

# Trabajo de investigación

La hidratación durante El ejercicio aeróbico  
prolongado con la ingestión de agua o con  
bebidas carbohidratadas

Prof. Mariano procopio

**TEMA:**

La rehidratación y el vaciado gástrico durante la actividad física intensa con el consumo de bebidas con HC y agua

**ÁREA TEMÁTICA:**

Biología

**RAMA:**

Fisiología

**ESPECIALIDAD:**

Fisiología del ejercicio

**INTRODUCCIÓN**

He decidido realizar una investigación bibliográfica sobre las investigaciones científicas realizadas en distintos países, en los últimos 25 años acerca de la rapidez del vaciado gástrico durante el ejercicio aeróbico intenso prolongado, (aproximadamente 60 minutos o más), con distintos tipos de bebida. Es un tema, a mi entender, muy interesante ya que no solo es la base para determinar cuales son las mejores bebidas para hidratarse correctamente evitando así la deshidratación y las enfermedades por calor que de estas derivan, sino también para mejorar el rendimiento físico.

Algunos entrenadores suministran a sus atletas antes y durante la competencia algunas bebidas comerciales que aseguran una mejora del rendimiento físico, otros en cambio utilizan preparados caseros (una mezcla de agua con glucosa y/o con sal con una solución entre 2,5% al 20% y 0,1% respectivamente).

El tema es apasionante ya que hoy en día las competencias son tan equilibradas que la menor ventaja obtenida influye significativamente en la performance.

Algunos científicos sostienen que la ingestión de hidratos de carbono<sup>1</sup>, mejora el rendimiento físico, pero yo me pregunto:

¿De qué sirve ingerir carbohidratos, electrolitos, potasio, sodio etc. Sin antes realizar una revisión bibliográfica para determinar si el estómago acelera o retrasa su paso a los tejidos, en comparación con el agua?

Es por ello menester determinar el tiempo de vaciado gástrico con distintos tipos de bebidas.

El factor más determinante para prolongar el ejercicio físico de larga duración es la deshidratación y la reducción de carbohidratos<sup>2</sup>. Por ello ingerir bebidas que contengan carbohidratos debería beneficiar el ejercicio prolongado. Sin embargo la óptima fórmula de bebidas deportivas no ha sido determinada.

No cabe duda que el deportista debe beber antes, durante y después de la actividad física para reemplazar el líquido perdido a través del sudor. Si dicho líquido no es reemplazado ocurrirá la deshidratación y el rendimiento físico se verá afectado. Hoy en día existen en el mercado una gran variedad de bebidas deportivas que sostienen que evitan la deshidratación durante el ejercicio prolongado, El propósito de dichas bebidas es ayudar a rehidratar el cuerpo rápidamente y mejorar el rendimiento físico, a través de un correcto balance de una mezcla de agua, azúcar (carbohidratos) y sales minerales (electrolitos). Cuando perdemos agua y electrolitos, se eleva la temperatura corporal y disminuyen las reservas de energía.

Dichas firmas sostienen que sus preparados:

- Estimulan la rápida absorción de sus fluidos.
- Aseguran una rápida rehidratación.
- Suministran energía a los músculos que trabajan a través de sus carbohidratos.
- Estimulan al deportista a beber más.

Además dichas empresas aseguran que su producto es mejor que el agua para aumentar el rendimiento de la actividad física prolongada por las razones arriba mencionadas, porque el agua no reemplaza los electrolitos que el cuerpo pierde por transpirar o la energía perdida durante el ejercicio, y además por que contiene una pequeña cantidad de sodio en la bebida lo cual estimula al deportista a beber más evitando así la deshidratación.

**Aseguran además que el hecho de que sus bebidas tengan >2.5% de carbohidratos no reducen el tiempo de vaciado gástrico.**

Esto me decidió a realizar la presente revisión bibliográfica, determinar si realmente es necesario la ingesta de bebidas isotónicas comerciales, en búsqueda de la verdad y guiado por mi instinto escéptico. Lógicamente hay muchísimos intereses comerciales alrededor de este tema, considero que el mejor camino es recurrir al conocimiento científico, y analizar las investigaciones de campo realizadas en distintas universidades del mundo en relación a la hidratación, y al tiempo de vaciado gástrico con la previa ingestión de agua o de bebida con carbohidratos, también analizaré si es determinante en el momento de la competencia aeróbica prolongada la ingestión de electrolitos, ya de dichas firmas aseguran que sus bebidas aportan dichos nutrientes y que el agua no los suministra.

Las investigaciones científicas que analizaré las obtendré de revistas científicas de renombre por entender que solo publican investigaciones de rigor, ya que tienen relación directa con la comunidad científica internacional. Además muchos dichos de dichos autores son catedráticos y directores de los laboratorios de las más prestigiadas universidades del mundo. Casi todas las investigaciones que analizaré serán fueron realizadas en ámbitos universitarios. Para tener un amplio espectro buscaré investigaciones de campo de distintos orígenes es decir, indagaré por distintas universidades de distintos países del mundo, eso hará más objetiva mi revisión bibliográfica. No analizaré las investigaciones realizadas por los laboratorios propios de las empresas que producen dichas bebidas por entender que los resultados podría estar inducidos ya que son ellos mismos quien

financian dichas investigaciones. Por lo tanto solo analizaré los trabajos realizados en ámbitos académicos.

## **PROBLEMA:**

¿Qué bebida favorece el vaciado gástrico durante el ejercicio aeróbico intenso prolongado, el agua o las bebidas deportivas comerciales (con hidratos de carbono al 6%)?

**¿Qué bebida debería tomar un atleta que realiza dicho ejercicio para lograr un aumento en la performance?**

## **ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

Como antecedente podemos encontrar una revisión bibliográfica de Lamb<sup>48</sup> que data del año 1986 en donde sostiene que no se justifica la ingestión de electrolitos ya que estos no mejoran el rendimiento deportivo, pero por el contrario recomienda la ingestión de agua 30 a 60 minutos antes del ejercicio. No recomienda la ingestión de glucosa 15' a 45' antes del ejercicio prolongado, pero si esta de acuerdo con la ingestión de glucosa.

Otro estudio de revisión bibliográfica fue desarrollado por Murray<sup>46</sup> en el año 1987 y publicado por la revista Sports Medicine, donde afirma que las bebidas comerciales contienen entre un 4% y 8% de HC (Glucosa, fructuosa, sacarosa y maltosa y pequeñas cantidades de electrolitos). Además afirmaba que las bebidas con soluciones hasta el 10% se vaciaban a un rango similar que el agua

Otra revisión bibliográfica fue realizada por Burke<sup>47</sup> en el año 1993 y también publicada por la prestigiosa revista científica Sports Medicine, donde afirma que no se comprometería el vaciado gástrico con soluciones de entre el 5 y 10% de HC y afirma que la óptima concentración de electrolitos no ha sido encontrada.

En mi revisión bibliográfica intentaré determinar analizando decenas de investigaciones si el vaciado gástrico se retrasa con la ingestión de HC, si se justifica la ingestión de HC para la mejora de la performance, si los electrolitos influyen positivamente en el rendimiento, y si las bebidas comerciales pueden ser reemplazadas

por un preparado casero de agua e HC, las revisiones anteriores datan de la década pasada, yo intentaré realizar una revisión bibliográfica lo más actualizada posible utilizando investigaciones de campo realizadas desde 1974 hasta la fecha.

### **PROPÓSITOS:**

Casi toda las investigaciones analizadas en el presente proyecto fue traducida del inglés, puesto que no hay demasiada información al respecto en nuestra lengua, el propósito de la presente revisión es brindarle esta información traducida y recopilada a:

- Profesores de Educación Física que se desempeñan en el ámbito de la preparación física
- Entrenadores deportivos de distintas disciplinas deportivas
- Atletas de diversos deportes que practiquen ejercicios aeróbicos de larga duración
- Preparadores Físicos
- Entidades y Asociaciones deportivas
- Estudiantes de Educación Física que necesiten obtener información respecto de la deshidratación, rehidratación y acerca del vaciado gástrico durante las pruebas aeróbicas de larga duración

Publicaré mi trabajo en internet, para que pueda ser consultado en cualquier momento por todos aquellos que se interesen en este tema.

### **OBJETIVOS:**

He decidido realizar esta revisión bibliográfica con el objetivo de determinar durante el ejercicio aeróbico prolongado lo siguiente:

- I. Determinar si la ingesta de bebidas con hidratos de carbono, retrasan, aceleran, o no tienen efectos significativos sobre el vaciado gástrico en comparación con el agua
- II. Determinar que efectos tienen las bebidas carbonatadas sobre el vaciado gástrico y sobre el organismo
- III. Determinar cuales son las mejores bebidas que debería beber un atleta para aumentar la performance durante las competencias
- IV. Concluir desarrollando mis hipótesis personales sobre el tema estudiado

## **MARCO TEÓRICO**

### **DESHIDRATACIÓN:**

Durante una intensa actividad física, especialmente en días calurosos y/o húmedos, el cuerpo pierde grandes cantidades de agua y una cierta dosis de sal a través de la transpiración. El resultado puede ser una enfermedad debida al calor si estos elementos no son reemplazados en un plazo de 24 horas<sup>3</sup>.

En unas pocas horas de dicho ejercicio vigoroso con las características climáticas arriba mencionadas, la pérdida de agua o la deshidratación puede alcanzar proporciones que impidan la disipación del calor y comprometan severamente la función cardiovascular y la capacidad de trabajo. Varias horas de actividad intensa puede causar la fatiga en las glándulas sudoríparas, lo que finalmente conduce a una incapacidad para regular la temperatura interna. Al progresar la deshidratación y disminuirse el volumen plasmático, se reduce la sudoración y la termorregulación se vuelve cada vez más difícil<sup>4</sup>. Una deshidratación equivalente al 5% del peso corporal de un deportista aumenta de manera significativa la temperatura rectal y la frecuencia cardíaca, y disminuye el ritmo de sudoración tanto en hombres o mujeres que hacen ejercicio en un ambiente cómodo o caluroso comparado con el que tienen en un estado normal de hidratación<sup>5</sup>. La frecuencia cardíaca elevada en el estado deshidratado se atribuye a un menor volumen sanguíneo

central que conduce a una menor presión de llenado ventricular y volumen sistólico<sup>6</sup>. Una temperatura interna elevada se relaciona con una reducción tanto de la sudoración como del riego sanguíneo de la piel<sup>7 6</sup>.

En los deportes donde predomina la resistencia aeróbica de larga duración la pérdida de líquido puede llegar a representar el 10% del peso corporal de un atleta<sup>4</sup>.

### **DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO:**

Los adultos toleran un déficit de agua corporal de aproximadamente solo 1,5 litros sin una respuesta fisiológica anormal, aunque una pérdida de líquido equivalente a tan poco como el 1% del peso corporal se asocia con un aumento significativo en la temperatura rectal comparado con el mismo ejercicio con una hidratación normal<sup>8</sup>. Cuando la pérdida de agua llega al 4 ó 5% del peso corporal se revelan una deficiencia en la capacidad para realizar el trabajo físico<sup>9</sup> y en la función fisiológica<sup>10</sup>.

Dado que una gran parte del agua perdida mediante la transpiración viene de la sangre la capacidad circulatoria es afectada adversamente al progresar la pérdida por el sudor (si no se repone continuamente el agua). Esto se manifiesta en una disminución del volumen sanguíneo circulante, una reducción del volumen sistólico y un aumento compensatorio de la frecuencia cardíaca, y un deterioro general en la eficacia circulatoria y termorreguladora durante el ejercicio<sup>4</sup>.

En términos de rendimientos, se observó una reducción del 48% en la resistencia cuando los sujetos se deshidrataron al 4,3% del peso corporal; simultáneamente el VO<sub>2</sub> max disminuyó un 22%<sup>11</sup>. En estos mismos experimentos, el rendimiento en pruebas de resistencia y el VO<sub>2</sub> max se redujeron en un 22% y 10% respectivamente, cuando la deshidratación era solo del 1,9% del peso corporal como promedio. Claramente, la deshidratación reduce la capacidad de los sistemas circulatorio y termorregulador para responder al “stress” metabólico y térmico del ejercicio<sup>4</sup>.

## **VACIADO GÁSTRICO:**

Es la rapidez de la absorción de los líquidos ingeridos. Ocurre como resultado del rápido vaciamiento de dichos líquidos del estómago y de su paso al intestino delgado<sup>12</sup>.

Va a ser decisivo para la rehidratación. Cuanto más rápida sea su labor, mayor rehidratación tendrá el atleta. Desde hace años que se está estudiando los tiempos de absorción con distintos tipos de bebidas, ya que es la clave para aumentar el rendimiento físico

## **REPOSICIÓN DEL AGUA:**

El objetivo principal de la reposición de líquidos es mantener el volumen plasmático para que la circulación y la sudoración puedan progresar a niveles óptimos. La prevención de la deshidratación y sus consecuencias sólo pueden lograrse con un régimen adecuado de reposición de agua que se sigue rigurosamente<sup>4</sup>.

Dado que el mecanismo de la sed es generalmente una guía imprecisa de la necesidad de agua los entrenadores deberían animar a los atletas a que se rehidraten<sup>13</sup>.

Un atleta bien hidratado siempre funciona a un nivel superior que uno que hace ejercicio en un estado deshidratado.

## **REPOSICIÓN DE ELECTROLITOS:**

Durante la transpiración se pierde más agua que sal. Cuando se toma sal como reposición sin una cantidad adecuada de agua, la concentración de la sal en el cuerpo aumenta, originando un desequilibrio potencialmente perjudicial, que se puede evitar regulando la relación entre la sal y el agua en la ingestión del atleta. Por lo común, en una dieta equilibrada se obtiene una cantidad suficiente de sal a través de los alimentos<sup>3</sup>

La pérdida de potasio con la transpiración es mínima, excepto en las condiciones más extremas<sup>14</sup>. En este caso

la pérdida de potasio puede reponerse aumentando el consumo de comidas ricas en potasio como frutas cítricas y plátanos. Un vaso de jugo de naranja o de tomate repone casi todo el potasio, calcio y magnesio excretado en 2 a 3 litros de sudor. En todos menos en los casos menos usuales, las modificaciones dietéticas y la concentración de electrolitos por los riñones compensan adecuadamente la pérdida de electrolitos por la transpiración<sup>4</sup>.

### **ACLIMATACIÓN AL CALOR:**

La persona aclimatada al calor es capaz de trabajar en ese ambiente con temperatura rectal y frecuencia cardíaca bajas y con mejor termorregulación y menos síntomas de incomodidad que un sujeto no aclimatado. El aumento del volumen plasmático y del líquido intersticial, unido al mayor retorno venoso al corazón da mayor estabilidad a la circulación central. El volumen de eyección sistólica aumenta y el volumen minuto cardíaco se mantiene con una frecuencia cardíaca baja. El proceso de aclimatación es rápido se completa en un período de 4 a 7 días y puede lograrse por medio de cortos períodos (2 a 4 horas por día) de trabajo en el calor; ya que si no se combina la exposición al calor con el ejercicio, solo se produce una aclimatación leve. La aclimatación al calor persiste durante varias semanas después de que cese la exposición, y va desapareciendo lentamente en un período de varios meses<sup>15</sup>

Por lo tanto, la persona entrenada almacena menos calor durante el ejercicio y llega a un estado térmico antes, y a una temperatura interna menor, que una no entrenada. Pero esta *ventaja de entrenamiento para la termorregulación se observa sólo si el individuo está plenamente hidratado durante el ejercicio*<sup>16</sup>

### **CONSECUENCIAS DE LA DESHIDRATACIÓN:**

Si los signos normales de “stress” térmico (sed, fatiga, atontamiento, y disturbios visuales) no son advertidos, pueden resultar en una serie de complicaciones denominada *enfermedad térmica*. Las formas principales por las que se manifiesta dicha enfermedad en orden de menor a mayor severidad son:

- Calambres por calor
- Agotamiento por calor
  - Golpe de calor

Cuando ocurre una enfermedad de este tipo, hay que actuar inmediatamente para aliviar el “stress” térmico y rehidratar a la persona hasta que llegue ayuda médica.

### **CALAMBRES POR CALOR:**

Los calambres por calor, o espasmos musculares involuntarios, ocurren durante o después de una actividad física intensa y se observan normalmente en los músculos específicos ejercitados. Esto se produce por un desequilibrio en las concentraciones corporales de electrolitos, ya que durante la transpiración pueden perderse sales y si estas no se reponen pueden ocurrir dolores o espasmos musculares. Con los calambres por calor, la temperatura corporal no está necesariamente elevada

Normalmente puede asegurarse la prevención hidratando el cuerpo antes, durante y después del ejercicio, y también aumentando el consumo diario de sal en las comidas unos días antes del período de “stress” térmico

### **EL AGOTAMIENTO POR CALOR**

Esta enfermedad se caracteriza por un pulso rápido y débil, una presión sanguínea baja en la posición erguida, dolor de cabeza, mareos y debilidad general. La temperatura corporal no se eleva a niveles peligrosos

Una persona que experimenta los síntomas arriba mencionados deberá parar de realizar ejercicios, ingerir líquidos y colocarse en un ambiente mas fresco.

### **EL GOLPE DE CALOR**

Para dicho caso se requiere de atención médica urgente. El golpe de calor es el fallo de los mecanismos de

termorregulación ocasionado por una temperatura corporal excesivamente alta. Si no se trata la incapacidad progresa y sobreviene la muerte debida a un colapso circulatorio

Mientras se espera el tratamiento médico, hay que tomar medidas rápidas para disminuir la temperatura interna elevada. Estas incluyen frotar con alcohol, aplicar compresas de hielo, y la inmersión total del cuerpo en agua fría<sup>4</sup>.

## **NECESIDADES DE HIDRATACIÓN**

Como ya hemos mencionado conocemos, el agua, que representa el 70% del organismo, acompañada de sales disueltas con cargas eléctricas, es un elemento fundamental para la vida, hasta tal punto que el hombre no podría sobrevivir sin toma de agua y sales más de una semana.

Los distintos compartimentos del organismo presentan diferentes disoluciones, diferente osmolaridad, con límites relativamente estrechos, lo que hace que las variaciones en las concentraciones tengan repercusiones en el organismo, afectando seriamente la salud. Siendo el mantenimiento de estas concentraciones las que hacen posible las contracciones musculares y las transmisiones nerviosas.

Dada la importancia de las concentraciones, debemos encontrar el equilibrio entre la ingesta y las pérdidas. El aporte lo realizamos por medio de la ingesta directa de líquidos, la parte de líquidos que se encuentran en los alimentos y, también, el agua que se produce en la combustión de los alimentos. Entre las pérdidas el ser humano pierde agua por vías como el sudor, orina, diarreas, lágrimas, vapor de agua, vómitos, quemaduras, úlceras, hemorragias,

Ingesta	ml	Pérdidas	ml
Líquidos	1.500	Riñon (Orina)	1.500
Comida	1.000	Pulmones (Vapor)	350
Agua Metabólica	300	Heces	200
		Piel (Sudor)	750

Cuadro 1: "Equilibrio del agua en el organismo de un sedentario. (Leibar, X. y Terrados, N., 1994)"

Esto, que es importante en la vida normal de cualquier persona, es de capital importancia cuando nos adentramos en el ámbito deportivo, sobre todo en actividades físicas de duración elevada. Gran parte de la energía generada por el ejercicio físico se libera en forma de calor. Esto determina un aumento de la temperatura corporal, que en un principio mejora el rendimiento, y que, sin embargo, puede llegar a ser peligrosa al superarse cierto umbral, sobre todo, si la actividad se prolonga durante mucho tiempo, pudiendo aparecer el golpe de calor, uno de los principales problemas para los deportistas en relación con este tema.

	Deplecc. Salina	Deplecc. Hídrica
Temperatura	Afebril	Febril
Piel	Húmeda	Seca
Presión Sanguínea	Baja	Baja
Pulso	Rápido	Rápido
Orina	Normal	Escasa
Sed	No intensa	Intensa
Estado mental	Variable	Variable

Cuadro 2: "Espectro clínico del golpe de calor. (Bracker, M., 1992, en Leibar, X. y Terrados, N., 1994)"

El calor se disipa por el sudor, que al evaporarse, enfría el cuerpo. Este mecanismo de control de la temperatura interna es mucho más activo en quien practica una actividad deportiva con cierta regularidad que en los sujetos que llevan una vida sedentaria. Un atleta, por lo tanto, suda con más facilidad. De todas las formas de pérdida de agua, anteriormente expuestas, la que más importancia adquiere en la actividad física es la pérdida por medio de sudor. La pérdida de agua tiene un límite, por encima del cual comienzan las repercusiones negativas para el organismo, debido a las

alteraciones en la temperatura corporal. Haciendo una clasificación a partir del peso corporal, hasta el 5%, la condición orgánica se mantiene en equilibrio, pero pérdidas en el orden del 10 a 20% pueden ser incompatibles con la vida, no llegando a ser frecuente hasta este límite. Como ejemplo, conocemos los cálculos de pérdida estimados en un maratoniano de élite, llegando a los 2,5 litros de sudor, a los que debemos añadir las pérdidas por vía respiratoria.

Velocidad Km/h.	Peso Corp. Kgr	Temperatura °C					
		10	15	20	25	30	35
15	50	610	610	750	895	1035	1085
15	60	770	770	930	1095	1260	1315
15	65	840	840	1015	1190	1365	1425
15	70	945	945	1120	1295	1470	1530
18	50	820	820	970	1120	1275	1330
18	60	1020	1020	1195	1370	1545	1605
18	65	1115	1115	1300	1485	1675	1740
18	70	1250	1250	1440	1625	1815	1880

Cuadro 3: "Predicción de pérdida de sudor. (Nielsen, B., 1992, en Leibar, X. y Terrados, N., 1994)"

No debemos olvidar que la temperatura corporal es un factor limitante del rendimiento deportivo, y que esto unido a que la cantidad de agua que podemos perder está limitada, nos condiciona a la ingesta de agua, bien sola, bien con sales durante la actividad física. Realizando este aporte de una manera efectiva y en el menor tiempo posible.

Si no introducimos estos líquidos y se mantiene la producción de calor, por actividad física o cualquier otra razón, se puede producir una alteración importante de la salud, producida por la excesiva pérdida de agua o de sales.

1% a 8%	8% a 10%	11% a 20%
Sed	Mareos	Delirio
Malestar	Dolor de cabeza	Espasmos
Reducc. movim.	Falta apetito	Lengua hinchada
Falta apetito	Hormigueo extremidades	Incapacidad tragar

Eritema	Disminución volumen	Sordera
Inquietud	Aumento concentración sangre	Visión oscurecida
Cansancio	Sequedad boca	Piel arrugada
Aumento cardíaco	ritmo Cianosis	Micción dolorosa
Aumento temperatura rectal	Dificultad para hablar	Piel insensible
Náuseas	Incapacidad de andar	Anuria

Cuadro 4: "Efectos de la deshidratación. (Moesch, en Leibar, X. y Terrados, N., 1994)"

Por tanto, la prevención es la solución más importante, teniendo en cuenta la duración de las actividades físicas y la temperatura y humedad del entorno, como principales factores de riesgo, teniendo presente las celebraciones en recintos cerrados y cubiertos, a la hora de determinar la características de la ingesta.

Las ingestas podrán realizarse antes, durante y después de la competición, siendo las segunda en las que nos centramos en la revisión bibliográfica realizada, pretendiendo conocer su importancia y aplicación, la composición, frecuencia, temperatura, entre otras características.

## MATRIZ DE DATOS

He utilizado las siguientes variables para analizar los resultados de las investigaciones de campo que he recopilado.

Unidad de análisis: revistas científicas reconocidas por la comunidad científica mundial

Variables:

- Rapidez del vaciado gástrico con la ingesta de:
  - a) Agua
  - b) HC
  - c) Sin diferencias entre agua e HC
  - d) otros
  
- Mejora de la performance
  - a) Agua

- b) HC
- c) Sin diferencias entre agua e HC
- d) otros

- Fecha de realización de las investigaciones
- País donde se realizaron las investigaciones
- Influencia de los electrolitos en la performance
- Diferencias con la ingestión entre las bebidas carbonatadas y no carbonatadas en la performance

La matriz de datos puede verse en el anexo I página 39

## **FUENTES DE DATOS**

La fuente de datos elegida es secundaria e indirecta, ya que he trabajado con investigaciones de campo ya realizadas por otros científicos, es indirecta por que las investigaciones ya han sido analizadas por muchos otros científicos. Las investigaciones fueron publicadas en revistas científicas de renombre y de ellas he obtenido dichas investigaciones, he optado por extraer los datos de dichas publicaciones ya que estas son reconocidas por la comunidad científica internacional y por ello son investigaciones de rigor, además de fueron realizadas en ámbitos universitarios. Los autores de dichos trabajos tienen un gran prestigio internacional ya que en la mayoría de los casos son los jefes de los correspondientes departamentos de cada universidad, he obtenido fuentes de distintos países, lo cual a mi entender enriquecería la presente revisión bibliográfica.

## ANÁLISIS DE LOS DATOS:

Los datos serán analizados estadísticamente para determinar sobre el total de las investigaciones estudiadas que determinaron los autores, sobre los distintos temas que he investigado. Los expresaremos en porcentajes.

## RESULTADOS

Citaré los resultados de las investigaciones de algunos de los fisiólogos más destacados en el ámbito deportivo.

- Costill y Saltin fueron los primeros en demostrar que las bebidas con concentraciones de azúcares simples >2,5% eran vaciadas más lentamente que el agua<sup>17</sup>.
- Estos resultados fueron confirmados por Coyle y otros. Estos últimos encontraron que las bebidas comerciales para atletas que contenían 4,5% de glucosa y fructosa eran vaciadas del estómago más lentamente que un placebo de agua<sup>18</sup>.
- Foster y otros encontraron que las soluciones contenían que contenían los % arriba mencionados eran vaciadas del estómago más lentamente que el agua, pero que una concentración del 5% de maltosa era vaciada más rápido de lo que lo hacía una solución de glucosa de igual concentración<sup>54</sup>
- Mitchell, Costill y otros no encontraron diferencias apreciables en el vaciado gástrico de agua y de soluciones de diferentes concentraciones (entre el 5% y el 7%) de carbohidratos, (glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa)<sup>19</sup>
- Una investigación llevada a cabo en la Universidad Ball State, Muncie, Indiana, en EEUU, por Neuffer, Costill y otros tampoco encontraron diferencias significativas en el vaciado gástrico de agua y de hidratos de carbono, aunque hizo notar una pequeña posible ventaja en el uso de fructosa y maltosa<sup>20</sup>
- En la Universidad de Carolina del Sur en EEUU, Davis, Lamb y otros realizaron un estudio de resistencia aeróbica en bicicleta durante dos horas al 75% del VO<sub>2</sub> max. bebiendo 275 ml de

hidratos de carbono y electrolitos (6%) cada 20 minutos, un placebo de agua fue tomado como control. Los investigadores no encontraron diferencias ni en la función cardiovascular ni en la termorregulación durante el ejercicio<sup>21</sup>.

- En la Universidad de Carolina del Sur en EEUU, Davis, Burgess y otros compararon (6% y 12%) de bebidas con hidratos de carbono y un placebo de agua saboreado durante 60' de ciclismo al 65% del  $VO_2$  max. y no encontraron diferencias en los rendimientos con las distintas bebidas, pero sostienen que la absorción gástrica disminuyó con los hidratos de carbono al 12% pudiendo crear riesgo de alteraciones gastrointestinales<sup>22</sup>.
- En un estudio realizado en la Universidad de Limburg en Holanda por Reher, Brouns y otros sobre 80 minutos tanto de carrera como así mismo de ciclismo al 70% del  $VO_2$  max. El tiempo de vaciado gástrico de una bebida isotónica (bebida comercial) no difirió entre ambas actividades durante los primeros 40 minutos y fue más rápido durante la actividad ciclista que durante la carrera entre los 40 y 80 minutos. Cabe destacar que la bebida isotónica mantuvo un alto rango de vaciado gástrico, al igual que el agua<sup>23</sup>.
- En la Universidad de Carolina del Sur en EEUU, Davis, Jackson y otros determinaron que bebidas con 18% de hidratos de carbono ingeridas inmediatamente antes del ejercicio y bebidas con el 6% de la HC durante este beneficiaron la performance retrasando la fatiga en ejercicios intermitentes de alta intensidad<sup>24</sup>.
- En la Universidad de Carolina del Sur en EEUU, Davis, Burges y otros suministraron a 8 varones bebidas con el 6% de maltosa, 6% de una mezcla de maltosa y fructuosa, 8% de una mezcla de glucosa y fructuosa y 10% de una mezcla de fructuosa y glucosa, un placebo de agua fue utilizado como control. Davis y su equipo aseguraron que las bebidas con carbohidratos y electrolitos entre el 2,5% y 10% no comprometerían el vaciado gástrico<sup>25</sup>.
- En la Universidad Ball State, de Muncie, Indiana, en EEUU, Mitchell, Costill y otros realizaron un estudio con el propósito de

examinar los efectos del vaciado gástrico con la ingestión de diferentes tipos de carbohidratos durante el ejercicio prolongado y sobre reposo. Se bebieron bebidas al 0%, 6%, 12%, 18% de hidratos de carbono. 10 ciclistas realizaron 120 minutos de ejercicio. Los primeros 105' al 70% del VO<sub>2</sub> max y los 15' restantes fueron de trabajo regenerativo. Los volúmenes de vaciado gástrico con el suministro de 12% y 18% de HC fueron significativamente diferentes de los otros y fueron menores que los de agua y los de HC al 6%. Por lo cual el vaciado gástrico fue más rápido con agua y con HC al 6%<sup>26</sup>.

- En la Universidad de Iowa, en EEUU, Ryan, Navarre y otros realizaron una investigación para determinar los efectos de las bebidas de hidratos de carbono carbonatadas sobre el vaciado gástrico. Para el test fueron utilizadas una bebida no carbonatada con HC al 6%, una carbonatada con HC al 6%, una no carbonatada con HC al 10% y una bebida carbonatada con HC al 10%. El tiempo de trabajo fue de 1 hora corriendo sobre tapiz rodante en un ambiente caluroso. Ryan y sus colaboradores llegaron a la conclusión que una bebida carbonatada con HC entre el 6% y el 10% no tiene efectos significativos sobre el vaciado gástrico en comparación con las bebidas no carbonatadas<sup>27</sup>.
- En la Universidad Ball State, de Muncie, Indiana, en EEUU, Cole y colaboradores no encontraron diferencias significativas ni en la performance ni en el vaciado gástrico con la ingestión de glucosa - sacarosa al 6%, fructosa al 8,3%, glucosa al 6,3%+ 3% de polímero de glucosa y un placebo de agua en 10 ciclistas de primer nivel que realizaron 4 etapas de 120' de ejercicio físico, los primeros 105' al 70% del VO<sub>2</sub> max y los 15' restantes de trabajo regenerativo<sup>28</sup>.
- En una Universidad de Aberdeen, en Escocia, Vist, y Maughan, realizaron un estudio con el fin de comparar el grado de vaciado gástrico de una bebida con 20 gr., 40 gr. y 60 gr. de glucosa por litro con un placebo de agua. Los 20 gr. de glucosa por litro fueron vaciados a igual velocidad que el agua, pero los 40 y 60 gr. de glucosa hicieron lo propio más lentamente<sup>29</sup>.

- En la Universidad de Carolina de Este, en EEUU Houmard y Egan realizaron un estudio con el fin de establecer si el vaciado gástrico es similar en ejercicios prolongados de ciclismo y carrera. Ellos creen importante determinar si el vaciado gástrico varía con un modo específico de ejercicio. 10 atletas masculinos, ciclistas y maratonistas realizaron un trabajo físico en sus respectivas especialidades durante 1-h al 75% del  $\text{VO}_2$  max, bebieron una solución de hidratos de carbono al 7% y un placebo de agua. Llegaron a la conclusión que no hubo diferencias significativas en el vaciado gástrico entre las dos disciplinas investigadas. Tampoco encontraron diferencias entre el vaciado gástrico del agua y de la solución de hidratos de carbono al 7%<sup>30</sup>.
- En un estudio realizado en la Universidad de Iowa, en EEUU, Ryan, Bleider y otros realizaron un estudio con 8 ciclistas de sexo masculino entrenados, de edades comprendidas entre los 20 y 33 años. Estos últimos completaron 3 horas de ciclismo al 60% del  $\text{VO}_2$  max en un ambiente cálido (33°C) bebiendo agua, y soluciones al 5% de glucosa, 5% de polímero de glucosa y 3,2% de polímero de glucosa+1,8 de fructosa. Ingirieron 350 ml cada 20'. Ryan y su equipo demostró que durante el ejercicio prolongado de ciclismo en un ambiente cálido, los volúmenes agua y de 5% de hidratos de carbono son vaciados del estómago sin diferencias significativas<sup>31</sup>.
- Una investigación llevada a cabo en la Universidad de Maastricht, en Holanda, Jeukendrup, Brouns y otros investigaron el efecto de la ingestión de una bebida con hidratos de carbono al 7,6% durante 1-h al 75% del  $\text{VO}_2$  max de ciclismo. 9 ciclistas entrenados en potencia aeróbica completaron la actividad antes mencionada. Un placebo de agua fue tomado como control. Llegaron a la conclusión que en 1-h de ciclismo al 75% del  $\text{VO}_2$  max consumiendo una bebida con hidratos de carbono al 7,6% mejoró la performance en comparación con la ingestión de agua<sup>32</sup>.
- En Sudáfrica, Robinson, Harley y otros investigaron a cerca del rendimiento físico con la ingestión de agua en un clima de temperatura moderada. Para realizar el estudio se contó con la colaboración de 8 ciclistas entrenados en resistencia, a 20° C y

con un 60% de humedad. La actividad física se llevó a cabo durante 60 minutos.

Robinson y su equipo llegaron a la conclusión que la ingestión de agua no incrementó la performance en 1 hora de ciclismo a una modera temperatura ambiental<sup>33</sup>.

- En la Escuela de Medicina de St. Louis en EEUU, Zachwieja, Costill y otros intentaron determinar los efectos de una bebida carbonatada sobre el vaciado gástrico. La actividad a desarrollar consistió en 4 series de 120 minutos cada una realizada por 8 ciclistas varones. Los primeros 120 minutos se efectuaron al 70% del  $\text{VO}_2$  max y los 15 minutos restantes fueron regenerativos, Ingerieron 10% de hidratos de carbono carbonatados y la misma cantidad pero en este caso no carbonatados. Los investigadores llegaron a la conclusión que no hubo diferencias significativas en el vaciado gástrico, en el sistema ácido base, en la función gástrica ni en el rendimiento físico<sup>34</sup>.
- En el Departamento de Educación Física de la Universidad de Loughborough en Gran Bretaña, Nicholas, Williams y otros intentaron examinar los efectos de la ingestión de una solución de hidratos de carbono y electrolitos durante una actividad de carrera, con 9 jugadores de distintos deportes entrenados. Se le suministraron 6,9% de carbohidratos y electrolitos y una solución (placebo) sin hidratos de carbono. Los resultados demostraron que las soluciones con un 6,9% de carbohidratos mejoraron el rendimiento (en este caso la capacidad aeróbica) durante el ejercicio intervalado de carrera<sup>35</sup>.
- En el Instituto de Tecnología de Georgia, en EEUU, Millard-Stafford y otros reunieron 12 corredores de primer nivel para realizar un estudio en el cual deberían correr 15 km. en tapiz rodante ingiriendo bebidas deportivas comerciales y agua antes y después del ejercicio. Durante los primeros 13,4 km. no hubo mayores diferencias pero en los últimos 1600 metros lograron una mejor performance quienes habían tomado la bebida con hidratos de carbono y electrolitos<sup>36</sup>.

- En el Departamento de Educación Física y Ciencias del Deporte y Recreación de la Universidad de Loughborough, en Gran Bretaña, Tsintzas O. K., Williams C y otros realizaron un estudio con el objeto de comparar los efectos de 2 bebidas, con hidratos de carbono y electrolitos y una bebida de agua durante una competencia de maratón.

Siete atletas corredores entrenados en endurance completaron 42,2 km. en tapiz rodante en 3 oportunidades en el transcurso de 4 semanas.

En cada oportunidad ingirieron 3ml.kg-1 de peso corporal de agua, una solución con 6,9 % y otra con 5,5 % de hidratos de carbono inmediatamente antes de comenzar la actividad, y luego cada intervalos de 5 km. los corredores fueron suministrados con dosis de 2 ml.kg-1 de peso corporal.

Los tiempos obtenidos fueron los siguientes:

Bebida	Tiempo en minutos
Agua	193.9
HC al 6,9 %	192.4
HC al 5,5 %	190.0

Como se puede apreciar en el cuadro la mejor performance fue realizada con la ingestión de hidratos de carbono al 5,5 %

La velocidad de carrera se mantuvo en el caso de los HC al 5,5 % mientras que decreció después de 10 en el caso del agua y luego de 25 km. en el caso de los HC al 6,9 %<sup>37</sup>.

- En el laboratorio de Rendimiento Humano de la Universidad de Syracuse en Nueva York, Bacharach D. W. y otros compararon los efectos de similares bebidas con gusto a naranja que contenían 0 % (placebo), 6,4 % y 10 % de hidratos de carbono durante el ejercicio aeróbico y durante el sprint.

12 ciclistas bien entrenados con  $VO_2$  max. De 5.0 l/min-1, participaron en la investigación desarrollando 3 series de 2 horas al 65 % de su  $VO_2$  max. Seguido de 1 sprint (500 revoluciones a una resistencia constante de 29,4 N).

Las bebidas fueron suministradas en las siguientes cantidades: 3 ml/kg-1 de peso corporal al minuto 0 y luego cada 20'.

Los tiempos del sprint se detallan a continuación:

Bebida	Tiempo en segundos
Agua	264.4
HC al 6,4 %	255.3
HC al 10 %	252.4

El estudio indicó que el consumo de HC durante el ejercicio aeróbico mejoró el rendimiento del sprint. Además se noto una diferencia a favor de los HC al 10 %<sup>38</sup>.

- En el Departamento de Educación Física y ciencias del Deporte de la Universidad de Loughborough en Gran Bretaña, Williams C y otros compararon la influencia de bebidas con HC y electrolitos y la ingestión de agua

12 atletas entrenados en endurance se prestaron para el desarrollo de la investigación completando 30 km. tan rápido como pudieran sobre un tapiz rodante monitoreado, donde ellos podían variar la velocidad de la cinta rodante.

Las bebidas contenían 50 gr. de glucosa más 20 gr. de un polímero de glucosa, y la otra tenía 20 gr. más de fructosa

Resultado: se notó un decremento en la velocidad de carrera luego de 10 km. en el caso del agua, cosa que no ocurrió con las soluciones de HC<sup>39</sup>.

Los tiempos que se obtuvieron fueron los siguientes:

Bebida	Tiempo en minutos
Agua	129.3
Glucosa	124.8
Fructosa	125.9

- Owen publicó un estudio en el año 1986 en la revista Medicine Science of Sports exercise donde afirmaba que la ingestión de bebidas con hidratos de carbono durante el ejercicio puede mejorar la performance, pero sin embargo debido a su alta osmolalidad estas soluciones podrían vaciarse del estómago más lentamente que el agua. Concluye diciendo que dichas bebidas podrían ser menos efectivas para minimizar la deshidratación y la hipertermia que acompaña al ejercicio en el calor<sup>40</sup>.

- En el laboratorio de Rendimiento Humano de la Universidad de Carolina del Este, en EEUU, Hickey M. S. y Costill D. L. realizaron un estudio para determinar la influencia de bebidas carbonatadas y no carbonatadas.

8 corredores competitivos de género masculino completaron 3 series de 2 horas de carrera en tapiz rodante al 60 % de su  $\text{VO}_2$  max. en un ambiente de 30° C y con un 40 % de humedad

Las bebidas que se utilizaron:

8 % HC no carbonatada

8 % HC levemente carbonatada

0 % HC agua

Concluyeron en que el consumo de bebidas levemente carbonatadas no parece influir significativamente en la respuesta fisiológica durante el ejercicio prolongado realizado en ambientes calurosos<sup>41</sup>.

- En el Instituto de Investigaciones de la Fuerza Armada Norteamericana, Neuffer estudió las variaciones del vaciado gástrico durante la carrera y la caminata. Este último sostiene que el vaciado gástrico se incrementó durante la carrera (50 % - 70 % del  $\text{VO}_2$  max.) comparado con el estado de reposo.

Para examinar las características del vaciado gástrico de agua durante un ejercicio en un tapiz rodante se necesitó contar con 10 hombres que ingirieron 400 ml. de agua antes de realizar cada una de las series de 15' de ejercicio. Tres series de ejercicio de caminata fueron realizados al 28%, 41% y 56% del  $\text{VO}_2$  máx. En otra oportunidad, también tres series fueron realizadas, pero esta vez corriendo al 57%, 65% y 56% del  $\text{VO}_2$  máx.

El vaciado gástrico fue incrementando durante la carrera en todas las intensidades excepto al 75 % del  $\text{VO}_2$  max. donde este decreció.

El estudio demostró que el vaciado gástrico se incremento durante el ejercicio moderado (28 % a 65 % del  $\text{VO}_2$  max.). Sin embargo decreció a altas intensidades. Este incremento observado durante el ejercicio a intensidades moderadas puede que este relacionado con el incremento de la presión intragástrica como consecuencia de la actividad contractil de los músculos abdominales<sup>42</sup>.

- Costill realizó un estudio donde intento demostrar la capacidad del organismo para minimizar los electrolitos perdidos durante agudas y repetidas series de ejercicios que indujeron a la deshidratación.

Además afirma que la pérdida de iones por sudor y por la orina tiene poco efecto sobre los contenidos de potasio.

Por otro lado sostiene que en general, parece ser que el gran sudor perdido durante los entrenamientos y las competiciones son adecuadamente bien tolerados por los atletas, ya que las calorías ingresadas en la dieta y las conservaciones renales de sodio minimizarían la amenaza de deshidratación o mejor dicho el déficit de electrolitos durante el ejercicio<sup>43</sup>.

- En un estudio realizado por Wilmore J H y otros en la Universidad del Oeste de Australia y publicado por la revista Medicine and Science of Sports Exercise el autor se propuso determinar la relación entre la preferencia de una bebida saboreada y otra no saboreada durante 90' de carrera al 60% del VO<sub>2</sub> max. a una temperatura ambiente de 30° C y a una humedad del 50%. Las bebidas preparadas por el laboratorio fueron:

6% de hidratos de carbono y electrolitos

8% de hidratos de carbono y electrolitos

Agua

- *Sujetos:* 15 hombres corredores entrenados de edades comprendidas entre los 18 y 40 años.
- *Resultados:* no se encontraron diferencias significativas ni en la temperatura rectal, ni en la hipertermia al ejercicio, como así tampoco en la función cardiovascular.  
Los sujetos consumieron entre un 54% y un 59% más de las bebidas con HC que la de agua.
- *Conclusión:* el gusto de las bebidas es importante para la reposición de fluidos<sup>44</sup>.

- Coyle publicó un artículo en la revista Medicine and Science of Sports Exercise donde afirma que la ingestión de aproximadamente 30 a 60 gr. de HC durante cada hora de ejercicio es suficiente para mantener la glucosa sanguínea y retrasar la fatiga. Sostiene también que soluciones de HC de hasta el 8% no tienen efectos significativos adversos sobre el vaciado gástrico. Nos hace saber que los ciclistas en

competiciones intensivas de 2 horas en ambientes calurosos pierden 1400ml.h<sup>-1</sup> y que muchos beben solo 500 ml.h<sup>-1</sup> por lo cual se deshidratan a razón de 500 a 1000 ml.h<sup>-1</sup><sup>45</sup>.

- Murray publicó un review en la revista Sports Medicine en el que entre otras cosas dice que:
  - Las bebidas deportivas comerciales contienen entre un 4% y un 8% de HC (glucosa, fructuosa, sacarosa, maltosa) y pequeñas cantidades de electrolitos (sodio, potasio).
  - Su eficacia ha sido cuestionada durante años ya que podía llegar a inhibir el vaciado gástrico y la absorción de fluidos durante el ejercicio.
  - Durante el reposo el VG es inhibido por aquellas soluciones que contienen calorías tanto en forma independiente como provenientes de una forma nutricional por lo tanto el agua se vacía del estómago más rápidamente que dichas bebidas
  - Durante el ejercicio moderado (hasta el 75% del VO<sub>2</sub> max.) el vaciado gástrico se produce a un rango similar.
  - Durante el ejercicio prolongado las soluciones que contienen hasta el 10% de HC se vacían a un rango similar al agua.Concluye afirmando que se justifica desde el punto de vista fisiológico incluir HC hasta el 8% en ejercicios prolongados<sup>46</sup>.
  
- En 1993 la revista Sports Medicine publicó un review de Burke, este último afirma que:
  - Los suplementos nutricionales son muy utilizados por los atletas y que varían de acuerdo al deporte practicado. Uno de los más comunes son las bebidas deportivas comerciales.
  - Los estudios científicos sobre la eficacia de dichas bebidas han cambiado sus hipótesis en los últimos 20 años. Al principio, no se recomendaban pero luego se demostró que 5% a 10% de HC no retrasaban el vaciado gástrico.
  - La óptima concentración de electrolitos, particularmente de sodio permanece aún desconocida.
  - La mayoría de las bebidas suministran un bajo nivel de sodio 10 a 20 mmol /l. Se supone que el sodio promueve la absorción de los fluidos<sup>47</sup>.
  
- En 1986 la revista Sports Medicine publicó un review de Lamb, quien sostiene que:

- En la mayoría de los atletas no se justifica el suministro de electrolitos en las bebidas para reponer líquidos.
  - La ingestión de agua 30' a 60' antes del ejercicio parece beneficiar la regulación de la temperatura corporal, y la homeostasis cardiovascular siempre que el ejercicio sea moderado intenso (50% a 65% del  $\text{VO}_2$  max.). Pero probablemente tenga poco efecto a más altas intensidades.
  - Si las soluciones de glucosa son tomadas 15' a 45' antes de un ejercicio prolongado, ellas probablemente causen una caída en la glucosa sanguínea durante el ejercicio y afecten adversamente la performance.
  - Dicho efecto adverso no ocurriría si se ingiriera fructosa antes del ejercicio.
  - Si la glucosa o bien polímeros de glucosa son ingeridos 5' antes del ejercicio prolongado parecería ser útil para aumentar la performance.
  - En menos de 30' de ejercicio no parecería tener efectos positivos<sup>48</sup>.
- 
- Costill y Saltin publicaron un estudio en una revista científica, donde afirmaron que sus estudios de absorción de líquidos demostraron que los líquidos fríos (5° C) se vacían del estómago a un ritmo significativamente mayor que los líquidos a la temperatura del cuerpo<sup>49</sup>.
  - Sería sabio consumir 400 a 600 ml de agua fría 10 a 20 minutos antes del ejercicio en ambientes calurosos y durante este, un volumen de 250 ml ingerido de a intervalos de 10' a 15' sostiene Mc Ardle<sup>4</sup>, porque las investigaciones realizadas por Miroff y Nadel sobre la ingestión de agua extra o la hiper-hidratación antes del ejercicio en ambientes calurosos proporciona protección por que demora el desarrollo de la deshidratación, aumenta la transpiración durante el ejercicio y ocasiona un menor un menor aumento de la temperatura interna<sup>50 51</sup>.
  - El propósito de este estudio realizado por coyle fue determinar si el retraso de la fatiga en sujetos que ingirieron hidratos de carbono durante en ejercicio físico prolongado extenuante está relacionado con vaciamiento del glucógeno muscular. Para ello 7 ciclistas de endurance altamente entrenados pedalearon al 71 % del  $\text{VO}_2$  max. hasta fatigarse mientras

ingirieron una solución de agua saboreada (placebo) durante una etapa, mientras que en otra oportunidad ingirieron una solución de un polímero de glucosa (20 gr./kg. a los 20' y 0,4 gr./kg. cada 20')

La fatiga durante la etapa de placebo ocurrió después de 3.02 horas y fue precedido por una declinación de glucosa en plasma de 2,5mM, en cambio con el suministro de hidratos de carbono se obtuvieron valores de glucosa en plasma en una concentración de (4,2-5,2mM) y lo más relevante es que la fatiga tardó una hora más en aparecer 4,02 horas

Coyle y su equipo concluyeron afirmando que el suministro de hidratos de carbono en atletas de endurance altamente entrenados pospone la aparición de la fatiga en ejercicios aeróbicos intensos de larga duración<sup>52</sup>.

- Este estudio fue llevado a cabo por Coyle para determinar si el suministro de hidratos de carbono durante el ejercicio puede retrasar la fatiga. Para ello se contó con 10 ciclistas entrenados, que pedalearon a una intensidad correspondiente al 74 +/- 2% del VO<sub>2</sub> max. Los sujetos ingirieron una solución con un polímero de glucosa 20 minutos antes de la prueba, durante la otra prueba ingirieron un placebo. La concentración de glucosa en sangre fue 20-40% más alta durante el ejercicio luego de la ingestión de HC que durante la prueba en la cual bebieron placebo. Los tiempos obtenidos fueron los siguientes:

Bebida	Tiempo en minutos
Placebo	157
Glucosa	134

Coyle y sus colaboradores concluyeron sosteniendo que con la ingestión de HC la fatiga fue retrasada en 7 de los 10 atletas que realizaron las pruebas<sup>53</sup>.

- Estudios realizados por, Nicholas, C., Williams, C., Lakomy, H. y otros (1995) aseguran que tomando una solución de CHO, que suponga el 6,9 % de fluido, y electrolitos mejora la capacidad de rendimiento durante pruebas de ejercicio intermitente prolongado, mientras que, Coyle, E. y Montain, S. (1992), comprueban que la ingesta de 30 - 60 gr. de CHO durante cada

hora de ejercicio es suficiente, generalmente, para mantener la oxidación de glucosa en sangre, retrasando la fatiga. Debiendo existir, en los fluidos, la cantidad adecuada de CHO, cercana al 8%. Entre estos dos autores aparece Gisolfi, C. y Duchman, S. (1992), indicando que los valores más adecuados son 6 a 8%, aunque especifica que solo serán eficaces en eventos de más de 1 h. Del mismo modo, la ingesta en una proporción de 5,5% aumenta la concentración de glucosa en sangre a los 20 min. (Tsintzas, O., Williams, C., Wilson, W. y otros, 1996).

- Dentro de los carbohidratos que podemos añadir a los líquidos de reposición, se utilizan diferentes tipos. En este sentido, Burke, L. y Leer, R. (1993), aclaran que las soluciones de CHO debe estar de 5 a 10%, ya sea glucosa, polímeros de glucosa (maltodextrina) u otros azúcares simples. Todos ellos presentan características de vaciados gástricos convenientes. Si los CHO, según Mudambo, K., Leese, G. y Rennie, M. (1997), provienen de la dextrosa se consigue mejorar la caída de glucosa en sangre, con niveles más interesantes que si tomamos fructosa o solo agua, además la pérdida de peso es menor, disminuyendo la fatiga y la evaluación del ejercicio percibido.

Cuadro 6: Cantidades máximas de CHO/litro. (Leibar, X. y Terrados, N., 1994) Fuentes CHO Cantidad máxima de CHO/lit. (para no llegar a hiperosmolaridad)

**Cuadro 6: Cantidades máximas de CHO/litro. (Leibar, X. y Terrados, N., 1994)**

Fuentes CHO	Cantidad máxima de CHO/lit. (para no llegar a hiperosmolaridad)
Glucosa	55 grs.
Fructosa	55 grs.
Sucrosa	100 grs.
Maltosa	100 grs.
Maltodextrina	100 grs.
Almidón Soluble	100 grs.

- Solo encontramos unos autores, Hickey, M., Costill, D. y Trappe, S. (1994), que indican que no se encuentran diferencias en las concentraciones de electrolitos, en los fluidos, ni en las

respuestas termoregulatorias habiendo utilizados bebidas carbonatadas (8%), no carbonatadas y agua.

- En cuanto a la incorporación, a la composición de estas soluciones, de electrolitos las opiniones encontradas son diversas, destacando quienes consideran adecuados la ingesta de los electrolitos que se pierden, sodio, potasio, cloro, magnesio y calcio. (López, L., Witting de Penna, E., Bunger, U. y otros, 1994). También, entre estos, Bergeron, M. (1996), considera unos de los problemas que surgen por una pérdida excesiva de sodio son los calambres musculares. Debidos principalmente a unas pérdidas por sudor mayores a la ingesta realizada. Por ello, la aportación de este mineral en la dieta nos ayuda a solucionar el problema. Gisolfi, C. y Duchman, S. (1992), proponen la ingesta de 10 a 20 mEq de Sodio en eventos de 1 a 3 h y un aumento de 20 a 30 mEq Sodio, con eventos de más de 3 h.
- Otro grupo de autores considera fundamental para una rehidratación mantenida incluso hasta después de la prueba las bebidas deben tener niveles ligeramente altos de sodio (50 a 60 mmol/l) y un poco de potasio para reemplazar las pérdidas de sudor. (Maughan, R. y Noakes, T., 1991 y Maughan, R., Leiper, J. y Shirreffs, S., 1997).

Bebida	Osmolaridad	CHO g/l.	Tipo CHO	Na+ mEq/l.	K+ mEq/l.	Cl- mEq/l.
Isostar	296	73		24	4	12
Gatorade	349	62		23	3	14
Lucozade Sport	280	69		23	4	1
Pripps Energy	260	75		13	2	7
Coca Cola	650	105		3	0	1
WHO-ORS	331	20		90	20	80
Dioralyte	240	16		60	20	60
Aquasport		80	S	39	7	
Body Fuel 450		45	MD	16	2	
Chance		80	MD, F, S	26	7	
Exceed		70	MD, F	10	5	
Gooklnald ERG		50	G	16	10	
Max		75	MD, F	0	0	
Recharge		76	F, G	5	10	

## EXPOSICIÓN DE LOS RESULTADOS

Entre los años 70' y 80' hubo apoyo teórico internacional hacia la hipótesis de que las bebidas deportivas comerciales comprometían el vaciado gástrico (retrasando de ese modo la rehidratación) durante el ejercicio, por lo cual se aconsejaba la ingestión de agua en las actividades aeróbicas intensas de larga duración.

Eso se demuestra en el siguiente gráfico donde todos los autores estaban de acuerdo con que las bebidas con HC comprometían el vaciado gástrico, con lo cual la rehidratación no se producía

Investigaciones	Fecha	Origen	Mejor vaciado Gastrico
Appl. Physiol	1974	USA	Con la ingesta de agua
Res Q	1978	USA	Con la ingesta de agua
Res Q	1971	USA	Con la ingesta de agua

Desde los años 80' hasta la fecha se planteó un gran debate sobre la veracidad de dichas hipótesis. Donde casi la totalidad de los autores coinciden en que las bebidas con hidratos de carbono al 6 % no comprometen el vaciado gástrico. Ver anexo II página 41

Investigaciones	Fecha	Vaciado Gástrico
Med Sports Exerc	1988	Sin diferencias entre agua e HC
Med Sci Sports Exerc	1986	Sin diferencias entre agua e HC
A J Clin Nutr	1988	Sin diferencias entre agua e HC
Eur J Appl Physiol	1988	Sin diferencias entre agua e HC
Int J Sports Med	1990	Sin diferencias entre agua e HC
A J Clin Nutr	1990	Sin diferencias entre agua e HC
Med Sci Sports Exerc	1989	Sin diferencias entre agua e HC
Int J Sports Nutr	1993	Sin diferencias entre agua e HC
Med Sci Sports Exerc	1994	Con la ingesta de agua
Med Sci Sports Exerc	1991	Sin diferencias entre agua e HC
Med Sci Sports Exerc	1989	Sin diferencias entre agua e HC
Int J Spotrns Nut	1992	Sin diferencias entre agua e HC
Med Sci Sports Exerc	1992	Sin diferencias entre agua e HC
Sports Med	1987	Sin diferencias entre agua e HC
Sports Med	1986	Sin diferencias entre agua e HC

En lo que concierne a la mejora de la performance el 69% de los autores coincide que sería lo más apropiado la ingesta de bebidas con HC. Ver anexo III página 42 por ello recomiendan a los entrenadores suministrar a sus atletas bebidas con hidratos de

carbóno al 6 %, ya que no solo no comprometen el vaciado gástrico sino que aumentan la performance.

Investigaciones	Fecha	Origen	Mejora de la Performance
A J Clin Nutr	1988	USA	Sin diferencias con la ingesta de agua o HC
Eur J Appl Physiol	1988	USA	Sin diferencias con la ingesta de agua o HC
Int J Sports Nut	1997	USA	Con la ingesta de HC
Int J Sports Nutr	1993	USA	Sin diferencias con la ingesta de agua o HC
Int J Sports Med	1997	Holanda	Con la ingesta de HC
Int J Sports Nut	1992	USA	Sin diferencias con la ingesta de agua o HC
J Sports Sci	1995	Inglaterra	Con la ingesta de HC
Int J Sports Nut	1997	USA	Con la ingesta de HC
Eur J Appl Physiol	1995	Inglaterra	Con la ingesta de HC
J Sports Med Physiol	1994	USA	Con la ingesta de HC
Eur J Appl Physiol	1990	Inglaterra	Con la ingesta de agua
Med Sci Sports Exerc	1992	USA	Con la ingesta de HC
Sports Med	1987	USA	Con la ingesta de HC
Sports Med	1986	USA	Con la ingesta de HC
J Appl Physiol	1986	USA	Con la ingesta de HC
J Appl Physiol	1983	USA	Con la ingesta de HC

## CONCLUSIÓN

Para empezar, comentaremos que la composición de estas bebidas es un tema aun abierto con multitud de trabajo, con importantes intereses comerciales, tanto en componentes y concentraciones.

Durante muchos años se sostuvo que:

- I. El consumo de bebidas que contenían > 2.5% de carbohidratos podía comprometer el vaciado gástrico y por ello incrementar el riesgo de deshidratación, enfermedades por calor o alteraciones estomacales.
- II. Las soluciones de maltosa (un polímero de glucosa) podían ofrecer una ventaja para el atleta debido ya que podía suministrar mas hidratos de carbóno sin comprometer el vaciado gástrico, esto fue pensado debido a la baja osmolaridad de esas soluciones<sup>54</sup>.

Sin embargo recientes estudios sugieren que esas suposiciones son incorrectas<sup>55 56</sup>.

Cuando se reduce el tiempo de vaciado gástrico, se presenta un gran problema, los fluidos contenidos en esa bebida demoran en pasar a los tejidos, con lo cual se retrasa la hidratación<sup>4</sup>.

Costill y Saltin fueron los primeros en demostrar que las bebidas con concentraciones de azúcares simples  $> 2,5$  se vaciaban del estómago más lentamente que el agua.

Estos resultados fueron confirmados por Coyle y otros quienes encontraron que una bebida comercial para deportistas tenía 4,5% de glucosa y fructuosa eran vaciadas del estómago más lentamente que un placebo de agua

Foster y otros encontraron que las soluciones que contenían grandes cantidades de hidratos de carbono se retrasaban el vaciado gástrico, pero que una solución del 5% de maltosa se vaciaba más rápido que la misma solución de glucosa. Por lo tanto sugerían que las soluciones de glucosa  $> 2,5$  % no deberían recomendar los entrenadores a los atletas durante competencias aeróbicas prolongadas especialmente en ambientes calurosos.

También aconsejaban utilizar maltosa en lugar de glucosa ya que repondría los fluidos más rápidamente, debido a su menor osmolaridad, es decir el vaciado gástrico sería más rápido.

Con el pasar de los años y en busca de la mejor bebida para reponer líquidos durante las competencias aeróbicas prolongadas, se comenzó a realizar muchos estudios con el objetivo de encontrar la fórmula ideal de bebida repositora de líquidos.

Neufer y Mitchell no encontraron diferencias significativas en el vaciado gástrico entre el agua y soluciones de hidratos de carbono entre el 5% y 7,5 % el estudio fue más que amplio ya que se realizaron pruebas con glucosa, fructuosa, sacarosa, y maltosa.

Con estos estudios la hipótesis sostenida en los años setenta empezaban a perder credibilidad, ya que tampoco encontraron diferencias apreciables Davis, Lamb, Burgerss, Reher y Brouns.

Davis y Jackson no solo no encontraron diferencias, sino que con bebidas al 6% de hidratos de carbono

encontraron beneficios en la performance retrasando la fatiga en ejercicios intermitentes de alta intensidad.

Más tarde Davis y Burgess recomendarían la utilización de soluciones con hidratos de carbono entre el 2,5 y 10% ya que aseguraban que dichas soluciones con los porcentajes de hidratos de carbono mencionados no retrasaban el vaciado gástrico y aumentaban la performance.

Cabe destacar que dichos estudios fueron realizados en distintos países del mundo, es más en distintos continentes, lo cual crea una tendencia al hecho que se va fortaleciendo la idea de ingerir bebidas con hidratos de carbono entre el 2,5 y 6 ó 7 % para aumentar el rendimiento deportivo

Los estudios fueron realizados con el método del D<sub>2</sub>O como marcador para establecer los niveles de vaciado gástrico. Está demostrado que dicho método que se viene utilizando últimamente es válido y fiable para realizar dicha medición durante los ejercicios aeróbicos prolongados.

De la entrevista realizada al Dr. Lentini, podemos resumir su apoyo total e incondicional a suministrar a los atletas bebidas isotónicas a los atletas durante las competencias de larga duración especialmente en días calurosos y húmedos. El doctor recomendó dichas bebidas con porcentajes de hidratos de carbono entre el 2,5 y 7 %.

Aunque el contenido de una óptima bebida deportiva aún se está debatiendo, parece ser que las bebidas con hidratos de carbono y electrolitos con concentraciones de carbohidratos entre el 2,5 y 7 % probablemente no se absorban más lentamente que el agua y por ello no comprometerían la reposición de fluidos.

Los HC con los componentes calóricos más importantes de estas soluciones, siendo sustancias osmóticamente activas, debiendo controlar las cantidades para evitar osmolaridades altas. Debiendo utilizarlos independientemente de la duración de la prueba, ya que, en las cantidades aconsejadas no tendrá consecuencias negativas. Se pueden aceptar concentraciones desde 40 hasta 100 gr./l., pero

la capacidad de oxidación completa nos limitaría a un máximo de 50 - 60 gr., con una solución del 6 al 8% de CHO en el agua.

Por otra parte estas bebidas ofrecen la ventaja de añadir hidratos de carbono durante el ejercicio prolongado intenso, lo cual según las investigaciones mencionadas incrementaría el rendimiento físico, debido a que mantienen los niveles de azúcar en sangre.

La presencia de bebidas carbonatadas tampoco parecerían comprometer el vaciado gástrico, ni producir alteraciones gástricas durante el ejercicio prologado, pero cabe mencionar que algunos investigadores advirtieron que ciertos atletas podrían sufrir malestar estomacal a causa de la efervescencia, con lo cual se debería evaluar si suministrar bebidas carbonatadas o no.

Por otro lado el uso de iguales concentraciones de maltosa que azucares simples no pareció suministrar ningún beneficio extra en términos de reposición de fluidos.

La inclusión de electrolitos y vitaminas es un tema muy discutido, aunque el uso de vitaminas, según los autores, es poco efectivo.

En cuanto a los electrolitos, debemos de partir de la idea que los deportistas realizan una dieta adecuada, en las que el aporte de sodio, principalmente, es el suficiente. En este caso no es demasiado eficiente la ingesta de estos minerales. Creando problemas de deshidratación en el caso de una ingesta excesiva, al aumentar la presión osmótica en las células. Además, el entrenamiento continuado produce la adaptación en el sujeto, por la que las pérdidas de Sodio se ven disminuidas, por lo que problemas como la hiponatremia son difíciles de observar.

La inclusión de iones de sodio, se vería avalada, por la ayuda al vaciado gástrico, absorción intestinal y mantiene el volumen de liquido extracelular estable. También podíamos considerarlo como preventivo, en pruebas de más de 3 horas, con una actividad física intensa y en un ambiente muy caluroso, donde se perderán ciertas cantidades, aunque poco importantes. En estos casos las cantidades no excederán de 10 a 25 mmol./l.

El resto de electrolitos como K y Mg, que se pierden en mayor o menor medida, no resultan imprescindibles.

Las condiciones de osmolaridad de la bebida deben ser similar a la del organismo, convirtiéndole en un aspecto fundamental, ya que si esta fuese superior provocaría el secuestro de agua desde todo el organismo hacia el tubo digestivo, para diluir el preparado, hasta llegar a la isosmolaridad y absorberse a la circulación. Por tanto, la osmolaridad está muy relacionada con el tiempo de absorción, aspecto muy importante en las actividades físicas. La osmolaridad dependerá de las concentraciones de la solución, con componentes como HC y electrolitos, encontrándonos dentro de los límites adecuados si cumplimos con las recomendaciones de concentración hemos realizado anteriormente.

Las características recomendadas debe modificarlas según aspectos como las condiciones climatológicas, la intensidad del ejercicio, o el principal objetivo a conseguir con la ingesta.

De esta forma, a mayor temperatura ambiental, la solución se debe desviar hacia un mayor aporte de agua, haciendo la solución más diluida, sin embargo, a más intensidad de ejercicio mayor concentración, dentro de los límites fisiológicos. Por último, si queremos hidratar principalmente, la concentración será menor, que si el objetivo es aportar nutrientes, donde la aportación de CHO será mayor, siendo la concentración más alta.

Para determinar la cantidad de reposición idónea debemos tener en cuenta el contenido del estómago que pasa al intestino varía entre 10 y 15 ml/Kg./h lo que supone un vaciado gástrico de 600 a 1000 ml/h. esta cantidad nos debe orientar sobre la cuantía de la reposición que evidentemente no podrá estar por encima del vaciado. También, en este sentido, debemos tener en cuenta que la ingesta de líquido deberá ser mayor a las posibles pérdidas, obligando a cumplirlo, intentando evitar la posible deshidratación por inhibición de los osmoreceptores, lo que no permitiría al sujeto sentir sed. Por otro lado, la cantidad no debe ser muy por encima de las necesidades para evitar el efecto contrario.

La frecuencia de ingesta idónea es alta, ya que se recomienda tomar líquidos en pequeñas cantidades. Su ingesta debería realizarse cada 15 - 20 min. Este aspecto estará muy relacionado con la osmolaridad de la concentración, aspecto tratado anteriormente.

Los mejores vaciados gástricos se producen para líquidos con temperaturas entre 10 y 15 °C, por lo que los líquidos deberán estar entre estos límites.

Debemos tener claro que los preparados que realicemos deben estar adaptados a un sujeto determinado, ya que depende de cada uno las pérdidas y necesidades de ingesta. De esta forma, lo más recomendable es la experimentación con este tipo de soluciones durante los entrenamientos, realizando evaluaciones de entrenamiento percibido, y si fuesen posible controles de peso para determinar las necesidades personales.

Los preparados comerciales, si nos inclinamos por su aplicación, presentan unas características determinadas. Destacando sus elevadas condiciones de osmolaridad, debido a la variedad y cantidades de componentes, por lo que sería conveniente diluirlas antes de su ingesta. Su uso es poco recomendable, ya que sus características están muy condicionadas por los aspectos comerciales, dirigiéndolas al mayor número posible de deportistas.

### **Necesidades de hidratación en deportes de equipo. Perspectivas futuras de investigación**

Como decíamos anteriormente la inmensa mayoría de los artículos revisados investigaban el tema desde el punto de vista y bajo las condiciones de los deportes individuales, generalmente con una duración elevada. Es de suponer que en estos deportes, como la maratón, ciclismo, ... este aspecto puede resultar fundamental, pero su aplicación en deportes de equipo, con unas características diferentes a las expuestas, puede ser interesante, sobre todo, a la hora de mantener un rendimiento deportivo constante a lo largo de la competición. Es sobre estos deportes en lo que queremos reflexionar sus necesidades y proponer, como línea de investigación futura, las características de los líquidos a emplear.

Entre los autores que tratan el tema desde el punto de vista de estos deportes encontramos a Burke, L. y Hawley, J. (1997), quienes consideran que las acciones principales se caracterizan por necesitar de esfuerzos máximos con intervalos de menor intensidad. Cada uno de estos deportes está asociados a unas pérdidas, y por tanto, a un impacto físico y mental diferentes. Este tipo de actividad posee unas características muy diferentes a los deportes individuales. Debemos tener en cuenta que el trabajo realizado es intermitente, por tanto, muy impredecible. Además, cada equipo posee diferentes características, haciendo que el grado de variabilidad entre equipos, incluso, entre los jugadores de un mismo equipo sea muy alto. Esto se traducirá, en una mayor

dificultad en anticipar las pérdidas en cada deportista. Por otro lado, los deportes de equipo favorecen la rehidratación, ya que dan mayor número de oportunidades de ingerir volúmenes adecuados de líquidos. Ryan, M. (1997), comprobó que el uso de soluciones hidroelectrolíticas con carbohidratos es interesante en estas actividades de esfuerzos intermitentes, de carácter moderado a altas intensidades.

Burke, L. (1997), siguiendo dentro de la idea anterior, expone aspectos interesantes, dentro de las condiciones ambientales, a la hora de considerar la posible deshidratación en deportes como el baloncesto. Nos indica que este tipo de actividades se realizan en ambientes calurosos, con temperaturas superiores a los 25 °C., en ocasiones, y humedad del 60%. Este aspecto puede agravarse por el tipo de uniformes deportivos que se suelen usar.

La principal vía de solución a este problema, Burke, L. (1997), la dirige hacia una comprensión por parte de los deportistas de sus necesidades de rehidratación, sugiriéndoles las pautas necesarias, teniendo en cuenta que tanto en los entrenamientos, como en la competición, la ingesta debe adaptarse a cada individuo.

Broad, E., Burke, L., Cox, G. y otros (1996), midieron las pérdidas de peso en el baloncesto de élite, así como controlaron la ingesta de líquidos durante la prueba. Las pérdidas no fueron tan altas como se podía esperar en pruebas en recintos cerrados, como era el caso. Las causas que determinaron fueron el uso individual de botellas de líquido, en algunos casos ingestaron varias, los cambios que se realizan en este deporte entre jugadores, permitiendo el descanso, la duración y número de paradas durante el juego y las propias características de los individuos. Todo ello muy a tener en cuenta para su aplicación.

En cuanto a las características de las soluciones a emplear, pienso, que no deben diferir mucho de las propuestas anteriormente para la aplicación en deportes de larga duración. Siendo la composición la misma, pudiéndose variar las cantidades, y por supuesto, adaptada a cada sujeto, rompiendo con el uso de una misma botella para todo el equipo, sin control de la ingesta de cada sujeto.

## Anexos:

### Anexo I

Id	Investigaciones	Fecha	Origen	Vaciado	Performance	Electrolitos	Carbonatadas	Observaciones
2	Appl. Physiol	1974	USA	a				
3	Res Q	1978	USA	a				
4	Res Q	1971	USA	a				
5	Med Sports Exerc	1988	USA	c				
6	Med Sci Sports Exerc	1986	USA	c				
7	A J Clin Nutr	1988	USA	c	c			
8	Eur J Appl Physiol	1988	USA	c	c			
9	Int J Sports Med	1990	Holanda	c				
10	Int J Sports Nut	1997	USA		b			
11	A J Clin Nutr	1990	USA	c				
12	Med Sci Sports Exerc	1989	USA	c				
13	Int J Sports Nutr	1991	USA				c	
14	Int J Sports Nutr	1993	USA	c	c			
15	Med Sci Sports Exerc	1994	Escocia	a				Al 2 % de glucosa no hubo diferencias en el vaciado a mayor % fue mas lento que con agua
16	Med Sci Sports Exerc	1991	USA	c				
17	Med Sci Sports Exerc	1989	USA	c				
18	Int J Sports Med	1997	Holanda		b			
20	Int J Sports Nut	1992	USA	c	c			
21	J Sports Sci	1995	Inglaterra		b			
22	Int J Sports Nut	1997	USA		b			Durante los primeros 13, 4 km no se notaron diferencias en la mejora de la performance
23	Eur J Appl Physiol	1995	Inglaterra		b			
24	J Sports Med Physiol	1994	USA		b			
25	Eur J Appl Physiol	1990	Inglaterra		a			
26	Int J Sports Nut	1994	USA				c	
28	Clin Sports Med	1984	USA			c		
29	Med Sci Sports Exerc	1998	Australia					El gusto de las bebidas es importante para la reposición de fluidos
30	Med Sci Sports Exerc	1992	USA	c	b			
31	Sports Med	1987	USA	c	b			
32	Sports Med	1986	USA	c	b			
33	J Appl Physiol	1986	USA		b			
34	J Appl Physiol	1983	USA		b			

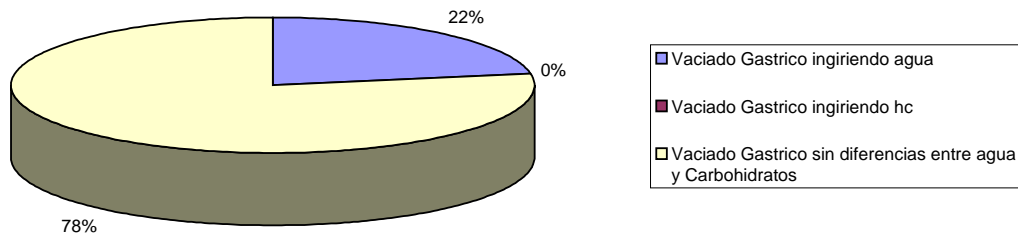
a: con la ingesta de agua  
 b: con la ingesta de HC  
 c: sin diferencias con la ingesta de agua o HC

#### Matriz de datos

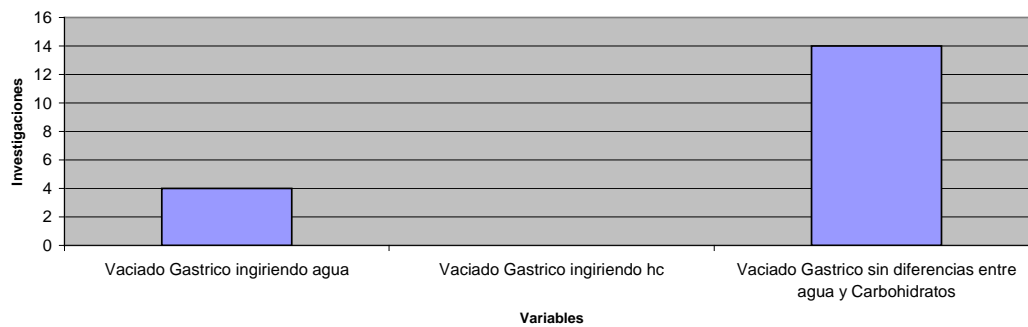
## Anexo II

	Investigaciones	Porcentajes
Vaciado Gastrico ingiriendo agua	4	22,22
Vaciado Gastrico ingiriendo hc	0	0,00
Vaciado Gastrico sin diferencias entre agua y Carbohidratos	14	77,78
<b>Total de</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>

Rapidez del vaciado gástrico ingiriendo agua o Hc en porcentajes

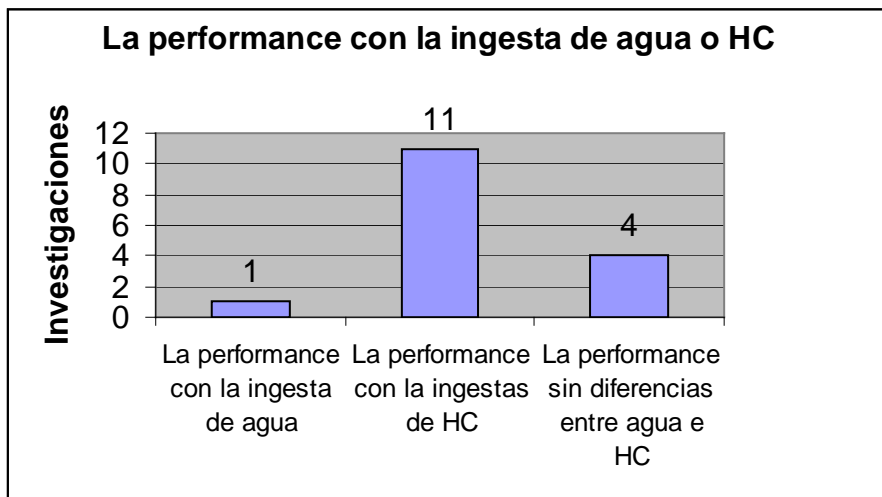
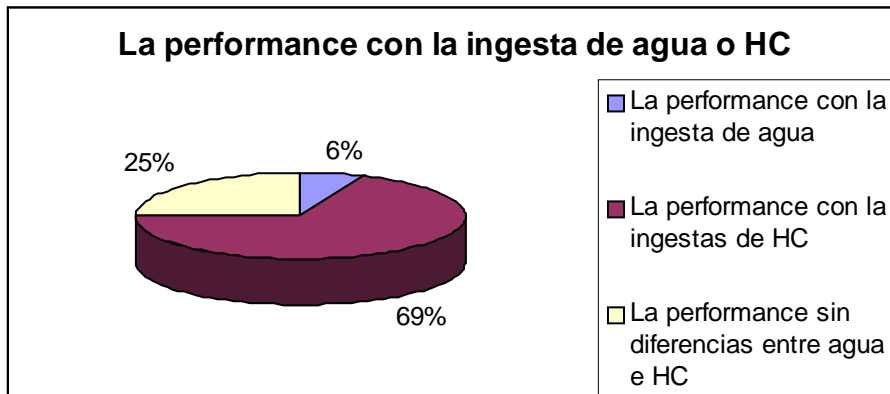


Rapidez del vaciado gastrico ingiriendo agua o hc



### Anexo III

	Investigaciones	Porcentajes
La performance con la ingesta de agua	1	6,25
La performance con la ingestas de HC	11	68,75
La performance sin diferencias entre agua e HC	4	25
	16	100



## **REFERENCIAS**

- <sup>1</sup> Lamb DR. Optimal use of fluids of varying formulations to minimise exercise-induced disturbances in homeostasis. *Sports Med* 1986;3:247-74
- <sup>2</sup> Lamb, D.R.: Optimal use of fluids of varying formulations to minimise exercise induce disturbances in homeostasis. *Sports Med* 1986. 3: 247-74.
- <sup>3</sup> Fisiología del deporte. Edward L. Fox Editorial Medica Panamericana 1987. 264.
- <sup>4</sup> Fisiología del ejercicio, nutrición energía y rendimiento humano Mc Ardle Editorial Alianza 1992. 479.
- <sup>5</sup> Sawka, M.N. Hypohydration and exercise :effects of heat acclimatisation, gender, and environment. *J. Appl. Physiol.*,55:1147,1983.
- <sup>6</sup> Nadel E.R. Effect of hydration state on circulatory and thermal regulation. *J.Appl.Physiol.*,49:751,1980.
- <sup>7</sup> Fortney, S.M. Effect of blood pressure on sweating rate and blood lipids in exercising humans *J. Appl. Physiol.*,51:1594,1981.
- <sup>8</sup> Claremont, A. D. et al.: Comparison of metabolic, temperature, heart rate and ventilatory responses to exercise at extreme ambient temperature (0 and 35° c). *Med Sci. Sports*, 7:150 1975.
- <sup>9</sup> Saltin, B.: Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J. Appl. Physiol.*, 19:1125,1964.
- <sup>10</sup> Claremont, A. D. et. al.: Heat tolerance following diuretic induced dehydration. *Med. Sci. Sports*, 8:239, 1976
- <sup>11</sup> Craig, F.N. y Cummings, E.G.: Dehydration and muscular work. *J. Appl. Physiol.* 21:670,1966.
- <sup>12</sup> Reher, N. J. et. Al.: Gastric emptying with repeated drinking during running and bicycling *Int. J. Sports Med* 1990 Jun;11(3)238-243
- <sup>13</sup> Adolph, E.F. : *Physiology of man in the desert.* Nueva York, interscience. 1947
- <sup>14</sup> Dill, D. B. et al.: Capacity of young males and females for running in desert heat. *Med. Sci. Sports*, 99:137,1977.
- <sup>15</sup> Morehouse L. E. *Fisiología del ejercicio.* Editorial El Ateneo, novena edición 177, 1986.
- <sup>16</sup> Sawka, M. N., et al.: Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in heat. *JAMA*, 252:1165, 1984.
- <sup>17</sup> Costill, D.L., Saltin et al.: Factors limiting gastric emptying during rest and exercise *J Appl. Physiol* 1974: 37, 679/83
- <sup>18</sup> Coyle, E.F., Cstill, D.L. et al.: Gastric emptying rates for selected athletic drinks. *Res Q* 1978; 49: 119-24.
- <sup>19</sup> Mitchell, J.B., Costill, D.L.: Effects or carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med Sports Exerc* 1988; 20: 110-5
- <sup>20</sup> Neufer, P., Costill D.L. et al.: Effects of exercise and carbohydrate composition on gastric. Emptying. *Med Sci Sport Exerc* 1986; 18: 658-62.
- <sup>21</sup> Davis, J. M. Lamb, D. R.: carbohydrate-electrolyte drinks effect on endurance cycling in warm environment. *A J Clin Nutr* 1988; 48: 1023-30
- <sup>22</sup> Davis, J. M., Burges, W. A.: Effects of ingesting 6% and 12% glucose / electrolyte beverages during prolonged intermittent cycling in the heat. *Eur J Appl Physiol*, 1988; 57 (5): 563-569
- <sup>23</sup> Reher, N. J., et. al.: Gastric emptying with repeated drinking running and bicycling. *Int J Sports Med* 1990 Jun;11(3): 238-43.
- <sup>24</sup> Davis, J. M., Jackson, D. A.: carbohydrate drinks delay fatigue intermittent, high intensity cycling in active men and women. *Int J Sport Nutr* 1997 Dec; 7(4): 246-73.
- <sup>25</sup> Davis, J. M., Burgess, W. A.: Fluid availability of sports drinks differing in carbohydrates type and concentration. *Am J Clin Nutr* 1990;81: 1054-7.
- <sup>26</sup> Mitcell, J. B., Costill, D. L.: Gastric emptying: influence of prolonged exercise and carbohydrate concentration. *Med Sci Sports Exerc* 1989 Jun; 21(3): 269-274.
- <sup>27</sup> Ryan, A. J., Navarre, A. E. et al.: Consumption of carbonated and concarbonated sports drinks during prolonged treadmill exercise in the heat. *Int J Sport Nutr* 1991 Sep; 1(3): 225-239.
- <sup>28</sup> Cole,K. J., Grandjean P. W. et al.: Effect of carbohydrate composition on fluid balance, gastric emptying, and exercise performance. *Int J Sport Nutr* 1993 Dec; 3(4) 408-17.

- <sup>29</sup> Vist, G. E. and Maughan, R. J.: Gastric emptying of ingested solutions in man: effect of beverage glucose concentration. *Med Sci Sports Exerc* 1994 Oct; 26(10):1269-73.
- <sup>30</sup> Houmard, J. L., Egan, P.C. et al.: Gastric emptying during 1-h of cycling and running at 75% VO<sub>2</sub> max. *Med Sci Sports Exerc* 1991 Mar; 23(3): 320-25.
- <sup>31</sup> Ryan, A. J., Bleiler, T. L. et al.: Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 1989 Feb; 21(1): 51-58.
- <sup>32</sup> Jeukendrup, A., Brouns, F. et al.: Carbohydrate electrolyte feedings improve 1-h time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 1997 Feb;18(2):125-129.
- <sup>33</sup> Robinson, T. A., Hawley, J. A. et al.: Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol* 1995; 71 (2-3): 153-60.
- <sup>34</sup> Zachwieja, J. J., Costill, D.L. et al.: The effects of carbonated carbohydrate drink on gastric emptying, gastrointestinal distress, and exercise performance. *Int J Sport Nutr* 1992 Sep 2(3): 239-50.
- <sup>35</sup> Nicholas, C. W., Williams C. et al.: Influence of ingesting a carbohydrate electrolyte solution on endurance capacity during intermittent high intensity shuttle running. *J Sports Sci* 1995 Ago; 13(4):283-90.
- <sup>36</sup> Millard-Stafford, M. et al.: Water versus Carbohydrate electrolytes ingestion before and during a 15-km run in the heat. *Int J Sport Nutr* 1997 Mar; 7(1): 26-38.
- <sup>37</sup> Tsintzas O.K., Williams C. Et. al. Influence of carbohydrate-electrolyte drinks on marathon running performance. *Eur J Appl Physiol* 1995; 70 (2):154-160
- <sup>38</sup> Bacharach D.W. et al. Carbohydrate drinks and cycling performance. *J Sports Med Phys Fitness* 1994 Jun ; 34(2):161-168.
- <sup>39</sup> Williams C., Nute M.G. et. al. Influence of fluid intake on endurance running performance. A comparison between water, glucose, and fructose solutions. *Eur J Appl Physiol* 1990;60(2) 112.
- <sup>40</sup> Owen M. D. Effects of ingesting carbohydrate beverages during exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 1986 Oct; 18(5): 568-575.
- <sup>41</sup> Hickey MS, Costill D.L. Drinking behavior and exercise thermal stress: role of drink carbonation. *Int J Sport Nutr* 1994 Mar; 4(1):8-21
- <sup>42</sup> Neuffer, P.D. et al.: Gastric emptying during walking and running: effects of varied exercise intensity. *Eur J Appl Physiol* 1989, 58(4): 440-445.
- <sup>43</sup> Costill, D.L. Water and electrolyte requirements during exercise. *Clin Sports Med* 1984 jul, 3(3):639-648.
- <sup>44</sup> Wilmore, J.L. et al.: Role of taste preference on fluid intake during and after 90 min of running at 60% of VO<sub>2</sub> máx. in the heat. *Med Sci Sports Exercise* 1998 apr. 30(4):587-595.
- <sup>45</sup> Coyle, E.F., Montain S.J.: Benefits of fluids replacement with carbohydrate during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992 Sep.,24(9 Suppl): S324-S330.
- <sup>46</sup> Murray, R.: The effects of consuming carbohydrate-electrolyte beverages on gastric emptying and fluid absorption during and following exercise. *Sports Med* 1987 Sep Oct 4(5).322-351.
- <sup>47</sup> Burke, L.M., Read, R. S.: Dietary supplements in sport. *Sports Med* 1993 jan 15(1):43-65.
- <sup>48</sup> Lamb, D.L., Brodowicz, G. R.: Optimal use of fluids of varying formulations to minimise exercise induced disturbances in homeostasis. *Sports Med* 1986 jul ago 3(4):247-274.
- <sup>49</sup> Costill, D.L., Saltin, B.: Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 1974, 37: 679.
- <sup>50</sup> Miroff, S. V. y Bass, D. E.: Effects of over hydration on man's physiological responses to work in the heat. *J Appl Physiol*, 1965 20: 267.
- <sup>51</sup> Nadel, E. R. et al.: Effect of hydration state on circulatory and thermal regulation. *J Appl Physiol* 1980, 49: 751.
- <sup>52</sup> Coyle, E. F. et al.: Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate.
- <sup>53</sup> Coyle, E.F. et. al.: Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue.
- <sup>54</sup> Foster C., Costill D.L. Fink W.J. Gastric emptying characteristics of glucose and glucose polymer solutions. *Res Q Exerc Sport* 1971;51:299-305.
- <sup>55</sup> Candas, V. et al.: Hydration during exercise. Effects of thermal and cardiovascular adjustments. *Eur J Appl Physiol* 1986;55: 113-122.
- <sup>56</sup> Owen M, Kregel K. Effect of carbohydrate ingestion on thermoregulation, gastric emptying and plasma volume during exercise in the heat. *Med Sci Sports exerc* 1986;18 568-75