

García Caicoya, A.M.. (2003). Efectos del bicarbonato sódico sobre la acidosis láctica y el rendimiento en pruebas sucesivas de 300 m. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 3 (10) pp. 112-124 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista10/artbicarbonato.htm>

## **EFFECTOS DEL BICARBONATO SÓDICO SOBRE LA ACIDOSIS LÁCTICA Y EL RENDIMIENTO EN PRUEBAS SUCESIVAS DE 300 m**

### **THE EFFECT OF THE INGESTION OF SODIUM BICARBONATE ON LACTATE AND ATHLETIC PERFORMANCE IN THE RAN REPEATED SERIES OF 300 m**

**García Caicoya, A.M.**

e-mail: [angel\\_m\\_garcia@hispavista.com](mailto:angel_m_garcia@hispavista.com)  
Licenciado en Educación Física

#### **RESUMEN**

Este estudio pretendía comprobar el efecto de la ingestión de bicarbonato sódico ( $\text{NaHCO}_3$ ) sobre el rendimiento. Diez atletas de alto nivel ingirieron una hora antes de las pruebas 300 mg/kg de bicarbonato de sodio. Posteriormente realizaron en dos ocasiones separadas entre si por seis días, repetidas series de 300 m al 80-83 % de la mejor marca en esa prueba hasta la extenuación o bien hasta que el rendimiento empeoró por debajo de ese porcentaje. Los sujetos fueron aleatoriamente divididos en dos grupos y se les administró bien bicarbonato de sodio en un zumo de frutas para enmascarar el sabor o nada, de manera que uno de los días realizaron las series con carga de bicarbonato y el otro no. Los resultados evidenciaron diferencias significativas, ya que los sujetos fueron capaces de realizar mayor número de series al 80-83% con el bicarbonato que sin él. A la vista de los resultados obtenidos podríamos sugerir que el bicarbonato sódico podría ser utilizado en entrenamientos para lograr mayores adaptaciones metabólicas.

**PALABRAS CLAVE:** bicarbonato sódico, lactato, 400 m., carreras.

#### **ABSTRACT**

This study aims to test the effect of the ingestion of Sodium Bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) on athletic performance. Ten high level athletes ingested 300mg/kg of sodium bicarbonate one hour before the tests. Following this on two different occasions which were six days apart, they ran repeated series of 300 metres between 80-83% of the best time at this distance until they were exhausted or

performance fell below these percentages. The participants were randomly divided into two groups and were given the sodium bicarbonate mixed with fruit juice in order to conceal the taste. On one of the test days they carried out the tests having ingested sodium bicarbonate with the fruit juice, whilst the other day they didn't have anything. The results of the two tests have highlighted significant differences, showing that the participants were able to complete a greater series of 300 metres having taken the sodium bicarbonate than without it. Based on the results obtained, it is possible to suggest that sodium bicarbonate could be used in training programmes to help achieve greater metabolic changes.

**KEYWORDS:** Sodium bicarbonate, lactate, 400 m., running,

## 1. INTRODUCCIÓN

En las pruebas en las que el sistema energético predominante es el anaeróbico láctico, la intensidad sólo se puede mantener durante un corto periodo de tiempo debido a la fatiga ocasionada por ciertos fenómenos fisiológicos.

La fatiga muscular se manifiesta por un descenso de la capacidad de generar fuerza y se da en contracciones máximas o submáximas. Es provocada en parte por un descenso del pH intramuscular <sup>1</sup>, así como por una serie de disturbios en los electrolitos de los músculos <sup>2</sup>, ya que la contracción muscular intensa va acompañada de una salida de agua del espacio intracelular al extracelular, con los correspondientes cambios electrolíticos. Se reduce la concentración de  $k^+$  intracelular, lo que resultaría en una despolarización del sarcolema y los túbulos T, dificultando la contracción muscular <sup>2</sup>.

Al hacer ejercicio intenso se produce gran cantidad de ácido láctico, ya que las demandas metabólicas del ejercicio de alta intensidad son cubiertas a través de la glucólisis anaeróbica <sup>3</sup>.

Cuando no es eliminado se disocia, convirtiéndose en lactato y produciendo con ello una acumulación de iones hidrógeno ( $H^+$ ) <sup>3</sup>. Esta acumulación de  $H^+$  (el ácido láctico es la principal fuente de protones provenientes del metabolismo de la glucosa) ocasiona la acidificación muscular, creando una condición conocida como acidosis.

Además, el aumento de iones hidrógeno disminuye el pH de los músculos que se ejercitan <sup>1,3, 4</sup>, dificultando la contracción muscular y la producción de energía, pues hay una gran sensibilidad de éstas funciones a las variaciones del pH <sup>1,4,5</sup>

Así pues, la troponina es inhibida con la disminución del pH, por lo que dificulta el deslizamiento de la tropomiosina y por tanto la formación del

complejo actino-miosina, que es el responsable de la contracción muscular<sup>4</sup>. Además, también hay dificultad en la liberación de calcio del retículo sarcoplásmico<sup>4,3</sup>.

Por otro lado, la normalización del pH está asociada a la recuperación de fuerza<sup>4</sup>. También se ha demostrado que la actividad de la fosfofructoquinasa (PFK), una enzima catalizadora de la glucólisis, es inhibida con un pH por debajo de 6.9, disminuyendo la descomposición del glucógeno y la producción de ATP<sup>3</sup>. Los aumentos de H<sup>+</sup> pueden desplazar el calcio dentro de las fibras, interfiriendo la unión de los puentes cruzados actina-miosina y reduciendo la fuerza contráctil de los músculos<sup>3</sup>.

La fatiga muscular, pues, está asociada a un rápido incremento en la producción de ácidos metabólicos. La tolerancia al ejercicio de alta intensidad puede estar limitada por la capacidad del organismo para amortiguar el descenso del pH intracelular (músculo) y extracelular (sangre), lo cuál es producido por el llamado sistema buffer intrínseco<sup>4</sup>. En definitiva, los esfuerzos máximos producen un desequilibrio ácido-base en el organismo, ante lo cual éste posee intrínsecamente una capacidad para luchar contra la acidosis, esto es el sistema buffer o de amortiguamiento. Por tanto, podemos suponer que una mejor capacidad buffer del organismo, puede proteger más contra la acidosis y, de este modo, mejorar el rendimiento, o al menos, retrasar el comienzo de la fatiga muscular.

El uso de sustancias para tamponar el aumento de H<sup>+</sup> producidos durante el ejercicio anaeróbico ha sido estudiado desde hace años, conociéndose ese procedimiento como “carga de bicarbonato”.

No obstante, se ha demostrado que la membrana de las células musculares es esencialmente impermeable a los iones de bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)<sup>4,6</sup>, y un incremento de la concentración de bicarbonato extracelular después de la ingesta de bicarbonato sódico, incrementa el pH extracelular sin efecto en el intracelular<sup>4</sup>. Estas afirmaciones dejarían sin efecto positivo sobre el organismo la ingesta de una sustancia alcalina, como el bicarbonato o citrato sódico<sup>5</sup>, ya que es en la célula donde tienen lugar los procesos energéticos y un pH bajo los dificulta. Sin embargo, este incremento del pH extracelular produce un gradiente de pH que aumenta el paso de lactato y los hidrogeniones desde el interior de la célula hacia el exterior con el consecuente incremento del pH intracelular<sup>6</sup>, realizándose esta salida de H<sup>+</sup> y lactato gracias a un gradiente favorable de pH<sup>7</sup>.

### **Estudios realizados en ejercicio intenso de corta duración**

Las tablas 1 y 2 muestran un resumen de los estudios realizados a alta intensidad en cicloergómetro y carrera respectivamente:

**Tabla 1. Resultados de estudios realizados en cicloergómetro a intensidad máxima con carga de bicarbonato y citrato sódico**

Estudios	Condiciones del estudio	Dosis	Descubrimientos
Jones et al., 1977, (citado por Linderman y Gosselink, 1994)	Prueba en cicloergómetro al 95 % de intensidad y entre 3 y 7 min. De duración	200mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No hubo una mejora en el rendimiento pero si un retraso en la aparición de la fatiga
Sutton et al., 1981, (citado por Linderman y Gosselink, 1994)	Prueba en cicloergómetro al 95 % de intensidad y entre 3 y 5 min. De duración	300 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No hubo una mejora en el rendimiento pero si un retraso en la aparición de la fatiga
Inbar et al., 1983, (citado por Linderman y Gosselink, 1994)	30 sg en cicloergómetro a intensidad máxima.	185 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No encontraron mejoras significativas en el rendimiento ni en el retraso de la aparición de la fatiga
Rupp et al., 1984, (citado por Linderman y Gosselink, 1994)	Prueba en cicloergómetro al 95 % de intensidad y entre 3 y 5 min. De duración 30 sg en cicloergómetro a intensidad máxima.	300 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No hubo una mejora en el rendimiento pero si un retraso en la aparición de la fatiga
McCartney et al., 1983, (citado por Linderman y Gosselink, 1994)	30 sg en cicloergómetro a intensidad máxima.	300 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No encontraron mejoras significativas en el rendimiento ni en el retraso de la aparición de la fatiga
Katz et al. <sup>7</sup> , 1984	2 minutos en cicloergómetro a máxima intensidad.	200 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No encontraron mejoras significativas en el rendimiento ni en el retraso de la aparición de la fatiga
Horswill et al. <sup>8</sup> , 1988	60 sg en cicloergómetro a intensidad máxima	200 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No mejora el rendimiento ni retrasa la aparición de la fatiga
McNaughton <sup>9</sup> , 1992	Protocolo en cicloergómetro con 10 sg, 30 sg, 120 sg y 240 sg,	300 mg dosis más ergogénica y con menos trastornos intestinales	Obtuvieron mejoras en el rendimiento sólo en los esfuerzos de 120 y 240 sg.
McNaughton y Cedaro <sup>10</sup> , 1991	Protocolo en cicloergómetro con 10 sg, 30 sg, 120 sg y 240 sg,	100, 200, 300, 400, y 500 mg/kg de peso 500 mg/kg de citrato sódico	Mejóro el rendimiento
McNaughton et al. <sup>11</sup> , 1992	60 sg en cicloergómetro a intensidad máxima	500 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	Obtuvo mejoras en el rendimiento
McNaughton <sup>12</sup> , 1997	60 sg en cicloergómetro a intensidad máxima		Mejóro el rendimiento 5 días después del periodo de ingesta
McNaughton et al. <sup>13</sup> , 1999	90 sg en cicloergómetro a intensidad máxima	200 mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	Mejóro el rendimiento 5 días después del periodo de ingesta
McNaughton y Thompson <sup>14</sup> , 2001		500 mg/kg NaHCO <sub>3</sub> durante 6 días	Mejóro el rendimiento 5 días después del periodo de ingesta

---

500 mg/kg  
NaHCO<sub>3</sub> durante 6  
días

---

**Tabla 2. Resultados de estudios realizados con carga de bicarbonato sódico o citrato sódico en la carrera.**

Estudios	Condiciones del estudio	Dosis	Descubrimientos
Kinderman et al. <sup>15</sup> , 1977	400 m a intensidad máxima	300mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No encontraron mejoras en el rendimiento
Wilkes et al. <sup>16</sup> , 1983	800 m a intensidad máxima con ingesta de 300mg/kg de bicarbonato	300mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	Encontraron mejoras en el rendimiento
Goldfinch et al. <sup>17</sup> , 1988	400 m a intensidad máxima	300mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	Encontraron mejoras en el rendimiento
Gaitanos et al. <sup>18</sup> , 1991	10 esprines máximos de 6 sg de duración	400mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No encontraron mejoras en el rendimiento
Bird et al. <sup>19</sup> , 1995	1500 m a máxima intensidad	400mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	Encontró mejoras en el rendimiento
Ibáñez et al. <sup>20</sup> , 1995	Carrera de 300 m a intensidad máxima	300mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No se obtuvieron mejoras en el rendimiento
Tiryaki et al. <sup>21</sup> , 1995	Carrera de 600 m a intensidad máxima	300 mg/kg de citrato sódico	No se obtuvieron mejoras en el rendimiento
Águila., 1998 (citado por Águila <sup>5</sup> , 1999)	Carrera de 400 m a intensidad máxima	300mg/kg NaHCO <sub>3</sub>	No se obtuvieron mejoras en el rendimiento
		300 mg/kg de citrato sódico	

---

Como podemos observar, los resultados son ambiguos por lo que no podemos afirmar sin lugar a dudas que éstas sustancias puedan servir de ayuda ergogénica, ya que depende de la dosis y del tipo de ejercicio utilizado<sup>4</sup>.

En algunos de los estudios de máxima intensidad, según el protocolo utilizado si se observaron mejoras en el rendimiento en carreras de 400 m<sup>17</sup>, 800 m<sup>16</sup> y 1500 m<sup>19</sup>.

Por el contrario, en otros estudios no se obtuvieron mejoras en el rendimiento<sup>15, 18, 20, 5</sup>

Además, las dosis suministradas son diferentes según los diversos estudios, por lo que no podemos afirmar cuál es la dosis más ergogénica. Lo que si podemos decir es que la dosis recomendada es a partir de los 300

mg/kg, la misma que produce efectos ergogénicos en carreras<sup>17,16,19</sup> y la más recomendada<sup>9</sup>, ya que de haber efectos ergogénicos tienen lugar a partir de esa cantidad. Pero por otro lado, aumenta el riesgo de sufrir trastornos gastrointestinales por encima de esa dosis<sup>9</sup>.

Efectivamente, la carga de bicarbonato antes de realizar un esfuerzo puede ocasionar según la dosis ingerida, molestias gastrointestinales, diarrea, espasmos e inflamaciones abdominales<sup>4</sup>. Estos efectos secundarios son debidos a que después de la ingesta de bicarbonato sódico, se produce un desequilibrio en la concentración de iones de bicarbonato, necesiéndose líquido adicional para mantener una solución isotónica en el intersticio<sup>4</sup>. Así pues, cuando a los participantes se les permitía beber agua después de la ingesta de bicarbonato las molestias se veían aliviadas en dichos estudios<sup>4</sup>. Del mismo modo parece ser que el citrato sódico produce menos molestias gastrointestinales que el bicarbonato<sup>21</sup>.

La presente investigación pretende comprobar si la ingesta de 0,3 gr/Kg de bicarbonato mejoraba el rendimiento en series repetidas de 300 m en carrera en atletas de alto nivel.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Sujetos

En el experimento tomaron parte un total de diez sujetos varones entre 20 y 28 años de edad. Eran atletas de alto nivel entrenados en distancias que iban desde 400 a 3000 m,

Se les midió el peso y la altura, quedando éstos datos reflejados en la Tabla 3, al igual que su correspondiente media (x) y desviación estándar (SD).

**Tabla 3. Características de la muestra de estudio**

Sujetos	A. G	J. L.	A. F	M. A.	E. S.	L. V.	P. S.	J. R.	J. E.	A. I.	$\bar{X}$	$\pm$ SD
Peso	80	66	70	66.5	66	65	65	55	62	67.5	66.3	5.9
Altura	187	172	170	168	169	166	165	165	164	170	169.6	6.3

A todos los sujetos se les comunicó previamente de manera verbal y escrita en que consistía el experimento así como los posibles riesgos. Todos los sujetos expresaron su consentimiento.

### 2.2. Protocolo

Las pruebas fueron realizadas en el Estadio de la Comunidad de Madrid. Los sujetos realizaron un total de dos pruebas separadas entre sí seis días. Todos llevaron una dieta similar los días previos rica en hidratos de carbono.

Se realizaron dos grupos al azar, designando por sorteo que cinco tomaran bicarbonato el primer día y los otros cinco no tomaran nada, de modo

que al siguiente día realizaran la carga de bicarbonato los que no lo ingirieron el primer día. De esta manera se controlaron posibles mejoras debidas al efecto del entrenamiento, además de realizar una prueba estadística posterior de muestras independientes.

Se administraron 300 mg/Kg de peso de bicarbonato de sodio que fue ingerido 1,5 h antes de comenzar las pruebas.

Treinta minutos antes del comienzo de las mismas se realizó un calentamiento compuesto por quince minutos de carrera continua lenta, ejercicios de movilidad articular, estiramientos, ejercicios técnicos propios de la especialidad y progresivos. A continuación se aplicó un entrenamiento característico de éstas especialidades que solicitara el metabolismo anaeróbico láctico, compuesto por todas las series de 300 m que los sujetos pudieran realizar entre el 80 y 83% de su mejor marca en dicha distancia separadas entre sí por dos minutos de recuperación, que se permitió libre en cuanto a la actividad aunque se recomendó activa con ligero trote y que ambos días fuera del mismo modo. Los sujetos pararon cuando ya no fueron capaces de mantener el tiempo en 300 m correspondiente a ese 80-83 % y el empeoramiento de las marcas era evidente o bien cuando ya no eran capaces de continuar debido al agotamiento.

Después de finalizar cada prueba se les preguntó qué tipo de sensaciones físicas habían tenido y si habían notado algún tipo de problema achacable al bicarbonato sódico.

### 2.3. Mediciones

En los dos días se midió de forma manual el tiempo realizado en las series de 300 m. Los sujetos corrían individualmente, siendo separados diez segundos unos de otros.

## 3. RESULTADOS

Los resultados quedan reflejados en la tabla 1.

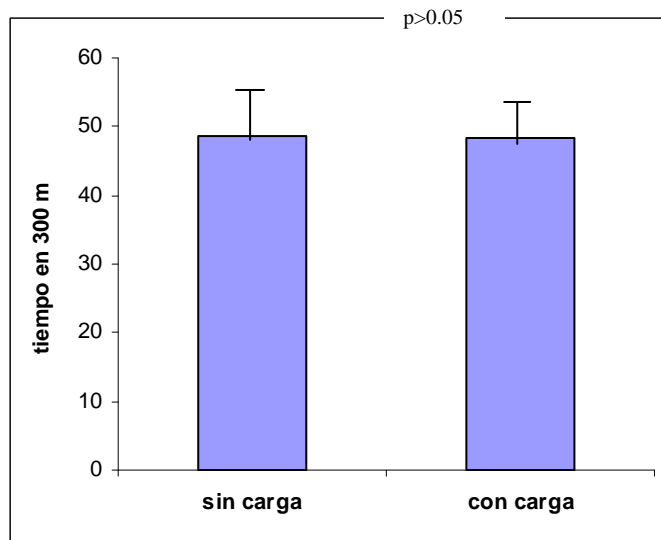
**Tabla 1. Resultados en series repetidas de 300 m al 80 % de la mejor marca en 300**

Sujeto	Media de tiempos (s)	
	Sin carga	Con carga
A.G	48,7	48,6
J.L	49,5	48,8
A.F	51,3	50,1
M.A	49,1	48,9
E.S	46,9	47,2
L.V	48,5	48,5
P.S	48,8	48,7
J.R	48,6	48,5
J.E	47,6	47,2
A.I	47,6	47,5

X	48,67	48,40
SD	0,63	0,60

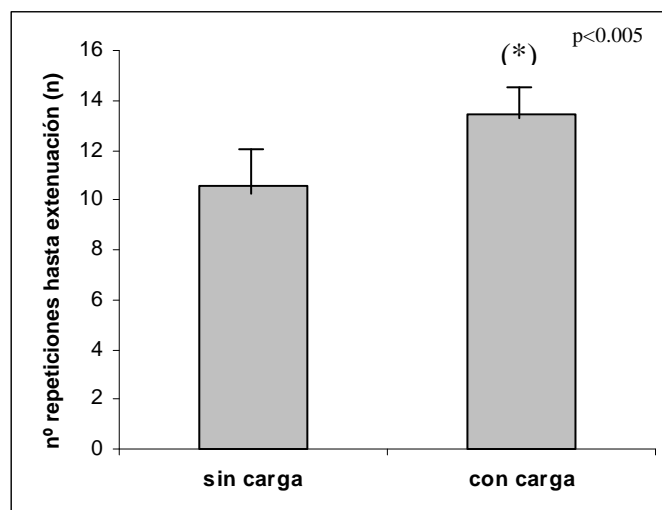
El tiempo empleado en las repeticiones no mostró diferencias entre la condición sin carga (48,67 s) y la condición con carga (48,40 s) tras aplicar una prueba *t* de Student para datos pareados ( $t_9 = 0,19$  ;  $p > 0,05$ ) (Figura 1)

**Figura 1: Tiempo medio en las repeticiones sin y con carga**



El número de repeticiones realizadas no mostraron diferencias significativas respecto al orden de pruebas realizadas tras aplicar una prueba *t* de Student para muestras independientes, siendo la variable independiente el orden de pruebas (con + sin carga o sin + con carga) respecto a cada condición (sin y con carga,  $t_8 = 0,17$  ;  $p > 0,05$  y  $t_8 = 1,17$  ;  $p > 0,05$ ), por lo que la asignación al azar del orden no estaba condicionada por el mejor rendimiento de unos sujetos en el grupo con un orden concreto, y el bloqueo elegido para neutralizar el efecto entrenamiento resultó eficaz.

El rendimiento en número de repeticiones hasta el rechazo mejoró significativamente en la condición de carga, tras aplicar una prueba *t* de Student de datos pareados ( $t_9 = -4,45$  ;  $p < 0,005$ ).





#### 4. DISCUSIÓN

Desde nuestro punto de vista y una vez revisada la bibliografía existente hemos de decir que no hay investigaciones realizadas en series repetidas de 300 m con carga de bicarbonato.

En el presente estudio, al analizar los resultados se observaron diferencias significativas entre los grupos que ingirieron bicarbonato y los que no.

Los sujetos fueron capaces de realizar mas series de 300 m al haber ingerido bicarbonato sódico. Ello está en consonancia con los resultados obtenidos por diversos autores en cicloergómetro<sup>7,8,9,10,11,12,13,14</sup> y en carrera<sup>16,17,19</sup>, donde se obtuvieron mejoras en el rendimiento, aunque los protocolos utilizados fueron muy diferentes. Por el contrario también son numerosos los estudios que no encontraron mejoras en el rendimiento<sup>4,7,8,15,18,20,21</sup>.

La realización de este tipo de esfuerzos requiere obtener energía a partir del metabolismo anaeróbico láctico, teniendo lugar al cabo de un tiempo el cese del ejercicio por la acumulación de iones hidrógeno ( $H^+$ ), con la consecuente disminución del pH de los músculos que intervienen en el esfuerzo<sup>1,3,4</sup> y dificultando la contracción muscular<sup>4</sup>, a lo que hay que añadirle una disminución de la obtención de energía a partir del glucógeno por estar inhibida la enzima que lo posibilita (PFK)<sup>3</sup>.

En diversos estudios se ha comprobado que el pH en sangre aumenta después de ingerir una sustancia alcalina como el bicarbonato sódico o el citrato de sodio<sup>4,16,21,9,11,18</sup>. Así pues, es posible que ese incremento del pH en sangre aumente la capacidad buffer del organismo antes de la realización de ejercicio de alta intensidad<sup>18</sup>.

Sin embargo, parece ser que la administración de agentes alcalinizantes no altera el pH intramuscular antes del ejercicio, ya que el sarcolema es impermeable al bicarbonato, impidiendo su entrada en la célula muscular<sup>18,4,6</sup>.

Del mismo modo, también se ha comprobado que un incremento de la concentración de bicarbonato extracelular después de la ingesta de bicarbonato sódico, incrementa el pH extracelular pero no el intracelular<sup>4</sup>. Este incremento del pH extracelular facilitaría el paso de lactato y los hidrogeniones desde el interior de la célula hacia el exterior con el consecuente incremento del pH intracelular<sup>6</sup>, todo ello debido a un gradiente favorable de pH<sup>7</sup>.

De este modo los procesos de obtención de energía se podrían seguir realizando al no inhibirse la PFK y la contracción muscular no se vería perjudicada al permitir deslizar los filamentos de actina sobre los de miosina, pues la liberación de calcio del retículo sarcoplasmático se seguiría realizando.

No obstante, las principales mejoras en el rendimiento se han realizado en ejercicio de intensidad máxima de un minuto o más de duración, por lo que podría suceder que el incremento de la capacidad buffer de la sangre requiere tiempo para facilitar la salida de H<sup>+</sup> del interior de la célula muscular<sup>18</sup>. En consonancia con esta afirmación estarían los resultados obtenidos en diversos estudios en la prueba de 400 m<sup>17,5</sup>, donde no se mejoró el rendimiento, siendo la duración de la prueba inferior a un minuto. Del mismo modo tampoco se mejoró el rendimiento en la realización de 300 m a intensidad máxima<sup>20</sup> ni al ejecutar varios sprints repetidos de seis segundos de duración<sup>18</sup>.

Si se mejoró en cambio al correr 800 m<sup>16</sup> y 1500 m<sup>19</sup>, siendo las dos distancias pruebas que a máxima intensidad rondan los dos y cuatro minutos respectivamente.

En nuestro estudio se realizaron series repetidas de 300 m, lo que llevó a un requerimiento extremo de la glucólisis anaeróbica, por lo que es posible que en los intervalos de recuperación entre las series se favoreciera esa salida de lactato al torrente sanguíneo<sup>18</sup>, siendo de esta manera realizadas numerosas series en condiciones de alcalosis.

No obstante, en otros estudios si se obtuvieron mejoras en pruebas de duración inferior a un minuto<sup>17</sup>, por lo que esa quizás habría que ser más flexible en esa afirmación y admitir mejoras en pruebas cuya duración ronde los 45 segundos, ya que durante ese tiempo la actividad glucolítica es de igual modo máxima. Bien es cierto que no se han observado mejoras en el rendimiento con carga de bicarbonato realizando 30 sg en cicloergómetro a intensidad máxima<sup>4,7</sup>, probablemente debido a que el sistema energético predominante era el anaeróbico aláctico, y si se obtuvieron mejoras en 60 seg<sup>5,9,12,13</sup>, 90 seg<sup>14</sup>, 120 y 140 seg<sup>10,11</sup>, pruebas que también fueron realizadas en cicloergómetro.

En nuestro estudio, la intensidad era del 80-83% de la marca personal en un esfuerzo que al 100 % duraría alrededor de 40 seg. Se realizaba hasta el límite de repeticiones, por lo que se trataba de un trabajo de glucólisis anaeróbica en un ritmo moderado de producción de energía durante todo el tiempo posible (capacidad láctica), por lo que es lógico que sí beneficiara.

Los sujetos del experimento sintieron menor sensación de cansancio cuando realizaron las series con carga de bicarbonato que sin ella, quizás debido a ese estado de alcalosis que favorecía el aumento de pH al aumentar el paso de hidrogeniones a la sangre.

No obstante, uno de los sujetos consiguió realizar una serie más sin carga que con carga de bicarbonato, quizás debido al efecto de entrenamiento lógico, (algo que se controló y que no ha determinado en el global de los resultados), lo que es probable que le permitiera llegar a las series finales con menor fatiga muscular y un pH menos ácido.

Además, ninguno de los sujetos sintió molestias gastrointestinales con la dosis utilizada.

Uno de los aplicaciones que se podría extraer de este estudio es la posibilidad de utilizar la carga de bicarbonato en entrenamientos con deportistas cuya prueba requiera del metabolismo anaeróbico láctico, para así provocar una mayor capacidad glucolítica de trabajo, y obtener las correspondientes adaptaciones posteriores en ese sistema energético.

## **5. CONCLUSIONES**

Para concluir, debemos decir que los resultados obtenidos en éste estudio con el presente protocolo mostraron que el bicarbonato sódico ( $\text{NaHCO}_3$ ) mejoró el rendimiento en series repetidas de 300 m al 80-83% de su mejor marca en ésta distancia, permitiendo realizar un mayor número de ellas cuando los sujetos ingerían la bebida alcalítica antes de la realización del ejercicio. Es posible que su efecto ergogénico pueda ser utilizado en entrenamientos lácticos, por la mayor prolongación del tiempo de esfuerzo. En cualquier caso nuevas investigaciones deberían ser realizadas para aclarar mejor el efecto buffer de esta sustancia alcalítica y el posible beneficio para el deportista de alto rendimiento.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

1. Costill, D.L., Verstapen, F., Kuipers, H., Janssen, E. y Fink, W (1988). Acid base balance during repeated bouts of exercise: influence of  $\text{HCO}_3$ . *International Journal Sport Medicine*. 5. 228-31.
2. McKenna, M. (1992). The roles of ionic processes in muscular fatigue during intense exercise. *Sports Medicine* 13 (2). 134-145.
3. Wilmore, J. H. y Costill, D. L. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 2º Edición. Barcelona: Paidotribo; 1999
4. Linderman J. y Gosselink, K. L (1994). The effects of sodium bicarbonate ingestion on exercise performance. *Sports Medicine*. 18 (2). 75-80.
5. Águila C. (1999). Efectos de la alcalosis metabólica inducida sobre el rendimiento físico en pruebas de alta intensidad. Revisión. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. XIII. 2. 39-43.

6. Katz, A., Costill, D. L., King, D. S. et al. (1984). Maximal exercise tolerance after induced alkalosis. *International Journal Sports Medicine*. 5. 107-110.
7. Roth, D. A. y Brooks, G. A., (1990). Lactate transport is mediated by a membrane-bound carrier in rat skeletal muscle sarcolemmal vesicles. *Arch Biochem Biophys*. 279. 377-385
8. Horswill, C. A., Costill, D. L. et al. (1988). Influence of sodium bicarbonate on sprint performance: relationship to dosage. *Medicine Science Sports and Exercise*. 20. 556-569.
9. McNaughton, L. R. (1992). Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60 s cycle ergometry. *Journal of sports sciences*. 10. 415-423
10. McNaughton, L. R. y Cedaro, R. (1991). Sodium citrate ingestion and its effects on maximal anaerobic exercise of different durations. *European Journal Applied Physiology*. 64. 36-41.
11. McNaughton, L. R. (1992). Sodium bicarbonate ingestion and its effects on anaerobic exercise of various durations. *Journal Sports Sciences*. 10. 425-435.
12. McNaughton, L. R.; Ford, S. y Newbold. C. (1997). Effect of sodium bicarbonate ingestion on high intensity exercise in moderately trained women. *Journal of strenght and conditioning research*. 11. 98-102
13. McNaughton, L. R.; Backx. K.; Palmer, G. Y Strange, N. (1999). Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 80. 333-336
14. McNaughton, L. R. y Thompson. D. (2001). Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output. 80. 333-336.
15. Kinderman, W., Keul, J. y Hubber, G. (1977). Physical exercise after induced alkalosis. *European Journal Applied Physiology*. 37. 197-204.
16. Wilkes, D., Gledhill, N., Smyth, R. (1983). Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800 m racing time. *Medicine Science Sports Exercise*. 15. 227-280.
17. Goldfinch J., McNaughton, L. y Davis, P. (1988). Induced metabolic alkalosis and its effects on 400 m. race. *European Journal Applied Physiology*. 55. 223-227.
18. Gaitanos, G. C., Nevill, M. E., Brooks, S. y Williams, C. (1990). Repeated bouts of sprint running after induced alkalosis. *Journal of sports sciences*. 9. 335-370

19. Bird, S. R., Wiles, J. (1995). The effect of sodium bicarbonate ingestion on 1500 m. racing time. *Journal of Sports Science*. 13. 399-403.
20. Ibáñez, J., Pullinen, T., Gorostiaga, E., Postigo, A., y Mero, A. (1995). Blood lactate and ammonia in short-term anaerobic work following induced alkalosis. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 35. 187-193.
21. Tiriyaki, G.R. Y Atterbom, H.A. (1995). The effects of sodium bicarbonate and sodium citrate on 600 m running time of trained females. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 35. 194-198.

**Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte – vol. 3 - número 10 - junio 2003 - ISSN: 1577-0354**