Effect of sodium bicarbonate ingestion during 6 weeks of HIIT on anaerobic performance of college students. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0285-8>
- Yagi, K., & Fujii, T. (2021). Management of acute metabolic acidosis in the ICU: Sodium bicarbonate and renal replacement therapy. *Critical Care (London, England)*, 25(1), 314. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03677-4>

