



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS BARRAS Y BEBIDAS  
COMERCIALES PARA DEPORTISTAS

Trabajo Monográfico de Actualización  
Que para obtener el Título de:

QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA

presenta 296650

VERÓNICA GONZÁLEZ IZQUIERDO

México, D.F.

2001





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

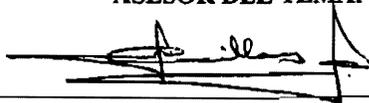
## **JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE:** PROFRA. ANGELA SOTELO LÓPEZ  
**VOCAL:** PROF. MIGUEL HERNÁNDEZ INFANTE  
**SECRETARIO:** PROF. FRANCISCO JAVIER CASILLAS GÓMEZ  
**1er. SUPLENTE:** PROF. FELIPE DE JESÚS RODRÍGUEZ PALACIOS  
**2do. SUPLENTE:** PROFRA. LETICIA GIL VIEYRA

### **SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA**

- \* DIVERSOS CENTROS DE INFORMACIÓN Y CONSULTA BIBLIOGRÁFICA DE INTERÉS.
- \* FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.

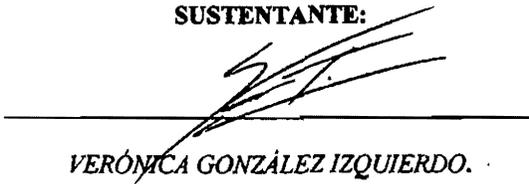
**ASESOR DEL TEMA:**



---

*M. en C. FRANCISCO JAVIER CASILLAS GÓMEZ*

**SUSTENTANTE:**



---

*VERÓNICA GONZÁLEZ IZQUIERDO.*

*Unas cuantas palabras:*

*Después de algunos años llenos de emoción y de vivencias, ha llegado el momento de compartir con todos ustedes, este trabajo que armoniza varios temas que me resultan fascinantes.*

*El deporte parece algo tan sencillo desde afuera, pero en realidad es bastante complejo ya que involucra al ser humano en todos aspectos hasta en los más profundos, siendo a la vez toda una ciencia y un arte. El cual exige mucho esfuerzo, sudor, mentalización y coraje, pero da mucho más a cambio.*

*Con mucho cariño dedico este trabajo:*

*A mis padres: Luz María Izquierdo Saavedra y Gonzalo González Krauss.*

*A mis latosísimos hermanos: Coco y Gonzza.*

*A las nenas presentes y a los nenes ausentes.*

*Los quiero mucho.*

*Así como a mis amigos, maestros, y a todos los seres que con su dedicación y valor en algún momento de mi vida me han enriquecido, motivado y hecho soñar.*

*Gracias Profesor Francisco Javier Casillas Gómez por brindarme de su tiempo, experiencia, paciencia y apoyo, finalmente ha llegado el momento cruzar la meta.*

*Agradezco a la Maestra Angela Sotelo López y al Maestro Miguel Hernández Infante, por su interés en la culminación de este trabajo así como en el haber compartido conmigo su tiempo y conocimientos.*

*Gracias todas aquellas empresas que me brindaron información para la realización de este trabajo.*

*Veraca G.I.  
26.02.01  
amp*

## ÍNDICE

	Página
<b>CAPITULO I</b> <b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPITULO II</b> <b>OBJETIVO</b>	5
<b>CAPITULO III</b> <b>GENERALIDADES</b>	
3.1 <b>Definición de Deporte</b>	6
3.2 <b>Tipos de Fibras Musculares</b>	8
3.3 <b>Bases Fisiológicas del Ejercicio</b>	11
3.4 <b>Principios Dietéticos de un Deportista</b>	19
3.5 <b>Aporte Hídrico</b>	40
3.6 <b>Regímenes Alimenticios Recomendados</b>	56
3.7 <b>La Fatiga en el Desempeño de una Actividad de Duración Prolongada</b>	70
<b>CAPITULO IV</b> <b>JUSTIFICACIÓN</b>	81
<b>CAPITULO V</b> <b>BEBIDAS COMERCIALES PARA DEPORTISTAS</b>	
5.1 <b>Bebidas para Deportistas</b>	94
5.2 <b>Disponibilidad de las Bebidas para Deportistas</b>	101
5.3 <b>Composición de las Bebidas para Deportistas</b>	110
5.4 <b>Función que Desempeñan los Ingredientes Adicionados a las Diferentes Marcas de Bebidas para Deportistas</b>	122
5.5 <b>Proceso de Fabricación de las Bebidas para Deportistas</b>	156

5.6	Formula Propuesta para una Bebida para Deportistas	162
<b>CAPITULO VI BARRAS PARA DEPORTISTAS</b>		
6.1	Barras para Deportistas	163
6.2	Composición de las Barras para Deportistas	164
6.3	Función que Desempeñan los Ingredientes Adicionados a las Diferentes Marcas de Barras para Deportistas	167
6.4	Proceso de Fabricación de las Barras para Deportistas	175
6.5	Formula Propuesta para una Barra para Deportistas	178
<b>CAPITULO VII CONCLUSIONES</b>		180
<b>CAPITULO VIII BIBLIOGRAFÍA</b>		185

## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1:	Características de las Fibras Musculares	9
Tabla 2:	Características Generales de los Sistemas Energéticos	12
Tabla 3:	Las Cuatro Áreas Definidas del Continuo Energético	17
Tabla 4	Consumo Diario Medio de Energía en Diversas Modalidades Deportivas de Alta Competición	22
Tabla 5:	Perdidas de Agua en el Ser Humano	44
Tabla 6:	Perdidas Importantes de Agua en un Deportista al Desempeñar su Actividad Física	45
Tabla 7:	Concentración de los Principales Electrolitos Presentes en el Sudor, Plasma y Líquido Intracelular (Músculo) Humanos	50
Tabla 8:	Porcentaje de Nutrimientos Requeridos por las Diferentes Modalidades Deportivas (Deporte de Alto Rendimiento).	62
Tabla 9:	Efectos de la Deshidratación (Manifestaciones por Disminución en Porcentaje de Peso Corporal).	83
Tabla 10	Comparación de las Diferentes Bebidas para Deportistas	111
Tabla 11:	Formula Propuesta para la Elaboración de una Bebida para Deportistas	162
Tabla 12	Comparación de las Diferentes Marcas de Barras para Deportistas	165
Tabla 13	Formula Propuesta para la Elaboración de una Barra para Deportistas	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1: Porcentaje de Agua de los Diferentes Órganos y Tejidos</b>	<b>42</b>
<b>Figura 2: Influencia de la Ingestión de Líquidos sobre la Función Cardíaca y la Temperatura Corporal, Durante el Desempeño de una Actividad Física</b>	<b>55</b>
<b>Figura 3: Deportes de Fuerza Porcentaje de Calorías Requeridas Provenientes de los Tres Nutrimientos Energéticos.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 4: Deportes de Potencia y Velocidad Porcentaje de Calorías Requeridas Provenientes de los Tres Nutrimientos Energéticos.</b>	<b>59</b>
<b>Figura 5: Deportes de Resistencia Porcentaje de Calorías Requeridas Provenientes de los Tres Nutrimientos Energéticos.</b>	<b>60</b>
<b>Figura 6: Deportes de Resistencia y Fuerza Porcentaje de Calorías Requeridas Provenientes de los Tres Nutrimientos Energéticos.</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Página
Diagrama 1: Tratamiento del Agua.	160
Diagrama 2: Proceso de Elaboración de las Bebidas para Deportistas.	161
Diagrama 3: Fabricación de las Barras para Deportistas.	177

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## I INTRODUCCIÓN

En México se carece de una cultura deportiva, por lo que los atletas se encuentran en muchas ocasiones ajenos a información, bibliografía sobre lo actual y a los avances que ocurren mundialmente en el campo de tecnología, medicina, nutriología, psicología, biomecánica, fisioterapia, metodología, programas y equipo de entrenamiento. Por lo que ignoran los grandes beneficios de la aplicación de estas áreas científicas en la práctica de su deporte. Así mismo gran parte de nuestros atletas carecen de los recursos y del apoyo económico para poder dedicarse al 100% a la práctica de su deporte. Siendo muy pocas las empresas que patrocinan a los atletas. A su vez en muchas ocasiones se carece de una infraestructura adecuada y/o son deficientes y riesgosas las áreas donde el deportista realiza su actividad física.

Los principales factores responsables para un desempeño atlético exitoso incluyen: un entrenamiento, una técnica y acondicionamientos adecuados, buenas prácticas nutricionales, talento natural, así como una actitud positiva y de ganador.

Debido a que la competencia atlética es intensa, y el margen entre ganar y perder es en muchas ocasiones extremadamente pequeño, al igual que los intereses en juego tanto personales como económicos son grandes, algunos atletas en su desesperación buscan soluciones rápidas para ganar alguna ventaja competitiva. A pesar de que no existen panaceas o garantías para un desempeño superior, algunos experimentan con sustancias y técnicas que pueden dañar su salud y afectar de manera negativa su rendimiento. Por lo

y frutas. De igual manera se encontró una elevada proporción de lípidos y proteínas en la dieta (hasta 22 g de proteína/kg de peso en tenistas y 18 g de proteína/kg de peso en los practicantes de atletismo) y un consumo excesivo de colesterol, ácido ascórbico y calcio para todos los deportistas. Resultando la dieta practicada por la mayoría de los atletas variada pero no equilibrada.(3)

En lo que se refiere al consumo de líquidos, éste resultó insuficiente tomando en cuenta las pérdidas hídricas por la actividad física, los hombres en promedio ingerían diariamente 1.9 L y las mujeres 1.4 L. Algunos acostumbraban tomar tabletas de sal para restituir las sales eliminadas por la sudoración, desconociendo dichos atletas que el consumo de este tipo de tabletas causa un mayor incremento en las necesidades de agua del organismo, lo cual propicia la deshidratación. (3,4)

En lo que respecta a las prácticas alimentarias previas a la competencia los tenistas incluían más hidratos de carbono en gran proporción los simples y en menor cantidad los complejos, las mujeres tenistas ingerían más proteína y el resto consumía una alimentación más ligera.

El 60% de los hombres y el 61% de las mujeres consumían suplementos vitamínicos principalmente de complejo B, seguido de los multivitamínicos con nutrientes inorgánicos y el 26% y 32% respectivamente incluían bebidas para deportistas, señalando como razones de consumo que aportaban energía y como complemento alimenticio (3).

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS**

## **II OBJETIVOS**

1. Proporcionar información básica sobre nutrición a los deportistas, con énfasis en la importancia de una hidratación adecuada sobre el desempeño de una actividad física
2. Dar a conocer la composición que deben tener las bebidas para deportistas y los beneficios que presenta la ingestión de este tipo de bebidas, así como una nueva alternativa de bebida de este tipo.
3. Mostrar la importancia de la selección de los alimentos tanto previos a una competencia como los que van a ser consumidos durante el desarrollo de la misma.
4. Proponer una formulación para el desarrollo de una barra para deportistas de origen nacional que cumpla con los requisitos energéticos y nutricionales indicados para satisfacer las necesidades del atleta, además de que sea práctica y de fácil manejo para su consumo.

**CAPÍTULO III**  
**GENERALIDADES**

### III GENERALIDADES

#### 3.1 DEFINICIÓN DE DEPORTE

El deporte es un reto, un vehículo para explorar los deseos y las ambiciones internas de uno mismo. Algunas personas se ejercitan con el fin de realizar una actividad saludable y de recreo; otros en cambio, realizan el deporte con la aspiración de figurar a los más altos niveles mundiales. Una vez que el reto ha sido aceptado, la responsabilidad de los deportistas recae en el compromiso de desarrollar el más alto nivel de su rendimiento. (8)

La palabra deporte tiene sus orígenes en el término francés “desport”, que significa diversión, por esta razón las definiciones de la misma son poco precisas. Por lo que resulta conveniente indicar cuales son sus principales características, para de esta manera llegar a una idea más precisa de lo que el deporte implica.

El deporte es:

- Artificioso.- ya que se somete a una serie de reglas fijadas arbitrariamente y aceptadas implícitamente.
- Competitivo.- el deporte hace que varios atletas compitan entre sí o contra una marca, individualmente o en equipo.
- Especializado.- debido a lo cual se subdivide en una multiplicidad de formas bien definidas. (9)

Los orígenes del deporte se remontan a la antigua Grecia y desde entonces fueron parte integral de la vida y de la cultura del hombre.

Se entiende como deporte de alto rendimiento a aquella forma de deporte practicada por sujetos especialmente dotados física, mental, afectivamente y con una coordinación motriz excelente con desempeños máximos en relación a las posibilidades potenciales del sujeto. En la mayoría de los deportes el entrenamiento de alto rendimiento comienza aproximadamente a los doce años y se caracteriza por: disciplina, mínimo diez horas de entrenamiento semanal, práctica en lugares especiales y con instructores altamente calificados.(3)

### 3.2 TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

Existen tres tipos de tejido muscular en el cuerpo humano: liso, cardíaco y esquelético.

La característica funcional más distinguida del músculo es su habilidad de transformar energía química (en forma de ATP) directamente en energía mecánica. (10)

Es importante comprender las funciones del músculo esquelético al considerar las demandas energéticas de la actividad física. El músculo esquelético constituye aproximadamente el 40% del peso corporal y tiene tres principales funciones: movimiento, producción de calor, soporte corporal (postura) y estabilización de ligamentos. (7,10) Diferentes tipos de fibras musculares integran al músculo esquelético (ver tabla 1), las cuales son las siguientes:

- \* De *contracción lenta*.- resistencia oxidativa, también clasificadas como fibras “rojas” debido a su alto contenido de mioglobina.

- \* De *contracción rápida (tipo A)*.- oxidativas, glucolíticas.

- \* De *contracción rápida (tipo B)*.- glucolítica, también llamadas fibras blancas

A pesar de que existen diferencias individuales en la distribución de estas fibras, su proporción permanece constante a lo largo de la vida. Siendo la distribución de estas fibras parcialmente responsables de crear a corredores de maratón de élite que nunca podrán correr al mismo nivel que un velocista de 100 m planos (11).

Tabla 1

**CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS MUSCULARES (11)**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CONTRACCIÓN LENTA</b>	<b>CONTRACCIÓN RÁPIDA TIPO A</b>	<b>CONTRACCIÓN RÁPIDA TIPO B</b>
<b>ASPECTOS ESTRUCTURALES</b>			
<i>Diámetro de la fibra muscular</i>	<i>Pequeño</i>	<i>Grande</i>	<i>Grande</i>
<i>Densidad de las mitocondrias</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Baja</i>
<i>Densidad de los capilares</i>	<i>Alta</i>	<i>Medía</i>	<i>Baja</i>
<i>Contenido de mioglobina</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>
<b>SUSTRATO DE ENERGÍA</b>			
<i>Reserva de fosfocreatina</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>
<i>Reservas de glucógeno</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>
<i>Reservas de triglicéridos</i>	<i>Alta</i>	<i>Medía</i>	<i>Baja</i>
<b>ASPECTOS ENZIMÁTICOS</b>			
<i>Actividad de enzimas glucolíticas</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>
<i>Actividad de enzimas oxidativas</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Baja</i>
<b>ASPECTOS FUNCIONALES</b>			
<i>Tiempo de contracción</i>	<i>Lento</i>	<i>Rápido</i>	<i>Rápido</i>
<i>Tiempo de relajación</i>	<i>Lento</i>	<i>Rápido</i>	<i>Rápido</i>
<i>Producción de fuerza</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>
<i>Resistencia a la fatiga</i>	<i>Alta</i>	<i>Baja</i>	<i>Baja</i>
<b>DISTRIBUCIÓN</b>			
<i>Atletas de resistencia</i>	<i>Alta (<math>\dot{\gamma} &gt; 60\%</math>)</i>	<i>Medía a alta (<math>\dot{\gamma} \pm 40\%</math>)</i>	<i>Baja (<math>\pm 10\%</math>)</i>
<i>Atletas velocistas, explosivos</i>	<i>Baja a media (<math>\dot{\gamma} &lt; 40</math>)</i>	<i>Medía a alta (<math>\dot{\gamma} \pm 30\%</math>)</i>	<i>Alta (<math>\dot{\gamma} \pm 30\%</math>)</i>
<i>Otros atletas, actividades no de resistencia</i>	<i>Medía (<math>\pm 50\%</math>)</i>	<i>Medía con distribución variable</i>	

\* Modificado de Fox, Bowers y Foss

La proporción de los tipos de fibras musculares es determinado en gran parte por la genética. El entrenamiento aeróbico mejorará la capacidad oxidativa de las fibras musculares de contracción lenta y ocasionará un cambio relativo en el tamaño de éstas. El entrenamiento no cambiará la composición total de las fibras musculares.(7,11)

La contracción y relajación muscular implica a los filamentos de actina y de miosina en las fibras musculares. Para que se produzcan dichos movimientos debe de haber presente ATP (trifosfato de adenosina). El ATP constituye el combustible para la contracción muscular, transporte activo de nutrimentos y la biosíntesis dentro del cuerpo humano.

El desarrollo de ejercicio físico de baja intensidad <50% del  $VO_2$ máx involucra principalmente a las fibras de *contracción lenta*. Estas pueden depender en amplio grado de los ácidos grasos como fuente de combustible. A medida que la intensidad del ejercicio aumenta, las fibras de contracción rápida de *tipo A* y *tipo B* son reclutadas gradualmente, lo cual conlleva a un mayor requerimiento de glucosa como combustible.(11)

El entrenamiento de resistencia (aeróbico) tiene el efecto de incrementar el número de mitocondrias por célula, aumentando las enzimas involucradas en la oxidación de ácidos grasos. Este tipo de entrenamiento ocasiona un incremento en la capacidad de resistencia mediante el acrecentamiento de la habilidad del atleta de quemar grasa como combustible (7, 11, 12)

### 3.3 BASES FISIOLÓGICAS DEL EJERCICIO

La práctica de una actividad física depende de la contracción de los músculos esqueléticos y la energía que alimenta estas contracciones es suministrada a través de una serie compleja de reacciones químicas en las células individuales de los músculos esqueléticos. La fuente inmediata simple, de esta energía química es el trifosfato de adenosina (ATP) (10). En la contracción el ATP, un compuesto de fosfato de elevada energía, es hidrolizado para producir difosfato de adenosina y fosfato. La ruptura de la unión terminal del ATP, libera energía que utiliza la fibra muscular para su contracción. (13, 14)

Puesto que en la fibra muscular sólo se mantienen concentraciones muy pequeñas de ATP, las contracciones musculares sostenidas o repetitivas dependen, de la resíntesis rápida del ATP. La energía para sostener esta resíntesis, es proporcionada a través de los procesos bioquímicos del metabolismo aeróbico y anaeróbico. El metabolismo aeróbico ocurre en presencia de oxígeno, mientras que los procesos anaeróbicos funcionan sin oxígeno (15) Existen tres series de reacciones químicas que llevan a la síntesis de ATP: la serie ATP-FC, la del ácido láctico y la del sistema del oxígeno (13). En la tabla 2 se muestran las características de cada uno de los sistemas energéticos.

Al comienzo del trabajo muscular, se usa rápidamente el aporte de ATP disponible. Una pequeña cantidad del ATP, puede sintetizarse de nuevo a expensas de otra fuente de fosfato de elevado contenido energético, el fosfato de creatina (FC). Pero en la fibra muscular se

Tabla 2

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS (11)

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA ATP-FC	SISTEMA DEL ÁCIDO LÁCTICO	SISTEMA DEL OXÍGENO
<b>NECESIDAD DE OXÍGENO:</b>	Anaeróbico	Anaeróbico	Aeróbico
<b>VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN DE ATP:</b>	Muy rápida	Rápida	Lenta
<b>FUENTE DE ENERGÍA:</b>	FC	Glucógeno (glucosa)	Glucógeno (glucosa) grasas, proteínas.
<b>CAPACIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE ATP:</b>	Muy limitada	Limitada	Ilimitada
<b>CAPACIDAD PARA RESISTENCIA:</b>	Baja	Baja	Alta
<b>PRODUCCIÓN DE POTENCIA:</b>	Muy alta	Alta	Moderada a baja
<b>* TIPOS DE ACTIVIDADES:</b>	Usado en actividades con producción explosiva de potencia.	Fuente principal para actividades que tienen una duración de 1 a 3 - 4 minutos.	Fuente para actividades de resistencia
<b>OTRAS:</b>	Reservas musculares limitadas.	Producto: ácido láctico (asociado con el comienzo de la fatiga muscular)	No hay subproductos que originan fatiga.

\* Para una actividad particular, uno o dos sistemas dominan como proveedores de energía. Los otros sistemas pueden continuar actuando también

mantienen solo cantidades ínfimas de FC (3 a 4 veces mayor que el reservorio de ATP, siendo las reservas musculares de ambos, de sólo unos 0.3 mol en las mujeres y de 0.6 moles en los varones); al comienzo de un ejercicio de intensidad elevada, los suministros disponibles de ATP y FC pueden vaciarse, teóricamente en escasos segundos (11). El almacenamiento de energía representado por el ATP y el FC es demasiado pequeño para sostener el ejercicio de resistencia, es decir, es muy escasa la capacidad del sistema ATP-FC (este sistema también es conocido como el sistema de los fosfágenos). Sin embargo, su potencia (velocidad de gasto de energía) es muy elevada y en consecuencia, el sistema ATP-FC es la fuente predominante de energía, para el ejercicio de intensidad elevada y corta duración. (15)

El ejercicio de intensidad elevada de duración moderada (30" a 3-4 minutos), es sostenido de modo predominante por un segundo proceso anaeróbico que resintetiza el ATP. Este proceso es la glucólisis anaeróbica (sistema del ácido láctico), que comprende la degradación de la glucosa y del glucógeno a ácido láctico en ausencia de oxígeno. Mientras que esfuerzos de más de cuatro minutos no son posibles sin oxígeno. (15,16)

El glucógeno es el principal polisacárido de reserva de las células animales; es un polisacárido ramificado de la D-glucosa. En la glucólisis las moléculas de glucosa se desprenden de la matriz de glucógeno y por la vía enzimática forman dos moléculas de ácido pirúvico cada una, al no haber oxígeno presente estas se convierten en ácido láctico. Este proceso de glucólisis libera una cantidad de energía de la molécula de glucosa suficiente para sintetizar de nuevo dos moléculas de ATP (14, 17). En la glucólisis anaeróbica, la velocidad de producción

de energía esta limitada por la velocidad máxima de las reacciones químicas individuales, que constituyen la totalidad del sistema, mientras que la cantidad total de energía liberada esta limitada por la cantidad de glucógeno disponible y por la resistencia del individuo al ácido láctico. Al acumularse ácido láctico en la célula muscular aparece acidosis hística y la consiguiente alteración fisiológica con la fatiga y el dolor como desenlace final. (11)

La fuente final de toda la energía que gasta el músculo esquelético es el metabolismo aerobio (15). El cual tiene lugar en la mitocondria, este conduce a la oxidación completa de los hidratos de carbono y de los ácidos grasos libres en dióxido de carbono y agua. La degradación aeróbica completa es la que proporciona mayor energía, es decir, por cada molécula de glucosa se obtienen 38 moléculas de ATP. (14)

En comparación con los procesos anaerobios, el ATP del metabolismo aerobio se caracteriza por una potencia relativamente baja, pero una capacidad mucho mayor. La cantidad de ATP que se puede producir esta limitada por el almacenamiento de glucógeno y a los ácidos grasos libres (11, 16). Cuanto más intenso sea el esfuerzo, la formación de energía tiene lugar principalmente a través de la descomposición aeróbica de glucógeno. Mientras que la oxidación de las grasas tendrá lugar cuanto menos intenso sea el ejercicio y mejor sea el entrenamiento de resistencia. (7, 11)

La potencia del sistema aeróbico esta limitada, por la velocidad con que el oxígeno puede alcanzar los tejidos activos por medio del sistema cardiorespiratorio. La potencia aeróbica máxima se expresa en términos de consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ). El mejoramiento

de la capacidad aeróbica a través del acondicionamiento refleja cambios en la aptitud del músculo para producir ATP. En estado de reposo se consume oxígeno a una velocidad de alrededor de 0.2 a 0.3 L/min; durante el ejercicio máximo la velocidad se incrementa a 3-6 L/min, lo que depende, entre otras cosas, de los factores hereditarios, el sexo, la edad y el grado de aptitud (11); estando claramente establecido que el  $VO_2$  máx depende en gran medida del peso corporal y de la masa corporal activa (17). Después de los 25 años, el  $VO_2$  máx disminuye aproximadamente en un 9% por década. Finalmente, el  $VO_2$  máx se ve reducido por condiciones del ambiente, tales como: la altitud y la contaminación del aire (16). El sistema metabólico aeróbico, se usa con preferencia en ejercicios de baja intensidad pero sostenidos. Cuanto mayor es la potencia aeróbica máxima ( $VO_2$  máximo), mayor es la velocidad a la cual puede realizarse el trabajo y más sostenido podrá ser este, a cualquier actividad submáxima.

La capacidad de cada uno de los sistemas energéticos para proveer la mayor proporción del ATP necesario para una actividad física determinada se relaciona con la clase específica de actividad que se desarrolla (7). Se dice que es posible advertir que lo que opera en las actividades físicas es un continuo energético, que relaciona la forma en la cual el ATP se vuelve disponible y el tipo de actividad física que se realiza. Cuanto más breve sea el tiempo de ejecución de una actividad física mayor será la potencia requerida por esa actividad física y más rápidos los requerimientos de energía. (11)

Aún cuando se ha establecido el tiempo de la actividad física como el criterio principal sobre el cual se basa el continuo energético, es necesario considerar otro factor cuando se trata de

atletas sin experiencia, siendo dicho factor la capacidad de trabajo. Lo anterior puede ser ejemplificado, para su mejor comprensión: un corredor de milla (1 milla = 1609 m) entrenado que corre 1 milla en 4 minutos puede tener un 65% y un 35% de energía aportada en forma aeróbica y anaeróbica respectivamente, en tanto que un “trotador” que puede correr la milla en 8 minutos puede tener, mientras desarrolla esta actividad, una contribución del 90% en forma aeróbica y 10% en forma anaeróbica. El tiempo de prueba está en verdad relacionado con las fuentes de energía, pero la capacidad de trabajo del atleta también es importante.

Aunque el concepto de continuo energético es de gran importancia para comprender las interacciones de los sistemas energéticos, el continuo energético en sí mismo no es fácil de aplicar a los diferentes deportes. Por lo que Bowers y Fox, elaboraron ciertas directrices para determinar con mayor facilidad el sistema o sistemas energéticos implicados en el desarrollo de la mayor parte de las actividades deportivas. El continuo energético de tiempos de prueba se pueden dividir en cuatro áreas, las cuales se muestran en la tabla 3. (11)

En actividades de duración más prolongada, otras variables se combinan con el  $VO_2$  máximo para determinar la tasa máxima a la cual puede realizarse el trabajo. Una de tales variables es el umbral anaeróbico. Durante el desarrollo de un ejercicio graduado se va produciendo ácido láctico según la intensidad del esfuerzo, el ácido láctico comienza a acumularse sólo después de que se ha alcanzado cierto porcentaje de  $VO_{2\text{máx}}$ . El término “umbral anaeróbico o umbral de lactato” se utiliza para describir el nivel de ejercicio al que el lactato en sangre alcanza valores superiores a 4 mM. Este punto se expresa la mayoría de las veces como un

Tabla 3

**CUATRO ÁREAS DEFINIDAS DEL CONTINUO ENERGÉTICO (11)**

ÁREA	TIEMPO DE LA PRUEBA	PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS QUE PARTICIPAN	EJEMPLOS DE TIPO DE ACTIVIDAD
1	<i>Menos de 30 segundos</i>	<i>ATP - FC</i>	<i>Lanzamiento de la bala, carrera de 100 m, swing del golf, prueba de natación 50 m, robo de base en el béisbol.</i>
2	<i>30 segundos a 1.30 min</i>	<i>ATP - FC y ácido láctico</i>	<i>Carreras de 200 y 400 m, prueba de natación 100 m.</i>
3	<i>1.30 min a 3 min</i>	<i>Ácido láctico y oxígeno</i>	<i>Carrera de 800 m, natación 200 m, asalto de boxeo.</i>
4	<i>Mayor de 3 min</i>	<i>Oxígeno</i>	<i>Carreras de pista, ciclismo, duatlón, triatlón, maratón, prueba de natación de 1500 m estilo libre, esquí. "cross country".</i>

porcentaje de potencia aeróbica máxima (17). El ejercicio más allá del umbral anaeróbico lleva a la acumulación de ácido láctico lo cual conduce a la fatiga, el ejercicio no puede continuarse por espacio de unos minutos con cargas de esfuerzo que requieran consumo de oxígeno a niveles por encima del umbral. Podrá continuarse el ejercicio durante este tiempo, si la intensidad de este es reducida, utilizándose entonces, los ácidos grasos como combustible principal. Según la hipótesis de “la lanzadera de lactato”, el lactato puede ser “lanzado” desde los músculos en actividad hacia otros tejidos, como los músculos inactivos, el hígado o el corazón, donde será utilizado como sustrato para obtener energía a través de la vía oxidativa en las células cardíacas, mientras que los músculos inactivos “almacenarían” lactato, disminuyendo las concentraciones de esta sustancia en la sangre y en los músculos activos. Siendo, a su vez utilizado en el hígado para la gluconeogénesis (13). Cuanto más alto es el umbral anaeróbico, más elevados son el  $VO_{2m\acute{a}x}$  y la carga de esfuerzo que puede sostenerse por más tiempo, por lo que el rendimiento en resistencia será más satisfactorio (18).

La eficiencia o la cantidad de oxígeno requerido durante un nivel de ejercicio determinado, constituye otro componente importante del rendimiento de resistencia. Por ejemplo, en dos corredores con el mismo  $VO_{2m\acute{a}x}$ , aquel que requiera menos oxígeno para correr al mismo ritmo estará utilizando menos de su  $VO_{2m\acute{a}x}$  y por consiguiente se fatigará menos. El corredor más eficiente es capaz de correr más rápido sin experimentar un mayor grado de fatiga. (11)

### 3.4 PRINCIPIOS DIETÉTICOS DE UN DEPORTISTA

Se ha comprobado que la practica de una alimentación adecuada ayuda a mejorar el rendimiento de los atletas. Hasta el momento no se conoce ningún alimento que por sí solo aporte todos los requerimientos nutricionales y energéticos necesarios para transformar a un modesto practicante en un campeón mundial. (2,8)

Los principios básicos de una alimentación recomendable son los mismos para todos los individuos, incluyendo a los atletas (19). Sin embargo, la ciencia de la nutriología en esta especialidad busca satisfacer el gasto energético necesario para el desarrollo de las diferentes actividades fisiológicas y de trabajo que efectúa el organismo. Así mismo, dependiendo la especificidad de cada especialidad deportiva, se requerirá cumplir con la demanda aumentada de ciertos nutrimentos que se ven comprometidos durante la realización del ejercicio durante entrenamientos y competencias. (1)

Una alimentación recomendable deberá ser:

- Equilibrada, es decir, brindar una proporción adecuada de todos los nutrimentos, los cuales son: agua, hidratos de carbono, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales. Siendo todos necesarios pero con requerimientos en diferentes proporciones.
- Variada, por el hecho de que ningún alimento por si solo podrá cubrir los requerimientos nutricionales que demanda el organismo. Siendo la combinación de diferentes alimentos la que cubra las necesidades nutritivas del organismo.

- Específica y/o adecuada para cada persona de acuerdo a sus características individuales: edad, sexo, estatura, peso, estado de salud, estado fisiológico, estructura, composición corporal, deporte, duración e intensidad del ejercicio, momento deportivo, temperatura y humedad ambiental, altitud y variabilidad genética individual (8). Del mismo modo han de considerarse tres fases importantes: si es dieta previa a la competencia, dieta durante el período de competencia o si es dieta posterior a la competencia.
- Completa, es decir, que se deben hacer varias comidas. (3)

Las necesidades energéticas del individuo, dependen de los siguientes factores:

- Metabolismo basal, este representa las necesidades mínimas de energía para vivir. (Energía requerida para: respirar, mantener la temperatura corporal, la función cardíaca y circulatoria, la actividad cerebral y renal). Este está relacionado con. el funcionamiento de la glándula tiroides , la edad, sexo y es mayor en quienes practican deporte debido al aumento de los procesos regenerativos (8). El ejercicio produce un aumento del daño tisular y celular, por otra parte, en los deportes de resistencia se degradan cantidades pequeñas de proteínas funcionales (en el hígado, tubo digestivo y músculo), debido a los sobreesfuerzos mecánicos y metabólicos (1). Así mismo, durante el desempeño de diversas actividades físicas intensas se presentan alteraciones fisiológicas que provocan hemólisis, la cual origina la aparición de un factor plasmático que estimula la formación de eritropoyetrina (20)
- Gasto debido al esfuerzo físico, este depende de la intensidad, duración y de las dimensiones de la masa muscular en acción. (11)

- ♦ Acción dinámica específica de los alimentos. La cual representa la energía necesaria para efectuar los procesos metabólicos para obtener los nutrimentos de los alimentos y así poder asimilarlos. Siendo esta de un 6% de la energía global para los hidratos de carbono, de un 4% de la energía global para los lípidos y de un 32% de la energía global para las proteínas.
- ♦ Reparación de los tejidos.

Los requerimientos energéticos de un deportista de alto nivel competitivo, generalmente fluctúan entre 3500 y 6500 kcal/día. Los deportistas que se encuentran en una fase avanzada del entrenamiento desarrollan un mejor grado de acción muscular y una mayor economía de metabolismo, con menos gasto cardíaco y respiratorio. Por lo que los requerimientos disminuyen y la dieta debe irse adaptando al curso del entrenamiento siempre bajo supervisión (21). En la tabla 4 se muestra la cantidad de energía que debe ser consumida de acuerdo a la actividad realizada por el sujeto de alta competición. (8)

Se recomienda que el régimen dietético para deportistas, en su generalidad, este conformado de la siguiente manera: el 12-15% de la energía necesaria deberá provenir de las proteínas, el 20-25% de las grasas y el 60-70% de los hidratos de carbono (4, 22), de los cuales el 70% sea suministrado por hidratos de carbono complejos y el 30% proporcionado por hidratos de carbono simples. El rango en los porcentajes, depende del deporte que se practique y de la fase de entrenamiento en la que se encuentre el atleta. (7)

Tabla 4

**CONSUMO DIARIO MEDIO DE ENERGÍA EN DIVERSAS MODALIDADES DEPORTIVAS DE ALTA COMPETICIÓN (8)**

<b>TIPO DE DEPORTE</b>	<b>EJEMPLOS</b>	<b>kcal/kg de peso corporal/día</b>
<i>De resistencia</i>	<i>Carreras de fondo, de medio fondo, triatlón, duatlón.</i>	79
<i>De resistencia con empleo de fuerza</i>	<i>Remo, patinaje de velocidad.</i>	74
<i>De fuerza y rapidez</i>	<i>Carreras cortas, patinaje artístico.</i>	66
<i>De fuerza</i>	<i>Levantamiento de pesas, lanzamiento de bala.</i>	62

\* Estos datos son aproximaciones y dependen de cierto número de factores. entre los que se encuentran el estado físico de la persona, su grado de aptitud y el grado de esfuerzo aproximado. Por ejemplo, un hombre que pesara 68 kg y que participa en un maratón gastaría 5372 kcal/día (más el 10% utilizado en la digestión).

Parte fundamental de los regímenes dietéticos para los atletas es la hidratación adecuada. El reemplazo de fluidos es prioritario, ya que tan solo la pérdida correspondiente al 2% del peso corporal afecta el desempeño físico y pérdidas mayores pueden representar un riesgo para la salud. (11, 23)

## **HIDRATOS DE CARBONO**

Los hidratos de carbono constituyen la fuente principal de energía para los músculos en actividad. Se prefieren como suministradores de energía sobre las grasas y las proteínas, debido a que su metabolismo es más eficiente y por lo tanto el suministro de energía es más rápido (24, 25). Estos proporcionan 4 kcal/g y existen en forma de monosacáridos (glucosa, fructosa y galactosa); como disacáridos (sacarosa, lactosa y maltosa); como oligosacáridos (compuestos de 3-10 monosacáridos, como lo son las maltodextrinas) y como polisacáridos (almidón). Los monosacáridos y los disacáridos (con excepción de la lactosa) son de rápida disponibilidad, mientras que los oligosacáridos y los polisacáridos asimilables son de disponibilidad a largo plazo. Cabe señalar que los hidratos de carbono son los nutrimentos más abundantes. (26)

Se recomienda que en la dieta de un deportista los hidratos de carbono aporten alrededor del 60-70% de las calorías totales, de acuerdo al deporte que se practique y a la etapa de entrenamiento en que se encuentre. Y que por lo menos el 70% de los porcentajes arriba señalados sean brindados por alimentos ricos en almidones, ya que dichos alimentos son buenas fuentes de vitaminas, minerales y fibra; a la vez que no son tan rápidamente

digeridos, por lo que no causan fluctuaciones en el nivel de glucosa de la sangre (27). Mientras que alrededor del 30% puede ser aportado por alimentos ricos en sacarosa e hidratos de carbono simples, ya que generalmente estos alimentos no proporcionan otros nutrimentos. (7)

Las dos principales sustancias que intervienen en el metabolismo de los hidratos de carbono son la glucosa y el glucógeno. La glucosa es el azúcar más importante que circula en la sangre, mientras que el glucógeno se almacena en el hígado y en el músculo esquelético, dichas reservas son limitadas; el depósito en el hígado es de alrededor de 80-100 g, mientras que el depósito en la musculatura esquelética es de alrededor de 300-400 g (1,13). El agotamiento de las reservas intramusculares de glucógeno parece desempeñar un papel importante en la fatiga muscular (11,13,27). Mediante un entrenamiento y una alimentación adecuados, es posible aumentar las reservas hasta unos 750 g (8). Esto es de gran importancia para mejorar el rendimiento del deportista, ya que será posible aumentar el tiempo durante el cual se puede mantener el esfuerzo mediante la combustión de hidratos de carbono.

La utilización del glucógeno muscular depende de la intensidad, la duración, la forma del ejercicio y la participación de diferentes grupos musculares. Es importante señalar que a esfuerzos del 81-90% de  $VO_{2\text{máx}}$  y del 81-90% de la frecuencia cardíaca máxima, los principales combustibles son el glucógeno y la glucosa. Este es el ritmo donde se compete con una mayor eficiencia. Al estado en el cual el combustible principal son los hidratos de

carbono se denomina esfuerzo anaerobio. Los esfuerzos del 91-100% del  $\text{VO}_2\text{máx}$  son completamente anaerobios. (18)

Es la glucosa de la sangre la que sirve como combustible metabólico para el músculo esquelético. Una parte de la glucosa suministrada al músculo por la sangre es convertida en glucógeno y almacenada en el interior del músculo. El consumo de la glucosa de la sangre por el músculo esquelético durante el reposo es muy pequeño, siendo reservado para las células nerviosas. Sin embargo, durante series prolongadas de ejercicios la captación de la glucosa de la sangre aumenta de manera sustancial y llega a representar hasta un 30-40% del total del combustible utilizado por el sistema del oxígeno durante el curso del ejercicio (11). El mantenimiento de un nivel adecuado de glucosa en sangre resulta esencial en todo momento debido a que la glucosa es la fuente de combustible para el cerebro y los eritrocitos. Existe algo de glucosa adicional disponible como resultado de la gluconeogénesis que ocurre en el hígado (1,28). El glucógeno almacenado en el músculo no puede aportar glucosa directamente a la sangre. Por el contrario, primero debe ser degradado a ácido láctico entonces este difunde a la sangre y es transportado al hígado. Donde puede ser transformado en glucosa y almacenado como glucógeno hepático o transferido a la sangre (11, 13). La ingestión de hidratos de carbono durante el ejercicio puede incrementar o mantener los niveles de glucosa en sangre y disminuir la utilización del glucógeno endógeno. (1, 2, 4, 7, 11)

## **LÍPIDOS**

Los lípidos son una fuente concentrada de energía suministrando 9 kcal/g, así mismo son elementos estructurales, participan en el desarrollo de las membranas celulares, como tejido adiposo dan protección mecánica a algunos órganos, aíslan al organismo del frío y del calor, aportan ácidos grasos esenciales. linoléico; son vehículos para las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), además ayudan en la absorción de estas; son necesarios para la síntesis de hormonas, del colesterol y de los ácidos biliares. Influyen en el mantenimiento de los lípidos en la sangre. Así mismo dan sensación de saciedad, textura a los alimentos, influyendo a su vez en la palatabilidad de estos. (26)

El grupo de lípidos incluye sustancias químicamente muy diferentes, pero todos ellos son prácticamente insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos. Los lípidos se pueden clasificar en grasas (triglicéridos) y en derivados muy variados y complejos, los lipoides. (8)

Las grasas son ésteres de ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos se clasifican por la longitud de su cadena y por el número de dobles enlaces (saturados e insaturados) En el reino vegetal abundan los ácidos grasos insaturados y en el reino animal los ácidos grasos saturados. (25, 26)

La forma utilizable de las grasas son los ácidos grasos, estos son almacenados en forma de triglicéridos. Encontrándose depósitos de triglicéridos en el tejido adiposo y en los músculos

esqueléticos. Además circulan por la sangre unidos a la albúmina. Existen dos formas principales de grasa disponibles como combustible para los músculos durante el ejercicio: los ácidos grasos libres transportados por la sangre desde el tejido adiposo y los triglicéridos almacenados en los músculos esqueléticos propiamente dichos. (11, 29)

Se recomienda que las grasas contribuyan con un 20-25% del aporte calórico total aportado por los alimentos, de acuerdo al deporte que se practique ( algunos deportes llegan a requerir hasta de un 36% de grasas) y la fase de entrenamiento en que se encuentre. Una excepción para esta estrategia de nutrición la constituyen aquellas situaciones en que el deportista necesita un gran aporte energético con un volumen de comida reducido, como sucede en el caso de los ciclistas que corren por etapas o el de los alpinistas (8). Se recomienda a la vez que menos del 10% del total de estas calorías sean aportadas por ácidos grasos saturados (mantequilla, lardo, aceite de coco) (30). Que menos del 10% de las calorías totales sean aportadas por ácidos grasos poliinsaturados (aceite de maíz, aceite de girasol, aceite de pescado). Y un 10% del total de las calorías sea aportado por ácidos grasos monoinsaturados (aceite de olivo). La distribución de los porcentajes mencionados se debe a que se ha descubierto que los ácidos grasos saturados ocasionan que aumenten los niveles de las lipoproteínas de baja densidad, mientras que los ácidos grasos monoinsaturados bajan los niveles de las lipoproteínas de baja densidad y aumentan los niveles de las lipoproteínas de alta densidad, mientras que los poliinsaturados bajan los niveles de colesterol, disminuyendo al mismo tiempo las lipoproteínas de alta y baja densidad. (El colesterol es transportado por las lipoproteínas, las lipoproteínas de baja densidad contienen mayor cantidad de colesterol,

mientras que las de alta densidad contienen menos colesterol y a su vez lo remueven del cuerpo) (4)

Durante el ejercicio físico se producen una serie de estímulos nerviosos, metabólicos y hormonales que llevan a un incremento en la utilización de ácidos grasos, por una parte y de movilización de los mismos por otra (1). Este proceso de transporte, captación y movilización de ácidos grasos libres, lo estimula la acción de las llamadas hormonas del sobreesfuerzo, adrenalina y noradrenalina, cuyas concentraciones aumentan durante el ejercicio, estimulando la lipólisis, mediante una disminución de la insulina circulante. La hormona del crecimiento también es responsable de la estimulación de la lipólisis. (1,13)

Al efectuar esfuerzos prolongados de poca a mediana intensidad, es decir, de un 55% hasta un 80% de  $VO_{2m\acute{a}x}$ , los ácidos grasos libres transportados por la sangre, así como las reservas musculares de triglicéridos constituyen una importante fuente de combustible para la producción de ATP (18)

Cabe señalar que cuando se realiza algún ejercicio de tipo aeróbico (ejercicio sostenido que requiere de un aporte continuo de oxígeno a los tejidos), durante los primeros minutos la utilización de la reserva de lípidos es prácticamente nula, pues el organismo emplea primero en forma exclusiva glucógeno; después aunque sigue utilizando glucógeno, empieza a movilizar pequeñas cantidades de ácidos grasos del tejido adiposo y solo más tarde utiliza en mayores porcentajes las grasas. (1, 11)

A medida que la intensidad del ejercicio aumenta de muy bajo (25%  $\text{VO}_2\text{máx}$ ) a moderado (65%  $\text{VO}_2\text{máx}$ ), la tasa de movilización de ácidos grasos del tejido adiposo a la sangre disminuye, mientras que la oxidación de grasas se incrementa debido al uso de los triglicéridos intramusculares (31). Al disminuir la concentración de estos dentro de las células musculares, se estimula la captación por éstas de ácidos grasos libres procedentes de la sangre. El aumento del flujo de sangre hacia el músculo es el primer paso para suministrar más ácidos grasos libres a las células musculares. (13)

La oxidación de los ácidos grasos conduce a la elevación del citrato, el cual en cierto momento inhibirá la actividad de la fosfofructocinasa retardando la glucogenolisis y la formación de lactato (32). La contribución de los ácidos grasos como fuente de energía disminuirá a la medida que se incrementa la intensidad del ejercicio, debido a que los ácidos grasos no pueden generar ATP anaeróbicamente (17). Los cuerpos cetónicos que se obtienen a partir de la oxidación incompleta de los ácidos grasos en el hígado, son captados por el corazón y el músculo desde la sangre para su oxidación final. (1)

El ejercicio de resistencia aumenta la facultad de los músculos para oxidar ácidos grasos. Conlleva a un incremento del tamaño y de la cantidad de las mitocondrias en los músculos entrenados, a una mayor densidad de capilares en el músculo esquelético, a concentraciones más altas de mioglobina y a una disminución en la distancia de difusión entre los capilares y el interior de las células musculares. (11, 32)

El consumo de ácidos grasos por los músculos que trabajan parece estar relacionado con la cantidad de ácidos grasos libres presentes en la sangre. Se ha demostrado que el aumento del nivel de ácidos grasos en sangre inducido por la dieta, acoplado con las reservas de glucógeno muscular normales, aumenta el rendimiento en las pruebas de resistencia. Debido a que se logra una economía en lo que respecta al uso del glucógeno muscular, demorando de esta manera la fatiga. (11, 13)

El inconveniente de las grasas, es el hecho de que utilizan más oxígeno que los hidratos de carbono para su combustión, (el coeficiente respiratorio de las grasas es de 0.7, mientras que el de los hidratos de carbono es de 1) (33) sin embargo, no representan mayor problema en los esfuerzos de poca a mediana intensidad, ya que se dispone de suficiente oxígeno. (11)

Para un atleta, la importancia del metabolismo de las grasas reside en que ahorra las reservas de hidratos de carbono. Las cuales estarán disponibles para cuando se presente un máximo requerimiento, en los momentos finales del esfuerzo (1, 11, 25)

## **PROTEÍNAS**

Las proteínas son macromoléculas siendo polímeros de aminoácidos (ácidos aminados). Siendo estos últimos los de importancia desde el punto de vista nutricional, pero son las proteínas los medios para adquirirlos (7)

Las proteínas constituyen el 50% del peso seco de las células, siendo las moléculas que desempeñan la mayor parte de las funciones de la célula (14). Entre las funciones desempeñadas por las proteínas tenemos: estructurales: de construcción, sustitución, reparación y recambio de tejidos; de catalizadores: las enzimas; de transporte: la hemoglobina y la mioglobina las cuales están involucradas en el transporte de oxígeno; de regulación: las hormonas (como lo es la insulina y la hormona del crecimiento, los esteroides son hormonas no proteicas); de protección: anticuerpos; de brindar energía mediante su oxidación, proporcionado 4 kcal/g. (26, 33)

Las proteínas están estructuradas por 20 aminoácidos en diferentes combinaciones y proporciones, de estos 8 son esenciales para el ser humano. Estos aminoácidos son: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina (8,10). Los aminoácidos son alfa amino, que a su vez puede tener otros grupos amino, la prolina y la hidroxiprolina son alfa iminoácidos. A excepción de la glicina los demás aminoácidos presentan un carbono asimétrico, por lo que existen en dos formas ópticamente activas: D y L isómeros. Siendo los de configuración L los aprovechables por el organismo humano.(33)

El valor nutritivo de una proteína depende de dos factores: de su contenido de aminoácidos esenciales y de su digestibilidad. Todos los aminoácidos esenciales deberán hallarse disponibles simultáneamente para poder efectuarse la síntesis de proteínas por el cuerpo. En principio las proteínas de origen animal tienen mayor valor biológico que las de origen vegetal. El valor biológico es una medida que nos indica que tan eficientemente la proteína

ingerida puede ser convertida en tejido corporal (8). Los alimentos se pueden suplementar y de esta forma incrementar su valor nutritivo. Como ejemplo de suplementación, se tiene la mezcla de las leguminosas con los cereales, siendo las primeras deficientes en metionina y las segundas deficientes en lisina. (26)

El requerimiento diario de proteínas para un adulto es de 0.5-1.0 g/kg de peso, dependiendo de la calidad de está. Con ello se logra un balance de nitrógeno (nitrógeno ingerido igual a nitrógeno eliminado). Ya que el requerimiento debe de cubrir las perdidas obligatorias (por la orina, por vía fecal, por la piel y por la menstruación en el caso de la mujeres), las perdidas ocasionadas por las tensiones, los tejidos en crecimiento, el embarazo y la lactancia. El monto de la pérdida obligatoria está relacionado con la cantidad de tejido metabólicamente activo. (34)

*El requerimiento de proteínas de un individuo depende de su consumo energético, su grado de entrenamiento y de la intensidad de su entrenamiento. El primer factor que afecta el requerimiento proteico es el consumo calórico. A cualquier consumo proteico, el incremento del consumo energético mejora la utilización de las proteínas. Al ser el consumo energético menor al requerimiento, se incrementa la degradación y pérdida de proteínas (3) El segundo factor que afecta el requerimiento proteico de una persona es el grado de entrenamiento o su condición física. El efecto del entrenamiento en las necesidades de proteínas parece ser transitoria. Inicialmente, las pérdidas de proteínas se incrementan con el entrenamiento, pero regresan a la normalidad después de la adaptación a un periodo de 5 a*

10 días. De hecho, el entrenamiento puede aumentar la eficiencia de la utilización de las proteínas. La implicación es que los individuos bien entrenados necesitan menos proteínas que aquellos que inician un programa de ejercicio. El tercer factor que afecta el requerimiento proteico es la intensidad del entrenamiento. Existe cierta discrepancia en la información respecto al efecto de la intensidad del ejercicio y el requerimiento proteico. Algunos datos muestran que las pérdidas de proteínas se incrementan con cargas de entrenamiento pesadas, mientras que otros investigadores han encontrado lo contrario. Esta discrepancia se puede deber a la elección del tiempo del estudio, la intensidad actual y malos controles dietéticos. Parece ser que a medida que la intensidad del ejercicio aumenta hacia un nivel anaeróbico, aumenta la degradación de las proteínas (debido al incremento del uso de los aminoácidos). (7)

El músculo esquelético ejercitante puede utilizar alanina, aspartato, glutamato, valina, leucina e isoleucina. La alanina es el único aminoácido liberado por el músculo de forma significativa, tanto en reposo, como durante el ejercicio. Aunque el músculo puede oxidar este aminoácido, su destino principal es como precursor gluconeogénico en el hígado. La mayoría de las investigaciones sugieren que los aminoácidos de cadena ramificada, son los aminoácidos principalmente metabolizados por el músculo esquelético. (13)

Estudios realizados con atletas de alto rendimiento demuestran que estos requieren de una ingestión mayor de proteínas, debido a que durante el ejercicio intenso, las proteínas son utilizadas junto con los hidratos de carbono y las grasas como suministradoras de energía.

Cuanta energía proveen las proteínas depende de la duración del ejercicio y de la reserva de glucógeno del atleta. En el desempeño de ejercicios con duración de más de dos horas y cuando las reservas de glucógeno se han agotado, las proteínas contribuyen hasta con un 15% de la energía requerida. Por lo que se sugiere que los atletas aumenten su consumo de proteínas en un 10-50% del requerimiento normal. El requerimiento proteico de los atletas de resistencia es mayor al requerimiento proteico de los atletas de fuerza. El entrenamiento con pesas parece mejorar la eficiencia de la utilización de las proteínas. (7)

Un consumo mayor de proteínas sobre las necesidades del cuerpo, no va a crear más músculo, las proteínas no pueden ser almacenadas para su uso posterior. El exceso de proteínas (aminoácidos) será descompuesto y almacenado como grasa o utilizado para proporcionar energía. Además dicho exceso hace trabajar extra al hígado y riñones, ya que deben de procesar el nitrógeno de más en urea, la cual es eliminada en la orina, lo cual requiere de más agua, pudiendo conducir esto a la deshidratación, también puede causar constipación (11, 21). Así mismo, el consumo excesivo de proteínas puede causar pérdidas de calcio, lo cual es de importancia particularmente para las mujeres y aquellos con riesgo de osteoporosis. (5)

Las proteínas deben de contribuir entre el 12 y 15% del aporte calórico total suministrado por los alimentos. Se recomienda que un tercio de estas calorías provengan de alimentos de origen animal y dos tercios de alimentos vegetales. Los principales suministradores de

proteínas son los huevos, la leche y sus derivados, la carne, el pescado. las leguminosas (20%), los cereales (10%), las patatas y los frutos secos. (2,4)

## **VITAMINAS**

Las vitaminas son moléculas orgánicas siendo nutrimentos, la mayor parte funcionan como elementos esenciales de coenzimas, se les considera indispensables, ya que el organismo no las puede sintetizar o las sintetiza pero en cantidades insuficientes, por lo que se requiere ingerirlas en la dieta diaria. Las vitaminas que puede sintetizar el hombre son la vitamina D, el ácido fólico, la biotina y la vitamina K, estas tres últimas son sintetizadas por la microflora bacteriana del intestino humano siendo directamente absorbidas a través de la pared del tracto digestivo. (11)

Las vitaminas se clasifican de acuerdo a su solubilidad en: liposolubles las cuales son solubles en grasa, a este grupo pertenecen las vitaminas A, D, E y K y en hidrosolubles, aquí se encuentran: la tiamina (B<sub>1</sub>), la riboflavina (B<sub>2</sub>), la piridoxina (B<sub>6</sub>), cianocobalamina (B<sub>12</sub>), la niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C). Las vitaminas hidrosolubles a diferencia de las liposolubles, no pueden ser almacenadas en el organismo y cualquier exceso de estas es eliminado en la orina. (4)

Se han realizado numerosas investigaciones para tratar de establecer los requerimientos de vitaminas y minerales en deportistas, sin embargo no se han obtenido resultados concluyentes, ni se ha logrado llegar a un consenso al respecto debido a la gran diversidad

de las estrategias metodológicas empleadas, por lo que es de importancia realizar más investigaciones al respecto utilizando diseños adecuados.

Los requerimientos vitamínicos de los deportistas equivalen a tres o cuatro veces los de una persona que no practica un deporte; la proporción dependerá de la intensidad, del tiempo dedicado al deporte y su estado de salud. El hecho anterior puede justificarse debido a que: las vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, C, ácido pantoténico y la biotina, están involucradas en el metabolismo energético de la mitocondria; mientras que el ácido fólico y la cianocobalamina están involucradas en la síntesis de DNA y en el desarrollo de los glóbulos rojos. Otro hecho es que las vitaminas E, C, beta caroteno (pro-vitamina A), B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, ácido pantoténico (B<sub>5</sub>) y el ácido p-aminobenzoico, son antioxidantes evitando la oxidación de sustancias y productos metabólicos, por lo que impiden la generación de radicales libres (moléculas altamente reactivas), los cuales lesionan células sanas, dificultando también el proceso de curación y de regeneración celular (1,35). El aumento de demanda energética que supone la actividad física implica necesariamente un incremento en el consumo de O<sub>2</sub>. Esto a su vez, va a condicionar una mayor formación de radicales libres derivados del oxígeno (como lo son el anión superóxido [O<sub>2</sub><sup>-</sup>] y el peróxido de hidrógeno [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]). Sin embargo, parece que los efectos de los radicales libres sólo se hacen patentes a partir de cierta intensidad de ejercicio, en relación al umbral anaeróbico. Es preciso señalar que durante el ejercicio se produce también una activación y mejora de los sistemas antioxidantes (13). Mientras que la irradiación solar, la contaminación, el humo de tabaco y las toxinas del medio ambiente contribuyen a la formación de radicales libres. (35)

Es importante señalar que al mismo tiempo que los requerimientos vitamínicos del deportista son mayores, lo es también el consumo de alimentos. El consumo de una buena dieta variada y equilibrada debe de ser suficiente para cubrir las demandas, por lo que no se requiere del uso de suplementos vitamínicos al llevar este tipo de alimentación, salvo en casos especiales (8,36). Los atletas que restringen su ingestión calórica (consumo menor a 2000 kcal/día), suelen presentar deficiencias de ácido fólico, piridoxina y de hierro; aquellos atletas que se encuentran bajo medicaciones, (anticonceptivos orales, antibióticos, analgésicos) deben de recurrir a la suplementación de acuerdo al medicamento, ya que estos interfieren con la absorción de vitaminas y minerales. Los atletas vegetarianos que no consumen carnes, leche y sus derivados, así como huevos, deben de reemplazar los nutrientes faltantes (cianocobalamina, vitamina D, zinc y selenio) (1,8,25). A grandes altitudes se puede requerir de suplemento de vitamina E, complejo B y vitamina C. (8,11)

## **MINERALES**

Los minerales son elementos inorgánicos indispensables ya que el organismo humano no los sintetiza. Estos se clasifican en: a) macroelementos siendo sus requerimientos diarios superiores a 100 mg, en este grupo se encuentran: el azufre, calcio, cloro, magnesio, fósforo, potasio y sodio. b) Microelementos, sus requerimientos diarios son inferiores a 100 mg, a este grupo pertenecen: el cromo, flúor, hierro, iodo, manganeso, molibdeno y el selenio. (8)

Los minerales cumplen diferentes funciones, como lo son las siguientes conservar la polaridad eléctrica de la membrana celular, mantener la presión osmótica de los fluidos celulares, amortiguadores del pH, para producir las señales nerviosas, como cofactores, en la composición del tejido óseo y de las piezas dentarias, son constituyentes de algunas macromoléculas, como antioxidantes. (1, 4, 8, 25)

Un aporte equilibrado de macro y microelementos es importante para el desarrollo óptimo de los procesos metabólicos, de la contracción muscular y de la respuesta nerviosa. Estos nutrimentos son perdidos a través de la transpiración, la defecación y la micción (7,8) Los requerimientos de un deportista son superiores a las de una persona que no practica deporte, debido a la sudoración, estudios realizados muestran que por cada litro se pierden de 2.7 a 3 gramos de sales minerales. Cuando exista una sudoración excesiva debe de haber consumo de mezcla de electrolitos. (8)

Una dieta adecuada cubre todos los requerimientos de estos nutrimentos, solamente en el caso del calcio y del hierro es justificable la suplementación. En el caso del calcio, existe evidencia de que el deporte puede incrementar la masa ósea y al mismo tiempo existe un mayor recambio de calcio en los huesos. En el caso de atletas estrictamente vegetarianos, puede haber deficiencia de calcio, debiéndose poner un mayor cuidado en el caso de las mujeres atletas que presentan irregularidades en su menstruación y/o mujeres que no se encuentra en edad fértil, debido a que esto las hace más susceptibles a fracturas óseas, existiendo a su vez un incremento en la posibilidad de padecer osteoporosis (37) En el caso

de las mujeres con alimentación vegetariana, se ha observado que existe una mayor excreción fecal de estrógenos (1). En cuanto al hierro se ha observado que los atletas bien entrenados presentan concentraciones de hemoglobina en el límite inferior del intervalo normal, lo cual ha llevado al incremento de la llamada anemia del deportista. Una explicación a lo anterior es que en los atletas existe un mayor incremento en el volumen del plasma que en la masa de eritrocitos, lo que lleva a una disminución de la concentración de hemoglobina. De hecho, la disponibilidad de oxígeno por unidad de volumen de sangre se ve incrementado en los atletas, debido al aumento en la concentración de difosfoglicerato en los eritrocitos. La hemólisis ocurrida debido al estrés fisiológico (golpeteo) y/o las pérdidas gastrointestinales también justifican dicha suplementación (1, 7, 11,20 ,37). También se ha llegado a determinar a partir de revisiones de la información publicada acerca de la deficiencias de minerales y de vitaminas en México que la deficiencia de hierro es la más extendida en el país. (38)

### 3.5 APORTE HÍDRICO

El agua constituye aproximadamente, entre el 45% y el 75% del peso total del organismo, dependiendo de la edad, sexo y composición del mismo. Los infantes poseen el 73% o más de agua. Un hombre joven y sano es entre el 57 y el 63% agua; una mujer sana es alrededor del 50% agua, mientras que los ancianos poseen alrededor de un 45% de agua (10). Por lo cual, el agua es uno de los principales componentes del cuerpo tanto del punto de vista anatómico como funcional. (39)

El agua por su ubicación dentro del organismo se clasifica en intracelular y extracelular. La primera es aquella que se encuentra en el interior de las células y representa aproximadamente el 62% del agua total del organismo.

El agua extracelular es aquella que se encuentra afuera de las células, la cual se divide en dos subcompartimientos: el plasma y el líquido intersticial o intercelular, que es el fluido atrapado en los espacios existentes entre las células (10). Adicionalmente, existen otros numerosos ejemplos de líquidos extracelulares - la linfa, el líquido sinovial, el líquido espinal, las secreciones gástricas, entre otros - los cuales son diferentes al plasma y al líquido intersticial. Sin embargo, la mayoría de estos son similares al líquido intersticial y son usualmente considerados como parte de este (39). El líquido extracelular constituye aproximadamente el 38% del agua total del cuerpo. (8)

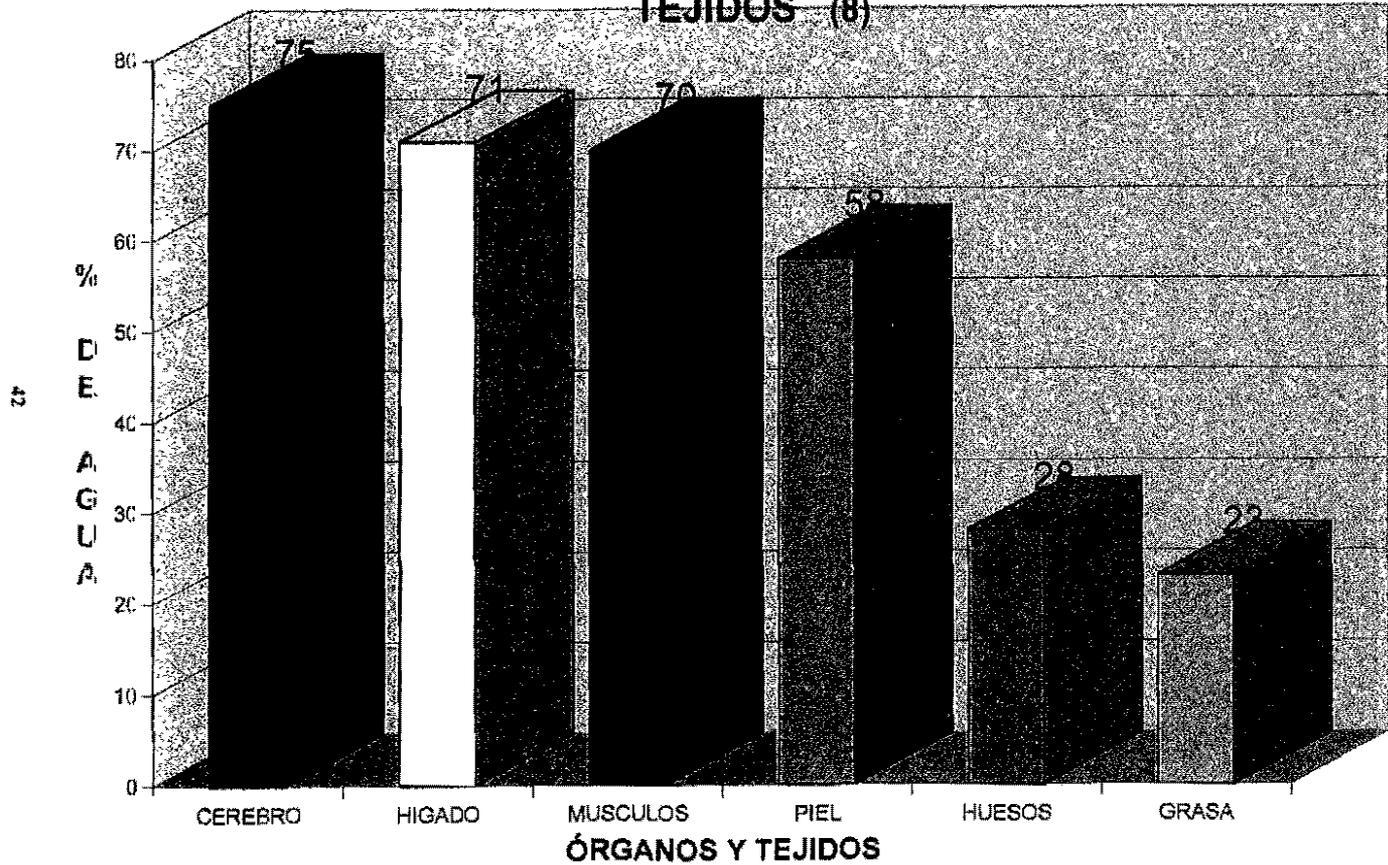
Existen órganos y tejidos que contienen más agua otros, entre los que tienen más agua se encuentran: el cerebro, los músculos, y el hígado (4,8). Por lo que son más sensibles a la deshidratación, en caso de que no se beba suficiente agua, exista una demanda fisiológica aumentada o se pierda por alguna patología (15). En la figura 1 se muestra el contenido medio de agua de los diferentes órganos y tejidos. (8)

La distribución del agua en el organismo se encuentra regulada por fuerzas osmóticas, que son generadas principalmente: por determinadas proteínas, sales minerales formadas a partir de los macro y microelementos y por la glucosa. El agua y los minerales se pierden simultáneamente (8).

A pesar de que el agua se mueve libremente entre los compartimientos de acuerdo a los gradientes osmóticos, los solutos se encuentran distribuidos en diferente proporciones de acuerdo a su tamaño molecular, carga eléctrica y su dependencia con el transporte activo. El agua siempre fluye siguiendo los cambios de osmolaridad del líquido extracelular. Una persona saludable tiene la habilidad de mantener la tonicidad de sus fluidos corporales dentro de límites estrechos (285-302 mosm/L). La presión arterial también ejerce un importante papel en el intercambio de líquidos. (10)

Una persona solamente puede vivir de dos a tres días sin ingerir agua. El agua cumple diferentes funciones en el organismo, pudiéndose citar sus intervenciones en: la digestión, la absorción y transporte de los nutrimentos, como medio para que se lleven a cabo

# PROCENTAJE DE AGUA DE DIFERENTES ÓRGANOS Y TEJIDOS (8)



múltiples cambios metabólicos, permite la excreción de sustancias de desecho a través del riñón, la formación de células, lubricación de las articulaciones, es uno de los materiales de construcción que permiten el crecimiento y reparación de tejidos, y mantenimiento constante de la temperatura corporal. (24, 39)

Las necesidades de agua dependen de la que se haya perdido en la orina, en la defecación, la respiración y la transpiración. Ver tablas 5 y 6 . Estas pérdidas son y deben de ser equilibradas por el aporte exterior, por medio de alimentos y bebidas, sumándose además el agua generada por el metabolismo en el proceso de oxidación de las sustancias alimenticias que proporcionan energía. El agua generada por el metabolismo asciende aproximadamente a 0.6 gramos, 0.4 gramos y 1.07 gramos por cada gramo de hidratos de carbono, proteínas y lípidos oxidados, respectivamente (39). Otro factor de importancia que se debe de considerar, es que para poder sintetizar un gramo de glucógeno en el organismo, se requieren de alrededor de 3 gramos de agua y 19.5 mg de potasio. Esta cantidad de agua será liberada al escindir un gramo de glucógeno (21).

Todos los tejidos corporales producen calor, aquellos que son más activos metabólicamente producen las mayores cantidades. Cuando el cuerpo esta en reposo, la mayor parte del calor es generado por el hígado, corazón, cerebro, y por los órganos endócrinos; los músculos inactivos solamente contribuyen con el 20% y hasta el 30% del calor corporal (10). Durante el ejercicio vigoroso, el calor producido por los músculos esqueléticos puede ser de 30 a 40 veces mayor al producido por el resto del cuerpo (1).

**Tabla 5**

**PÉRDIDAS DE AGUA EN EL SER HUMANO (41)**

Orina .....	1000 - 1500 ml diarios
Heces .....	100 - 200 ml diarios
Respiración .....	250 - 400 ml diarios
Transpiració .....	500 -12000 ml diarios

*Una persona sedentaria puede perder alrededor de 3000 ml de agua diariamente.*

**Tabla 6**

**PÉRDIDAS IMPORTANTES DE AGUA EN UN DEPORTISTA AL  
DESEMPEÑAR SU ACTIVIDAD FÍSICA (11)**

Transpiración	.....	se pueden llegar a perder desde cientos de mililitros hasta 3 L de agua por hora, durante el desarrollo de una actividad intensa. Esto puede representar una pérdida de peso de 3 kg/hr.
Respiración	.....	el aumento del ritmo respiratorio puede llevar a una pérdida de 150- 300 ml de por hora.

\* Los deportistas de resistencia como lo son los maratonistas y los triatletas pueden llegar a perder alrededor de 4.4 L de agua durante el desarrollo de una competencia con una duración de 2.30 a 3 horas. Toda esta cantidad de fluido no puede ser repuesta durante el curso de la competencia, por lo que el atleta debe llegar bien hidratado antes de la competencia, para que pueda depender tanto del agua almacenada como de la consumida durante el evento.

Las actividades corporales se asocian con una alta producción de calor, debido a que la energía química del ATP que se gasta en la contracción muscular se transforma parcialmente en energía potencial, y parcialmente en calor (23). La relación entre trabajo útil y calor constituye la eficiencia de la contracción. Siendo la eficiencia de la energía utilizada durante la actividad muscular no mayor a un 20 - 25%, por lo tanto, alrededor del 75% de la energía generada es disipada en forma de calor (40). Por lo que el organismo tiene que regular su temperatura interna, para no permitir que esta se eleve. La temperatura del ser humano es mantenida generalmente entre los 36.1°C y los 37.8°C, a pesar de la temperatura externa o de cuanto calor esté generando el cuerpo (10). Al incrementarse la temperatura del cuerpo, se acelera la catálisis: con el incremento de 1°C, las reacciones químicas se aceleran aproximadamente un 10%. Al seguir incrementándose la temperatura las neuronas son deprimidas y las proteínas comienzan a degradarse. La mayoría de los adultos sufren convulsiones cuando su temperatura corporal alcanza los 41°C (15).

Las contracciones musculares provocan la producción y acumulación de productos metabólicos de desecho en el interior de la célula. En un principio, estos productos de desecho serán la causa de un gradiente osmótico que conlleva a una retención neta de agua en el interior de la célula. Pero al mismo tiempo se inician los procesos de transporte y tienen lugar alteraciones en la permeabilidad de la membrana. Estos hechos provocan la transferencia de metabolitos y de potasio desde la parte interna a la externa de la célula. Como consecuencia de ello, el agua intersticial se volverá hipertónica en comparación con la

sangre, con el resultado de que se producirá un flujo de agua desde la sangre hacia la zona intersticial. Este mismo flujo se verá favorecido por un incremento de la presión arterial. (1)

Debido a todo esto, se producirá un descenso del volumen plasmático de una manera inmediata en torno al 10% después del comienzo de la práctica de ejercicio, volviendo este descenso de una manera pausada a un nivel más bajo en torno al 3-5% con posterioridad, a menos que tenga lugar la deshidratación, siendo causa de una hemoconcentración de carácter secundario (1).

El cuerpo utiliza diferentes mecanismos de transferencia de calor siendo estos:

- Radiación.- se pierde calor en forma de ondas infrarrojas.
- Conducción.- es la transferencia de calor que existe al estar en contacto físico con otros objetos.
- Convección.- es la transferencia de calor con el aire.
- Evaporación.- en esta el agua se evapora debido a que sus moléculas absorben el calor del ambiente y se vuelven lo suficientemente energéticas para escapar como gas. Debido a que el agua absorbe gran cantidad de calor antes de evaporarse, su evaporación de la superficie corporal remueve cantidades considerables de calor corporal. Por cada gramo de agua evaporada, cerca de 0.60 kcal de calor son eliminadas del cuerpo (10, 41).

Normalmente a temperaturas ambientales por debajo de los 30°C el cuerpo disipa su calor corporal principalmente a través de la radiación y la convección, pero cuando se producen

grandes cantidades de calor metabólico como sucede al realizar una actividad física la evaporación del sudor constituye el principal mecanismo de enfriamiento del cuerpo (15, 23, 41)

Al percibir un aumento en la temperatura corporal, se activa el mecanismo termorregulador, situado en el hipotálamo, el cual responde mediante la vasodilatación cutánea y la activación de las glándulas sudoríparas, enviando así más sangre a la piel y produciendo la sudoración. La evaporación del sudor enfría la piel y al circular la sangre a través de ésta se enfría, disminuyendo así la temperatura del cuerpo. (10)

Al incrementar el ritmo de entrenamiento, los deportistas sudan más intensamente y las glándulas sudoríparas se multiplican y funcionan mejor. Esta capacidad constituye una condición previa para un buen rendimiento, pues es necesario que el organismo elimine la mayor parte del calor producido (8, 11)

Cabe señalar que el enfriamiento del organismo durante el desempeño de una actividad física depende de la capacidad del aire ambiental para absorber el sudor generado por el cuerpo. Bajo condiciones ideales, cuando la humedad relativa del ambiente es menor al 20% y una ligera brisa sopla, el sudor es evaporado enfriándose así el cuerpo. En condiciones, menos favorables cuando la humedad relativa es mayor al 60%, el sudor no se evapora y gotea, sin enfriar al cuerpo (15). Sean cuales sean las condiciones ambientales, es de gran importancia que el atleta beba líquidos durante el desempeño de su ejercicio, para estabilizar su

temperatura corporal e incrementar el flujo sanguíneo a la piel para estimular la producción de sudor (1, 4). La humedad relativa es la relación entre el vapor de agua en el aire y la cantidad de vapor de agua necesaria para saturar el aire a la misma temperatura.

El ejercicio prolongado conlleva a una pérdida corporal de agua y electrolitos, debido al mecanismo de sudoración del cuerpo para evitar un aumento en su temperatura (23, 39). Comparado con los fluidos corporales el sudor es hipotónico, es decir, tiene una presión osmótica baja, ver tabla 7. El grado de sudoración y la concentración de electrolitos de este, pueden variar dependiendo de la temperatura y la humedad ambiental, de la intensidad de trabajo, de la condición física del atleta, de la aclimatación de este y del estado de hidratación del mismo (1, 25). El sexo, el grado de madurez y la superficie corporal también tienen influencia sobre la sudoración (41, 42). Al ser más intenso el ejercicio y/o más cálido el clima, se requerirá de más agua para hidratarse. También la altitud incrementa las necesidades de agua, debido a que el aire es más seco y la presión parcial de oxígeno es menor (7, 11, 19). Todo lo anterior debe de ser considerado en la reposición de agua de cada individuo.

Una hidratación apropiada es esencial para lograr un desempeño atlético óptimo. Por lo que es de gran importancia la hidratación en todo momento (4,7). Resulta imposible recomendar una cantidad de ingesta diaria de agua, debido a que las necesidades diarias de la misma representan una cantidad suficiente para equilibrar las pérdidas de esta, sin embargo, una recomendación general suele ser la ingesta de 1 ml/kcal de gasto de energía por día (11).

**Tabla 7**

**CONCENTRACIÓN DE LOS PRINCIPALES ELECTROLITOS PRESENTES EN EL SUDOR PLASMA Y LÍQUIDO INTRACELULAR (MÚSCULO) HUMANOS (23)**

	<b>Sodio (meq/L)</b>	<b>Cloruro (meq/L)</b>	<b>Potasio (meq/L)</b>	<b>Calcio (meq/L)</b>	<b>Magnesio (meq/L)</b>	<b>Osmolaridad (mOsmol/L)</b>
<b>Sudor</b>	40-88	30-70	4.0-8.0	3.0-4.0	1.0-5.0	80-185
<b>Plasma</b>	137-144	100-108	3.5-4.9	4.4-5.2	1.5-2.1	302
<b>Músculo</b>	9.0-10	2.0-9.0	148-162	0.0-2.0	30-40	302

Del mismo modo es importante que el atleta se pese antes y después de realizar sus entrenamientos, para monitorear la pérdida de fluidos (24). También es apropiado observar el color de la orina, un color claro y cristalino indica una buena hidratación (cabe mencionar que las vitaminas del complejo B dan una coloración amarillenta a la orina). (8)

Las consecuencias de los trastornos por calor son más pronunciados en los sistemas cardiovascular y termoregulatorio del organismo (41). El corazón ha de bombear una mayor cantidad de sangre para enfriar al organismo. Por cada grado de aumento en la temperatura rectal existe una demanda adicional de un 7% de oxígeno para subvenir las necesidades del organismo. El corazón ha de aumentar así mismo el flujo sanguíneo a los pulmones. (15)

Los líquidos corporales perdidos a través de la sudoración, provienen principalmente del líquido intersticial extraído osmóticamente por el plasma, a fin de mantener el contenido del agua plasmática dentro de la normalidad. Con déficits más prolongados de agua, el agua restante de los tejidos se volverá cada vez más concentrada. Este hecho provocará una pérdida de agua de las células, con el resultado final de una deshidratación celular (1,10). La deshidratación se manifiesta primero en el plasma y más tarde en las células. (39)

Durante el estrés por calor (se entiende por estrés de calor, la carga impuesta por el calor ambiental, evaluada en términos del grado hasta el cual a determinadas temperaturas diversas actividades se convierten en difíciles o imposibles de realizar, sin un riesgo a la salud), mediante la secreción de la hormona antidiurética (también conocida como arginina

vasopresina) por la hipófisis se conservan los líquidos, a través de la reabsorción de agua en los túbulos renales con lo que disminuye el flujo de orina (10, 15, 39). El cloruro de sodio se conserva tras un periodo de aclimatación, gracias a la actividad adrenocortical, que provoca su reabsorción en los riñones (33, 41). Los iones sodio y cloruro son los principales responsables de mantener el contenido de agua del compartimiento extracelular. Puede aparecer una baja de potasio, ya que el proceso de conservación de sodio aumenta las pérdidas de aquel (39). Pero debe tomarse en consideración que al degradarse el glucógeno se libera potasio. (21)

Tanto la deshidratación extracelular como la celular provocan la aparición de la sed, un estímulo cuyo objetivo es ingerir agua para la rehidratación (1, 10). Los deportistas solo recuperan su equilibrio hídrico mediante la rehidratación. El mecanismo de la sed no siempre resulta adecuado para reponer una cantidad suficiente de líquido, por lo que resulta recomendable realizar determinaciones diarias continuadas del peso corporal, lo que principalmente reflejará la pérdida de agua. (23, 43)

El beber agua fría hace que el organismo pierda calor por conducción, ya que esta agua ha de calentarse hasta la temperatura corporal. El agua fría se vacía más rápidamente del estómago, ya que la baja temperatura de ésta, incrementa la actividad del músculo liso, acelerándose la absorción del agua (15). Las pérdidas de sudor al desempeñar una actividad física intensa equivalen a menudo a más de 1.5 L/hr, lo cual equivale aproximadamente a una

pérdida de peso corporal del 2%; mientras que la reposición máxima es de menor cuantía.  
(7)

La velocidad de absorción del fluido ingerido es una limitante para compensar completamente las pérdidas de fluidos. El factor crítico es el vaciamiento gástrico que está en función del líquido suministrado (41).

Es imposible reponer más de 600 ml de fluidos por hora, cantidad que resulta insuficiente para cubrir las demandas que exceden las pérdidas de agua de dos litros por hora (43). Por otro lado, si la velocidad de ingestión de líquido es mayor que la velocidad de vaciamiento gástrico, el atleta sentirá malestar. (1,7)

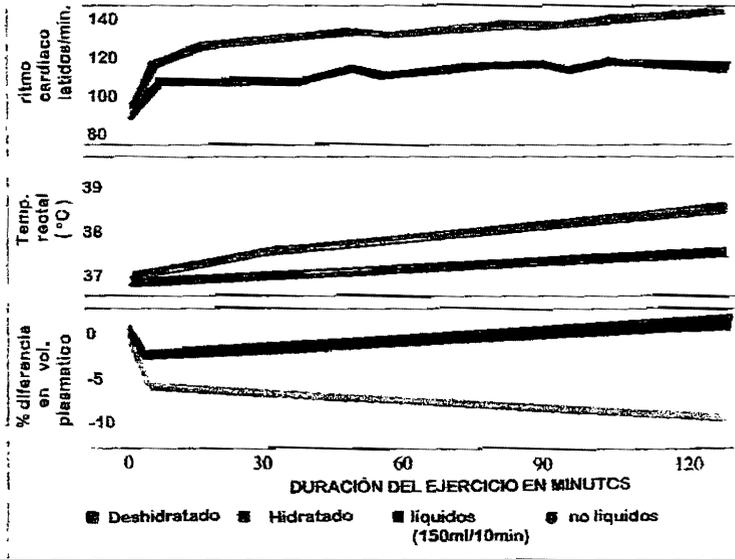
Los trastornos producidos por el aumento de la temperatura corporal por el ejercicio son: inestabilidad circulatoria, alteraciones en el equilibrio hidroelectrolítico, el golpe de calor, pudiendo llegar hasta producirse la muerte. La ingestión de agua es el factor preventivo más importante (7).

Las personas que practican un deporte dirigido y asesorado nutricionalmente, resisten más las pérdidas de agua, que aquellas que no practican ninguna actividad física (11). Los deportistas que beben más líquidos sudan menos, porque sus vasos sanguíneos están más llenos y disipan mayor cantidad de calor, de modo que no les es preciso perder tanto calor a través de la evaporación del sudor. (1, 8)

Desde el punto de vista práctico, el reemplazo de fluidos durante el desempeño de una actividad física, aparentemente solo es necesario si el ejercicio es de larga duración (más de una hora) (8,25). Sin embargo, es recomendable ingerir líquidos siempre que se haga ejercicio. Los líquidos deben de ser ingeridos en pequeños tragos y en intervalos cortos cada 10-15 minutos, antes de sentir sed, nunca se debe de sentir sed (1, 23). La ingestión de fluidos durante el ejercicio ayudará al corazón a trabajar con mayor eficiencia y el cuerpo disipará mejor el calor, ver Figura 2. Es mejor beber líquidos frescos (12-18°C), ya que contribuyen a disminuir la temperatura y prevenir el sobrecalentamiento, sin enfriar bruscamente al atleta (11).

Figura 2

**INFLUENCIA DE LA INGESTIÓN DE LÍQUIDOS SOBRE LA FUNCIÓN CARDÍACA Y LA TEMPERATURA CORPORAL, DURANTE EL DESEMPEÑO DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA (44)**



La ingestión frecuente de líquidos durante el desempeño de una actividad física ayuda a minimizar las pérdidas del volumen plasmático, lo cual permite que el corazón trabaje con mayor eficiencia y el cuerpo disipe mejor el calor.

- Este gráfico se realizó en base a un sujeto adulto varón.
- El término deshidratado se aplicó a partir de la pérdida del 1% de agua del total de peso corporal del individuo.

### 3.6 REGÍMENES ALIMENTICIOS RECOMENDADOS

Las diferentes modalidades deportivas se pueden agrupar de la siguiente manera (8):

- **Deportes de fuerza:** halterofilia, lanzamiento.
- **Deportes de potencia de velocidad:** carreras cortas de 100-400 m, ciclismo de pista, natación 100 m
- **Deportes de resistencia con empleo de fuerza:** regata, alpinismo, deportes de lucha, deportes en equipo.
- **Deportes de resistencia:** carreras de medio fondo, de fondo, maratón, triatlón, duatlón.

El tipo del esfuerzo determinará la composición de la comida. En especial la relación entre los alimentos que proporcionan energía: hidratos de carbono, grasas y proteínas. (7)

Es de utilidad plantear las siguientes fases de alimentación:

- Fase de entrenamiento y desarrollo (alimentación recomendable).
- Fase previa a la competencia (días de antelación)
- Fase de competición (el día de la competencia).
- Fase posterior a la competencia. (1, 8, 19, 25)

## **ALIMENTACIÓN RECOMENDABLE**

En las figuras 3, 4, 5 y 6, se muestran los porcentajes recomendados de los nutrimentos a ser consumidas según el tipo de deporte practicado, ver tabla 8. Debiéndose incluir el aporte de líquidos. (8) Hay investigadores que sugieren un aporte de grasas sensiblemente inferior a las preconizadas por los manuales clásicos, donde recomiendan que el aporte diario de grasas contribuya únicamente con el 10-15% del total de las calorías requeridas por el atleta.

Las comidas frugales y frecuentes son más favorables que las espaciadas y copiosas; pues el organismo las aprovecha mejor (3,4). Nunca debe de iniciarse una sesión de entrenamiento cuando el estómago este lleno, pues el trabajo de la digestión, la menor movilidad del diafragma y la necesidad de descanso del organismo dificultan notablemente la realización de un esfuerzo corporal (7). Es aconsejable ingerir la mayor parte de los alimentos energéticos durante la primera mitad de la jornada, pues se estimula la capacidad de rendimiento y se incorporan menos grasas en el tejido adiposo (1). Las horas inmediatas (1 a 4 horas) a la finalización de un esfuerzo son las más adecuadas para reponer las reservas de glucógeno y para el ingreso proteico. (4, 8)

## **ALIMENTACIÓN PREVIA A LA COMPETENCIA**

En esta fase se busca la supercompensación, se baja la duración y la intensidad de los entrenamientos y se busca tener al máximo las reservas de glucógeno. Está fase puede durar desde siete hasta tres días, dependiendo del tipo de deporte que se practique. (1)

Figura 3

**DEPORTES DE FUERZA PORCENTAJE DE CALORÍAS  
REQUERIDAS PROVENIENTES DE LOS TRES NUTRIMENTOS  
ENERGÉTICOS (8)**

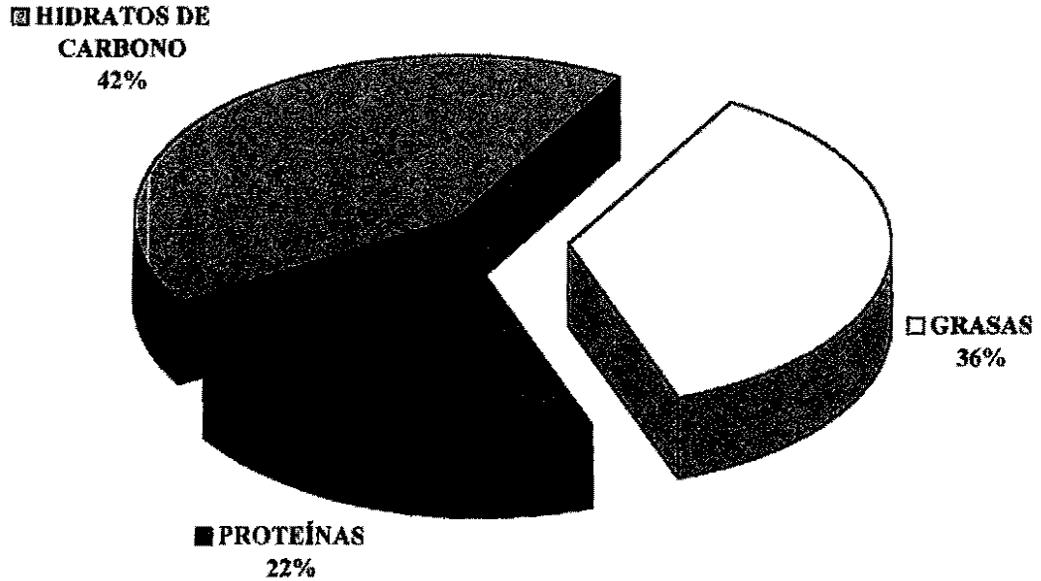
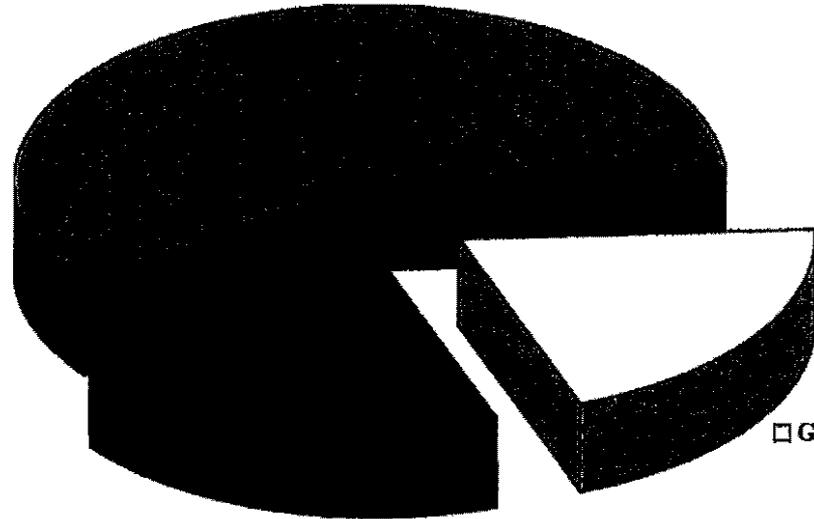


Figura 4

**DEPORTES DE POTENCIA Y VELOCIDAD PORCENTAJE DE CALORÍAS REQUERIDAS PROVENIENTES DE LOS TRES NUTRIMENTOS ENERGÉTICOS (8)**

■ HIDRATOS DE CARBONO  
60%



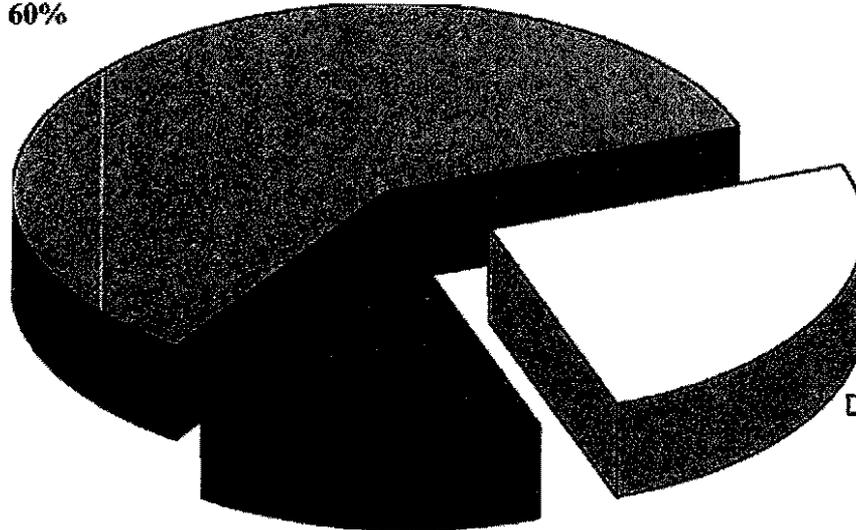
□ GRASAS  
20%

■ PROTEÍNAS  
20%

Figura 5

**DEPORTES DE RESISTENCIA PORCENTAJE DE CALORÍAS REQUERIDAS  
PROVENIENTES DE LOS TRES NUTRIMENTOS ENERGÉTICOS (8)**

■ HIDRATOS DE  
CARBONO  
60%



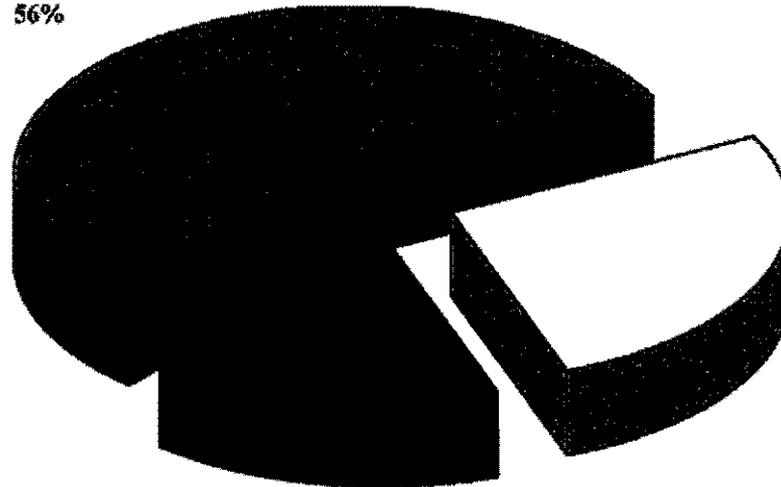
□ GRASAS  
25%

■ PROTEÍNAS  
15%

Figura 6

**DEPORTES DE RESISTENCIA Y FUERZA PORCENTAJE DE CALORÍAS REQUERIDAS PROVENIENTES DE LOS TRES NUTRIMENTOS ENERGÉTICOS (8)**

■ HIDRATOS DE CARBONO  
56%



□ GRASAS  
27%

■ PROTEÍNAS  
17%

**Tabla 8**

**PORCENTAJE DE NUTRIMENTOS RECOMENDADOS PARA DIFERENTES MODALIDADES DEPORTIVAS (DEPORTE DE ALTO RENDIMIENTO). (8)**

<b>TIPO DE DEPORTE</b>	<b>% GRASAS</b>	<b>% CHO's</b>	<b>% PROTEÍNAS</b>	<b>*kcal/kg de peso</b>
De fuerza por ejemplo. lanzamiento de bala	36	42	22	62
De potencia y velocidad por ejemplo: natación 100 m	20	60	20	66
De resistencia por ejemplo: carrera de medio fondo	25	60	15	79
De resistencia con empleo de fuerza por ejemplo: regata	27	56	17	74

\* Para un atleta masculino de alta competición.

Existen diferentes prácticas para optimizar las reservas de glucógeno antes de una competencia:

1. Siete días previos a la competencia se agotan las reservas de glucógeno mediante un entrenamiento extenso y de intensidad relativamente alta. Luego durante tres o cuatro días se sigue una dieta compuesta casi exclusivamente por grasas y proteínas. Y después durante los tres o cuatro días previos a la competencia se lleva una dieta rica en hidratos de carbono (70-80%) y se disminuye a su vez la intensidad del ejercicio. Entonces los músculos almacenan con mucha rapidez glucógeno, llegando al máximo las reservas de este. Este método tiene un gran inconveniente, el que trae un estrés extra sobre los atletas, además puede provocar una sensación de fatiga. (1,7, 11, 44)

2. Durante los tres o cuatro días previos a la competencia, el deportista se alimenta básicamente con hidratos de carbono (70-80%), sin que con anterioridad se hayan agotado las reservas de glucógeno por medio de un esfuerzo de entrenamiento adecuado.

Todos los deportistas sin importar a que grupo de deporte pertenezcan, obtienen ventajas al tener al máximo sus reservas de glucógeno (11). En el caso de los que practican un deporte de resistencia o de resistencia con empleo de fuerza, les permite mantener un esfuerzo intenso por más de dos horas. Para aquellos que practican deportes en los que se realizan esfuerzos con intervalos, como lo es la lucha y los deportes en equipo, se benefician debido a que la movilidad del glucógeno muscular es más elevada cuanto mayor es su nivel de reserva. También aquellos que practican deportes de fuerza, como los halterofilos se

benefician, ya que el consumo de glucógeno permite regenerar con mayor rapidez los compuestos fosfatados ricos en energía, de los cuales dependen para realizar su deporte. (1)

No se debe de olvidar que el glucógeno muscular esta asociado con agua, alrededor de 3-5 g de agua por gramo de glucógeno (la asociación varía debido al grado de síntesis y a las ramificaciones de la molécula de glucógeno) (44). Es de importancia que el deportista se encuentre bien hidratado en esta etapa (11) Dicha asociación puede tener implicaciones en el costo energético del ejercicio debido a que puede haber un aumento de peso de 1-4 kg durante dicha etapa de supercompensación (19, 44). Con frecuencia la carga de glucógeno se asocia con una sensación de rigidez (1,4). El agua almacenada en el músculo con el glucógeno no tiene beneficios detectables en la regulación de la temperatura corporal (41)

Se recomienda que la ingestión de los alimentos antes de una competencia se realice de tres a cuatro horas antes de arrancar el evento (15, 19). Ya que antes de la competencia el estómago lleno dificulta los movimientos respiratorios del diafragma, origina un gran consumo de oxígeno por la digestión y un almacenamiento de sangre en el aparato digestivo, todo lo cual disminuye el rendimiento. Por otra parte, es malo tomar la salida sin haber consumido alimento, ya que además de una sensación de vacío en el estómago, el deportista sentirá cierta debilidad y se expone a sufrir de hipoglucemia.

La comida previa a la competencia debe estar conformada por alimentos conocidos por el atleta, de fácil digestión y que proporcionen energía, el contenido energético de los

alimentos no debe superar en mucho las 500 kcal (1, 4). Se ha observado que es mejor consumir alimentos líquidos y semilíquidos, debido a que se digieren, se absorben más rápidamente y contribuyen a la hidratación (4, 11). Los alimentos recomendados son aquellos ricos en hidratos de carbono complejos y bajos en grasa, como lo son: los plátanos, las frutas secas, los cereales, las barras para deportistas. No es recomendable comer hidratos de carbono simples, en particular glucosa, ya que se han reportado casos de hipoglucemia al inicio del evento al haber sido ingerida en un periodo de 30 minutos antes de la competencia (7, 13). Un segundo efecto de la hiperinsulinemia antes del ejercicio es que reduce la lipólisis, lo cual promueve la utilización del glucógeno. Por lo anterior se prefiere que el alimento consumido previo a la competencia suministre hidratos de carbono que puedan elevar o mantener el nivel de glucosa en sangre sin incrementar de forma dramática la secreción de insulina (22, 45).

Se debe de llegar bien hidratado al evento, los líquidos ingeridos no deben de superar los 200 ml, deben de ser pobres en lípidos y no deben de contener laxantes (7). Se recomienda restringir el consumo de café y té, ya que pueden aumentar el nerviosismo del atleta, aunque aquellos atletas que acostumbren estas bebidas pueden tomarlas. La cafeína disminuye el grado de utilización del glucógeno al promover la movilización de los ácidos grasos, pero hay que considerar que estos tiene efecto diurético (11, 21).

La comida previa a la competencia debe de incluir cualquier alimento y/o bebida que el atleta piense que le va a ayudar en su desempeño, pero éste debe de haber sido probado por el

atleta con anterioridad. También ha de considerarse que el nerviosismo y la tensión debida a la competencia pueden afectar el sistema digestivo (8, 11,30)

### **ALIMENTACIÓN DURANTE LA COMPETENCIA**

Es importante ingerir líquidos durante la competencia o entrenamiento, cada 15-20 minutos (11, 46). La ingestión de hidratos de carbono (tales como la glucosa y/o polímeros de glucosa entre otros) es una necesidad durante la practica de un deporte de resistencia y/o sesiones de actividad de más de 90 minutos, ya que de este modo ayudarán al ahorro del glucógeno muscular y retrasarán o revendrán la hipoglucemia, así como la fatiga. (1)

En los deportes en los que existen pausas y en aquellos de larga duración (ruta ciclista, triatlones Ironman, duatlones Powerwoman) es importante comer alimentos y bebidas ricas en hidratos de carbono y minerales. Los productos más utilizados son: frutas, frutas secas, barras para deportista, barras de granola y geles ricos en hidratos de carbono. (4, 8)

### **ALIMENTACIÓN POSTERIOR A LA COMPETENCIA**

Se deben de tomar líquidos ricos en hidratos de carbono y en minerales, ya sean jugos de frutas, bebidas para deportistas, aguas minerales y agua. En términos generales, los alimentos consumidos después del ejercicio deben de ser ricos en hidratos de carbono, contener proteínas, vitaminas y minerales. (4)

Se recomienda que los alimentos sean consumidos de preferencia dentro de las dos a cuatro horas posteriores al desempeño del ejercicio. Debido a que la enzima glucógeno sintetasa se

Se recomienda que los alimentos sean consumidos de preferencia dentro de las dos a cuatro horas posteriores al desempeño del ejercicio. Debido a que la enzima glucógeno sintetasa se encuentra en su máximo de actividad y de esta manera una mayor cantidad de los hidratos de carbono consumidos serán almacenados como glucógeno (7). Las féculas, granos enteros, barras para deportistas, panes, pastas, patatas, frutas, jugo de fruta, bebidas para deportistas y las bebidas energéticas, constituyen las mejores fuentes de hidratos de carbono durante este periodo. (1, 4)

El índice glucémico de un alimento representa la magnitud del incremento del nivel de glucosa en sangre que ocurre después de la ingestión de dicho alimento, comparado con la ingestión de glucosa (47). Este valor es de utilidad para seleccionar el alimento más adecuado antes, durante y después de una competencia. El reto metabólico es el de mantener el suministro de hidratos de carbono a los músculos pero de alguna manera disminuir el agotamiento de las reservas de glucógeno mediante la óptima dependencia en las grasas como combustible (1). La insulina juega un papel clave en la partición de los combustibles debido a que la insulina tiende a incrementar el metabolismo de los hidratos de carbono y reduce el uso de las grasas. El reto es identificar o crear alimentos que puedan proveer los suficientes hidratos de carbono y afectar en lo más mínimo a la insulina, y a su vez incrementar el uso de las grasas como fuente de energía. (45)

El índice glucémico tiende a ser bajo para los alimentos que poseen un alto contenido de fructosa (la fructosa es absorbida en el intestino más despacio que la glucosa y es

metabolizada principalmente por el hígado, la ingestión de fructosa tiene un pequeño efecto en el nivel de glucosa en sangre) (1, 7); aquellos que presentan una elevada proporción de amilosa/amilopectina (la respuesta del nivel de glucosa en sangre a la amilopectina es mayor a la de la amilosa debido a que las enzimas digestivas rompen más rápido la estructura ramificada de la amilopectina); los que están presentes en partículas relativamente grandes, mínimamente procesados y son ingeridos junto con grasa y proteína. (45)

El consumo de alimentos con bajo índice glucémico de 30-60 minutos antes de periodo de ejercicio de resistencia tiende a promover los siguientes efectos durante el ejercicio:

- Minimiza la hipoglucemia que ocurre al inicio del ejercicio
- Incrementa la concentración de ácidos grasos en la sangre
- Incrementa la oxidación de grasas y reduce la dependencia en los hidratos de carbono como combustible. (47)

Estudios han demostrado que la ingestión de fructosa previa al desempeño del ejercicio mantiene los niveles de glucosa más arriba en el periodo inicial del ejercicio en relación con consumo de hidratos de carbono con un alto índice glucémico como la glucosa, pero hubieron pocos reportes de efectos ergogénicos o de cambios en el consumo de glucógeno. Y debido a que la mayoría de los autores reportan un alto índice de malestar gastrointestinal al utilizar fructosa sola, no resulta entonces práctico utilizar fructosa sola en las concentraciones requeridas para proveer suficiente energía, puede ser de utilidad como parte de una mezcla de otros hidratos de carbono como lo son las maltodextrinas. (1, 45)

El índice glucémico de los alimentos consumidos durante el ejercicio es probablemente menos importante que en las otras etapas debido a que la respuesta de la insulina a la ingestión de hidratos de carbono es suprimida durante el ejercicio debido al incremento de la epinefrina (47). El consumo de alimentos con un alto índice glucémico tan pronto después del ejercicio probablemente promoverán de forma óptima la restauración del glucógeno muscular. (45)

A pesar de que la manipulación de los índices glucémicos de los alimentos ingeridos puede alterar el metabolismo del ejercicio, el efecto del índice glucémico en desempeño del ejercicio es controversial y requiere de una mayor investigación.

La posibilidad de que una dieta crónica de alimentos con un alto índice glucémico promueva una mayor sensibilidad de la insulina y un mayor almacenamiento de glucógeno y triglicéridos resulta intrigante para los atletas, pero la posibilidad debe de ser confirmada por estudios que utilizan sujetos que consuman dietas ricas en hidratos de carbono. Se deben de realizar más estudios en relación al índice glucémico y la salud, debido a que parece ser que una dieta con índices glucémicos bajos causa una disminución del colesterol y mejora el control del apetito. Como ejemplo de alimentos con alto índice glucémico están las patatas y los plátanos y como alimentos con bajo índice glucémico los dátiles, higos, yoghurt y lentejas. (45, 47)

### **3.7 LA FATIGA EN EL DESEMPEÑO DE UNA ACTIVIDAD DE DURACIÓN PROLONGADA.**

Durante el desempeño de una actividad física, los músculos utilizan principalmente hidratos de carbono y grasas como combustibles, existiendo una pequeña contribución de las proteínas (5%). (49)

Al realizar una actividad muscular intensa el sistema circulatorio no puede aportar oxígeno y glucosa a los músculos esqueléticos con suficiente rapidez para atender la agobiante demanda de los músculos de ATP. Entonces el glucógeno del músculo constituye una fuente importante de energía en forma de ATP para la contracción muscular, mediante su degradación por vía de la glucólisis, formándose también lactato. Como no dispone el músculo de oxígeno suficiente en estas condiciones, el lactato no puede metabolizarse más en los músculos y se difunde a la sangre en la que su concentración puede ser muy elevada durante el esfuerzo muscular intenso, lo cual conduce a la fatiga (1, 11). La acidosis intracelular causada por la acumulación de ácido láctico altera el proceso de acoplamiento excitación-contracción al disminuir la cantidad de calcio liberado para llevar a cabo la contracción muscular, a su vez inhibe la actividad de la enzima fosfofructoquinasa disminuyendo la cantidad de ATP disponible. Además, los hidrogeniones liberados a la sangre pueden llegar al sistema nervioso central provocando dolor, náuseas y desorientación. En sangre, el  $H^+$  puede dificultar la combinación del oxígeno con la hemoglobina en el pulmón y también disminuye la sensibilidad hormonal de la lipasa del tejido adiposo. (13)

En tanto que el glucógeno del hígado actúa como reserva de glucosa sanguínea. Cabe mencionar que las reservas de glucógeno en el cuerpo son limitadas. Existe una cantidad adicional de glucosa disponible como resultado de la gluconeogénesis que ocurre en el hígado (a partir de lactato, glicerol, alanina entre otros), pero el máximo grado de

gluconeogénesis del hígado es bastante bajo (13). El hígado en gran parte es responsable de prevenir la hipoglucemia durante el desempeño de una actividad física al presentarse el vaciamiento de los almacenes de glucógeno en el músculo esquelético. Durante un ejercicio de duración prolongada, la gluconeogénesis en el hígado aumenta en importancia ya que abastece de glucosa la sangre. (14)

Las reservas de grasas en el cuerpo humano son bastante grandes, el hombre medio tiene un almacén de grasa aproximadamente equivalente a un 15% de su peso corporal (16). Cada individuo según el tipo de deporte que practique tiene un porcentaje de grasa ideal para desarrollar de mejor manera su actividad deportiva. Como ejemplo de ello, se tiene que un atleta masculino que practica un deporte de resistencia debe de poseer un porcentaje de grasa de entre un 3% y un 8% de su peso corporal, mientras que una atleta femenina que practica un deporte de resistencia debe de poseer entre un 8% y un 18% de grasa. (7)

Mientras más intenso sea el ejercicio, mayor será el grado de oxidación del sustrato y de igual manera se incrementará la contribución de los hidratos de carbono, acelerándose el consumo del glucógeno muscular, la movilización de la glucosa del glucógeno hepático al torrente sanguíneo y el consumo de glucosa de los músculos. (49)

En una actividad tal como el maratón, los corredores más rápidos utilizarán los hidratos de carbono en una relación de alrededor de 3 g/min. Usualmente solamente habrá la cantidad de glucógeno suficiente para llegar a la meta. Una vez que el contenido de glucógeno de los músculos en trabajo ha alcanzado niveles muy bajos, ya no es posible mantener un nivel de ejercicio de alta intensidad. Sin embargo, si la intensidad del ejercicio es reducida, la dependencia de los hidratos de carbono como combustible será menor y el corredor puede continuar utilizando como fuente principal de combustible los ácidos grasos (49). Así mismo, al disminuir la intensidad del ejercicio y recuperar un ritmo normal de respiración,

parte del oxígeno es utilizado para la resíntesis de la glucosa sanguínea a partir del lactato mediante la gluconeogénesis efectuada por el hígado (15)

El ejercicio bajo ambiente caluroso incrementa la magnitud del consumo muscular de glucógeno, la aclimatación al calor reduce este consumo de glucógeno hasta en 50 a 60%, y por tanto aumenta la capacidad del deportista para el entrenamiento bajo clima cálido. (49)

En el adulto se puede lograr una aclimatación máxima al calor en un período de 8 a 12 días. Es posible quedar aclimatado por completo mediante 30 minutos de ejercicio al día, en tanto éste tenga la intensidad suficiente (cerca del 70%  $VO_2$ máx). Es importante señalar que el entrenamiento durante las horas más frescas de la mañana y por la tarde no aclimatará al deportista para la competencia del mediodía. (40)

El agotamiento de las reservas de glucógeno y la hipoglucemia son factores limitantes en el desempeño de un ejercicio de resistencia. Llevando a la fatiga, letargo extremo y desorientación. El desempeño de una actividad física se puede incrementar, si se elevan las reservas de glucógeno mediante una dieta rica en hidratos de carbono. (4, 11, 13, 49)

Numerosos estudios científicos han demostrado que la ingestión de hidratos de carbono durante el desarrollo de una actividad física incrementa y/o mantiene la concentración de glucosa en la sangre reduciendo la dependencia en los almacenes endógenos de hidratos de carbono (4, 13, 50, 51). Pero es la duración del entrenamiento o de la competencia lo que determina si es necesario dicho aporte de hidratos de carbono durante el desempeño de la actividad física. En general, el ejercicio y en particular el ejercicio intenso (75% o más del  $VO_2$ máx), con duración de 90 o más minutos requiere un consumo de hidratos de carbono durante su desempeño (53). Teóricamente, el cuerpo tendrá suficiente cantidad de glucógeno almacenado para terminar con éxito, cualquier sesión de ejercicio realizado a una

intensidad entre el 70 y el 85% del  $VO_2$ máx con duración de hasta de 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> horas si el cuerpo está completamente cargado con hidratos de carbono (13). Recomendándose el consumo de hidratos de carbono en aquellas actividades físicas con una duración de más de 60 minutos para evitar la fatiga y restaurar las reservas de glucógeno. (4)

Otro factor de gran importancia que contribuye al desarrollo de la fatiga es la deshidratación (4, 11, 15, 41, 52). La capacidad del desempeño físico es disminuida si la temperatura ambiental es elevada, a pesar de que el grado de utilización de las reservas de glucógeno no es alterado de manera importante. Esto implica a la termorregulación como causa de fatiga, al menos en el desempeño de una actividad en un clima cálido (49). Durante la práctica de una actividad física, existe un incremento del ritmo metabólico, en la producción de calor y en el consumo de oxígeno. Cuando la temperatura ambiental es mayor que la temperatura de la piel, se va a ganar calor también a través del ambiente (7, 10). Sin embargo, la temperatura del atleta normalmente no aumenta más de 2 o 3°C arriba de la temperatura normal (alrededor de 37°C ), lo cual indica que el calor generado por el cuerpo es rápidamente disipado por el mismo. (11)

A temperaturas ambientales elevadas, el principal mecanismo a través del cual puede ser perdido el calor del cuerpo es la evaporación del sudor, para ello existe un incremento dramático del flujo sanguíneo a la piel. Este proceso de sudoración depende de manera primordial de factores climáticos como la humedad relativa (cuanto más elevada la humedad menor el porcentaje de sudor que se evapora), calor radiante del sol, velocidad del viento y temperatura ambiental. Las ropas que reducen el área de superficie de evaporación expuesta limitan también la capacidad del cuerpo para disminuir la temperatura (41). Las pérdidas de agua pueden ser grandes de acuerdo a la intensidad y duración del ejercicio. Siendo de gran importancia el reponerlas, ya que no solamente afectan la capacidad de rendimiento del atleta, pudiendo representar daños graves a la salud de este.(4,7)

Los fluidos perdidos provienen en diferentes proporciones del agua plasmática, del agua extracelular y del agua intracelular (10, 41) El decremento del volumen plasmático que acompaña a la deshidratación influye de manera particular sobre la capacidad de trabajo, el flujo de sangre a los músculos debe de ser elevado para suministrarles a estos oxígeno y sustratos de energía, pero la piel requiere también de un gran flujo sanguíneo para transferir el calor generado a la superficie del cuerpo donde este pueda ser disipado La magnitud de los cambios del volumen plasmático varía también con las condiciones ambientales, la intensidad y la duración del ejercicio, el estado de hidratación y los niveles de aclimatación al calor (49) El volumen plasmático se conserva e incluso se incrementa durante el ejercicio cuando el ambiente es frío (15). Unos cuantos minutos de ejercicio supramáximo bajo clima cálido producen una reducción bifásica del volumen plasmático. Durante los primeros segundos, el incremento de la presión hidrostática intracapilar desplaza el líquido desde el espacio intravascular hacia el espacio extravascular. Se cree que la reducción ulterior del volumen plasmático se debe a un gradiente osmótico transcapilar creado por la salida de potasio y metabolitos desde el músculo que se contrae. El resultado es una reducción del volumen plasmático de 10 a 15% en plazo de 30 segundos. (1)

La actividad física intensa durante 30 minutos o más produce disminución del agua corporal total, con reducción ulterior del volumen plasmático si no se restituyen estas pérdidas de líquidos. Sin embargo, los estudios preliminares en niños parecen sugerir que el ejercicio prolongado a intensidad baja puede dar por resultado aumento ligero del volumen plasmático (43).

Cuando la temperatura ambiental es elevada y el volumen sanguíneo ha sido disminuido debido a la producción de sudor, el flujo sanguíneo a la piel se ve comprometido ya que debe de ser mantenida la presión venosa y el suministro de sangre a los músculos. Lo cual

reduce la pérdida de calor y causa que la temperatura corporal se eleve, afectando el rendimiento del atleta. (49)

El sudor secretado por la piel contiene una amplia variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos y habrán pérdidas significativas de algunos ellos al producirse grandes cantidades de sudor (48). Este es un líquido hipotónico con osmolaridad de 80 a 185 mosm/L, en comparación con la osmolaridad plasmática normal de 302 mosm/L (23). Durante la sudoración intensa, la pérdida observada de agua es mucho mayor que la pérdida concurrente de electrólitos. La composición de electrólitos del sudor es variable, y la concentración individual de los electrólitos, en adición al volumen total de sudor, ejerce una influencia sobre el grado de las pérdidas. De hecho, bajo estas condiciones puede incrementarse en realidad las concentraciones de electrólitos en plasma y líquido intersticial (30, 49). Las concentraciones normales de los principales componentes iónicos del sudor se mostraron en el capítulo 1 en tabla 3.

El contenido de sodio en el sudor de un deportista entrenado puede disminuir a 17 mmol/L, nivel que equivale a la tercera parte del contenido en el sudor de una persona que no está entrenada ni aclimatada al calor. El sodio se conserva también de manera activa después de días repetidos de ejercicio bajo ambiente cálido por medio del aumento de la producción de aldosterona, que fomenta la absorción renal de sodio. Incluso puede casi interrumpirse de manera temporal la excreción urinaria de sodio después de un período prolongado de ejercicio intenso y gran sudoración. (10)

El aumento del sodio corporal total que se observa durante el período de aclimatación al calor produce un incremento simultáneo del agua extracelular de un 8 a un 20%. Este fenómeno, a su vez, mejora la función cardiovascular y la disipación del calor corporal,

como se observa al reducirse la frecuencia cardiaca y la temperatura del cuerpo cuando el individuo se aclimata al clima cálido. (41)

La concentración de electrólitos en el sudor es máxima poco después de iniciarse una actividad física. El incremento rápido de la intensidad del ejercicio produce un aumento considerable de los electrólitos tanto en el sudor como en el suero (1). Bajo condiciones de ejercicio agotador, la concentración de sodio se incrementa a 50% por arriba de los valores iniciales durante una hora de actividad. En caso de ejercicio prolongado hay tendencia hacia la concentración disminuida de electrólitos en estos líquidos. (13)

Los deportistas que participan en deportes de resistencia presentan valores considerablemente menores del contenido del sodio en el sudor en comparación con los que practican deportes de fuerza. Más aún, la participación en un programa intensivo de entrenamiento produce una reducción ulterior de la concentración de electrólitos en el sudor. (11)

Se ha observado que las concentraciones tanto de sodio como de cloruro son más bajas en el sudor inducido por exposición térmica que el producido por la carrera; las concentraciones de potasio no difieren de manera importante frente a cualquier tipo de estrés. (41)

Puede desarrollarse hiponatremia bajo circunstancias especiales cuando la pérdida de agua por sudor excede a 5 litros por día, por ejemplo:

- 1) Durante la etapa inicial de la aclimatación a un ambiente cálido.
- 2) Durante la exposición prolongada y repetida del ejercicio bajo ambiente cálido.
- 3) Durante eventos de ultrarresistencia, como las carreras de 50 millas (80 km), triatlones y duatlones. (41, 43)

Se ha informado de casos de hiponatremia en deportistas que participan en eventos de resistencia con duración de más de 7 horas. A causa de una ingestión excesiva de soluciones hipotónicas durante el evento debido a la sobreestimación de las pérdidas de líquido y electrolitos en la sudoración. (4, 43, 53)

El potasio se excreta también por el sudor, con una concentración normal de 4 a 8 mmol/L. Esta concentración no se ve afectada de manera importante por la sudoración prolongada, la aclimatación al calor o la ingestión dietética de potasio. Se ha planteado la posibilidad de que ocurriera una deficiencia de potasio, incluso con una ingestión suficiente del mismo en la dieta, en los momentos en que los ciclos de ejercicio intenso bajo condiciones cálidas produjeran sudoración profusa. Los estudios ulteriores efectuados bajo estas condiciones han comprobado que las concentraciones plasmáticas y musculares de potasio son conservadas de manera simultánea con reducción de la excreción de potasio por la orina.

Las concentraciones de magnesio en el sudor varían entre 1 y 5 mmol/L, dando por resultado pérdidas por sudor durante el ejercicio de resistencia cerca de 1% del contenido corporal total de este elemento. A la tasa de excreción más baja, incluso con grandes pérdidas de sudor el magnesio se restituye por completo con la ingestión dietética diaria promedio de 10 a 15 mmol. Dada la concentración más elevada en el sudor, es poco probable la deficiencia excesiva de este elemento a causa de una disminución rápida concomitante de su excreción renal. La observación de una disminución aguda del magnesio sérico después del ejercicio intenso prolongado puede deberse no sólo a las pérdidas por el sudor, sino también a la migración temporal del magnesio hacia los eritrocitos y posiblemente hacia los músculos que se contraen de manera activa. (1)

Cualquier empleo indebido de los diuréticos como técnica de control de peso puede predisponer al deportista a desarrollar hipomagnesemia acompañada de deficiencia de potasio. (15)

La composición del sudor varía en los diferentes individuos, pero también puede variar en el mismo individuo dependiendo del grado de sudoración, el estado de entrenamiento, la aclimatación de este y de la dieta que este siguiendo. En respuesta al estrés del calor, el grado de sudoración aumenta con el entrenamiento y la aclimatación mientras que el contenido de electrolitos disminuye. Estas adaptaciones permiten el mejoramiento de la capacidad de termorregulación del cuerpo mientras se conservan los electrolitos.

Aunque ligeramente reducida por la deshidratación, la sudoración prosigue a gran magnitud durante el ejercicio hasta el punto del choque por calor incipiente (11).

Se puede resumir lo anterior de la siguiente manera: al desarrollar un ejercicio durante un tiempo suficiente y en especial en un clima cálido, el cuerpo requerirá de dos cosas. En primer lugar y la más importante el agua y en segundo lugar de suministros de energía, para ser más precisos de hidratos de carbono. Las pérdidas de ambos afectan de manera directa el rendimiento del atleta.

Cabe mencionar que los atletas de mayor edad (de 60 años en adelante), responden al ejercicio en climas cálidos, de manera diferente a los adultos jóvenes debido a cambios relacionados con la edad en el control del flujo sanguíneo a la piel. El cual es entre un 25-40% menor en los atletas de edad, debido a cambios estructurales dentro de los vasos cutáneos; dichos cambios atenúan la vasodilatación. Algunos investigadores sugieren que las personas de estas edades presentan un incremento en la excreción de agua por los riñones, así como un mayor umbral de sensación de sed, lo cual puede llevar a un estado de

deshidratación hiperosmótica, lo que conlleva a una reducción en la tolerancia al calor. Pero cabe mencionar que la habilidad de ejercitarse en climas calurosos es en menor grado función de la edad cronológica que de la capacidad funcional ( $VO_2$ máx) y del estatus de la salud fisiológica. (40)

Por otra parte los niños comparados con adolescentes y adultos, producen una mayor cantidad de calor en relación a la masa corporal al desarrollar actividades físicas. Así mismo poseen una capacidad de sudoración baja, elevadas concentraciones de ácido láctico y potasio en sudor, menor rendimiento cardíaco, menor grado de aclimatación y su temperatura rectal aumenta en un mayor grado durante la deshidratación. Estas diferencias no interfieren con la capacidad de los niños de mantener un actividad física a menos que el calor climático sea extremo. Por lo que es de importancia el asegurar que los pequeños ingieran cantidades suficientes de agua. (42)

La fatiga durante el desempeño de una actividad física prolongada tradicionalmente ha sido asociada con el mecanismo que resulta de la disfunción del proceso de contracción del músculo. Estudios recientes hablan de la fatiga producida por mecanismos del sistema nervioso central (conocida como Fatiga Central). Existe suficiente evidencia para soportar el hecho de que la serotonina (neurotransmisor) puede afectar el rendimiento físico, ya que durante el desempeño de estas actividades aumenta la concentración de la serotonina, alcanzando un máximo al presentarse la fatiga. Entre las respuestas psicológicas que produce la serotonina, se encuentran: letargo, adormecimiento, mal humor, las cuales afectan directamente el desempeño físico. Existe suficiente evidencia que el ejercicio incrementa la relación del triptófano libre en plasma/aminoácidos de cadena ramificada (lisina, isoleucina y valina) lo cual esta asociado con el incremento de serotonina por el cerebro. El aumento de dicha relación se debe a que durante el desempeño de un ejercicio prolongado: los aminoácidos de cadena ramificada son tomados de la sangre y oxidados por los músculos,

mientras que la concentración de los ácidos grasos libres aumenta en sangre, causando un incremento paralelo en el triptófano libre, debido a que los ácidos grasos libres desplazan al triptófano de las moléculas de albúmina para poder ser transportados en la sangre. Existe suficientemente evidencia de que una dieta adecuada puede retrasar la aparición de la fatiga central. Habiéndose observado que una suplementación de aminoácidos de cadena ramificada pueden llegar a afectar en el grado de absorción del agua en el intestino delgado, causar malestar gastrointestinal y con sabor desabrido. Mientras que la suplementación con hidratos de carbono esta asociada con un decremento grande del triptófano libre lo cual retrasa la aparición de la fatiga. (50)

# **CAPÍTULO IV**

## **JUSTIFICACIÓN**

metabolismo muscular, siendo los primeros dos los más afectados (41) Tan solo una pérdida del 2% de agua manifestada en el peso corporal disminuye la capacidad de rendimiento, aumenta la frecuencia cardíaca, disminuye el volumen sanguíneo expulsado por latido y produce sed; una pérdida del 4% disminuye, además, la capacidad de trabajo (fuerza) alrededor de un 30%. Si se alcanza una pérdida superior al 6% del peso corporal, se acentúan los síntomas, además, suelen sentirse mareos, aparecen alteraciones psíquicas y existe un deficiente coordinación motriz, debido a la falta de electrolitos. En el caso de que la pérdida de agua equivalga a más del 10% del peso corporal, se entra en peligro de coma y muerte, ver tabla 9. (1, 7, 15, 41, 49, 53, 54 )

Cabe mencionar, que si la pérdida de líquido se da con lentitud, el organismo puede resistir la pérdida de un 4% de peso corporal sin que se vea disminuida la capacidad de rendimiento.

Algunos estudios han demostrado un decremento en la utilización de ácidos grasos libres y un incremento en la utilización de glucosa en los músculos de sujetos que se encontraban deshidratados (1, 11, 41). En los mismos sujetos, el consumo de ácidos grasos libres era mayor y la oxidación de hidratos de carbono menor cuando la hidratación era mantenida durante el desempeño del ejercicio a la misma carga de trabajo (11). Esta observación coincide con el descubrimiento de que el consumo de fluidos durante el desempeño de una actividad física reduce el uso del glucógeno muscular. El resultado del ahorro del glucógeno muscular parece deberse a que el fluido ingerido ayuda a mantener el flujo sanguíneo al músculo y por lo tanto, la disponibilidad de los ácidos grasos libres y oxígeno al músculo (49). Así mismo, el consumo de fluidos mejora la termoregulación y mantiene la temperatura del músculo más baja siendo

Tabla 9

**EFFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN - MANIFESTACIONES POR DISMINUCIÓN EN % DE PESO CORPORAL (44)**

- |             |   |
|-------------|---|
| 1-2 % ..... | Sed, daños en la habilidad termoreguladora, malestar, cansancio, incremento del ritmo cardíaco, aumento en la temperatura rectal.   |
| 3% .....    | Reducción del tiempo de resistencia muscular.   |
| 4-6% .....  | Disminución de la fuerza muscular, resequedad de la boca, calambres por calor, mareos.  |
| > 9% .....  | Severos calambres por calor, extenuación por calor, delirio, golpe de calor, falta de coordinación, cianosis, piel insensible y arrugada, lengua hinchada, sordera, visión oscurecida, incapacidad para tragar, coma y muerte (11-20%). |

este un efecto que atenúa el uso del glucógeno muscular, ya que al disminuir el aumento de la temperatura corporal se atenúa la liberación de la epinefrina. El ejercicio induce un incremento de la epinefrina la cual parece estimular la glucogenolisis. (11)

Los efectos de la deshidratación en el rendimiento puede variar dependiendo en el tipo de ejecución y el grado de deshidratación (1). En deportes de fuerza y rapidez donde el sistema de fosfágenos es la fuente principal de energía, se da el caso en que los atletas realizan sus actividades físicas en un estado de deshidratación (para dar el peso), viéndose su desempeño aminorado. En los deportes de resistencia y fuerza donde se realizan principalmente esfuerzos de tipo anaerobio (glucolisis anaeróbica). También la deshidratación afecta de manera negativa el rendimiento, y a su vez afecta el proceso de recuperación en los periodos de pausa entre los intervalos de trabajo, ya que en estas etapas el flujo sanguíneo y el metabolismo aerobico son componentes importantes. En los deportes de resistencia la deshidratación daña fuertemente el rendimiento, ya que estas actividades dependen primordialmente del sistema cardiovascular y del metabolismo oxidativo. (41)

Diversos estudios muestran que la práctica de ingestión de líquidos adoptados por atletas de alto rendimiento de diversas edades y de diferentes tipos de deportes de resistencia, tales como: triatlón, duatlón y maratón, no son lo suficientemente adecuadas para mantener un estado de hidratación óptimo. Siendo insuficiente la cantidad de líquidos ingeridos para mantener el volumen plasmático y el peso corporal. Mostrando los decrementos en el plasma

una deshidratación progresiva a lo largo del evento a pesar de que se presenten rangos de sudoración moderados. (41, 43)

Estudios realizados muestran que gran parte de los atletas de resistencia reemplazan solamente cerca del 50% de sus pérdidas de fluidos durante el entrenamiento, demostrando también que ocurre un déficit entre el grado de sudoración y la ingestión de fluidos en atletas que practican deportes en equipo. El déficit, el cual no es intencional resulta en una deshidratación de entre 0.5 a 1.4 L o hasta un 3% del peso corporal. Las razones potenciales para esta clase de comportamiento incluyen la preocupación del atleta por la sensación de malestar y de pesadez. (41)

Es recomendable la ingestión de fluidos a razón de 800 ml/hr durante un evento tal como un ultramaratón (100 km), por lo cual los corredores deben de ser impulsados a mantener el consumo de líquidos que compense en la mayor parte la pérdida de líquido. Y si al menos la mitad del total de los fluidos ingeridos es en forma de una solución de hidratos de carbono y electrólitos, los corredores obtendrán con mayor facilidad la recomendación de ingestión de hidratos de carbono y mejorarán su tiempo de carrera (49). Los alimentos sólidos siguen siendo una importante fuente de glucosa exógena para mantener los niveles adecuados de glucosa y prevenir la fatiga. Por lo que los atletas deben establecer una estrategia para ingerir fluidos y en caso de requerirlo alimentos semisólidos y sólidos. Además, dicha estrategia debe de ser incorporada a sus rutinas de entrenamiento, para que de esta forma el atleta se encuentre familiarizado, sabiendo a su vez que bebidas y alimentos le funcionan mejor. (1, 4)

Con el propósito de fomentar estrategias de comportamiento adecuadas el Colegio Americano de Medicina del Deporte publicó una guía para la ingestión de fluidos. Donde dice que durante el desempeño de una actividad física deben de tomarse de 600-1200 ml por hora, de la siguiente manera: de 100-300 ml de fluidos cada 15-20 minutos. (43, 54)

Otros estudios sugieren que la función inmunológica puede ser mantenida cuando fluidos conteniendo hidratos de carbono son ingeridos durante el desempeño de una actividad física. Los investigadores especulan que la ingestión de estos tipos de bebidas mitigan la liberación del cortisol, el cual al estar presente suprime la actividad del sistema inmunológico. (1)

Algunos estudios muestran que ocurre una deshidratación voluntaria en los atletas de resistencia de diferentes edades desde niños hasta en adultos, los cuales no se hidratan lo suficiente durante el desempeño de su actividad física al ofrecerles agua natural como fluido. (43)

Ha sido bien establecido que el tener acceso a fluidos saborizados y con sodio incrementa el volumen de fluido consumido. Mientras más grande sea el volumen consumido habrá menos oportunidad de que se desarrolle una deshidratación (41, 49). Durante y después de desempeño de una actividad física, los sujetos han mostrado preferencia por bebidas ligeramente dulces y con sabores suaves, así mismo que no estén carbonatadas. Ya que las bebidas carbonatadas causan que el estómago se les hinche y llene de gases. Así mismo se ha

observado que al encontrarse las bebidas entre una temperatura de 15-20°C son más aceptadas a pesar de que a las que se encuentran 5°C son las preferidas (11, 43, 55)

Que tan rápido un fluido se vacíe del estómago y que tan rápido se absorba en el tracto intestinal tendrá efecto sensorial y fisiológico en el atleta. Los fluidos que son vaciados lentamente del estómago y absorbidos despacio en el intestino no son bien tolerados por el atleta. (41)

Muchos atletas reportan dolores gastrointestinales y los atletas puede arriesgar el deshidratarse con tal de evitar este tipo de malestar (43). Ha sido bien documentado que el vaciamiento gástrico del fluido depende de su densidad calórica y de la fuente de energía. Siendo los hidratos de carbono la fuente óptima de energía, pero aún no hay consenso en el nivel adecuado de hidratos de carbono para abastecimiento de fluido y de energía debido a las limitaciones del vaciamiento gástrico y absorción intestinal. Así mismo la absorción del fluido depende del tipo de hidrato de carbono. (41, 49, 53)

La presencia de electrolitos en un fluido puede impactar la ingestión voluntaria del fluido. El electrolito clave parece ser el sodio (41, 43, 49). A medida que el volumen plasmático disminuye como efecto de la deshidratación, la osmolaridad de la sangre y el contenido de sodio en ésta aumenta. Los receptores de los cambios de presión sanguínea, mandan entonces la señal al cerebro de lo que está ocurriendo y es activado entonces el mecanismo de la sed (10). Mientras son ingeridos fluidos libres de sodio, la osmolaridad y el volumen sanguíneo son

restablecidos a su nivel normal. Como consecuencia, la señal para la activación del mecanismo de la sed es suprimida. Sin embargo, experimentos han mostrado que el mecanismo de la sed es suprimido antes de que el individuo haya consumido una cantidad suficiente de fluido para compensar sus pérdidas de agua completamente(11). La adición de sodio a una bebida ayuda a estimular el mecanismo de la sed al elevar la osmolaridad plasmática. El sodio también ayuda a mantener el balance de fluidos tanto en el volumen plasmático como en todo el balance corporal de fluidos. Ya que los individuos ingieren una mayor cantidad de fluidos y compensan mejor sus pérdidas de agua. (41, 43, 49, 54)

Existen dos funciones adicionales del sodio y posiblemente de otros electrólitos, las cuales incluyen la ayuda a la reposición de los electrólitos perdidos a través de la sudoración y el ayudar a estimular la absorción de agua e hidratos de carbono en el intestino. (1, 11, 41, 49)

Es importante hablar sobre la Hiponatremia o intoxicación con agua. Esta condición se puede llegar a presentar en eventos de ultradistancia, donde las perdidas de electrólitos en el sudor son considerables, al beber agua pura durante el ejercicio se diluye la cantidad de sodio restante en la sangre. Lo cual provoca el flujo de agua por osmosis hacia el interior de las células, provocando que estas se hinchen y se encuentren hidratadas de una manera anormal. Los síntomas de la hiponatremia son debilidad muscular, letargo, calambres y adormecimiento. Por lo que es indicado el consumir soluciones que contengan electrólitos durante el desempeño de actividades de duración prolongada. (7, 41, 49)

Ha sido demostrado que la ingestión de hidratos de carbono (en un fluido, forma líquida o sólida) durante el desempeño de una actividad física, aumenta el tiempo de resistencia. Siendo la glucosa ingerida sustrato para los músculos mientras los niveles del glucógeno muscular disminuyen (1, 11) Algunos especulan que la ingestión de hidratos de carbono ahorra el glucógeno muscular para poder ser utilizado más tarde en el desempeño de la actividad física, lo cual conlleva a evitar la fatiga muscular (6, 13). Estudios recientes apoyan esta especulación ocurriendo este ahorro en las fibras musculares de contracción lenta. Como consecuencia, el rendimiento puede ser incrementado al ingerir hidratos de carbono. (11)

El efecto ergogénico de la ingestión de hidratos de carbono durante el desempeño de un ejercicio de duración prolongada, puede ser explicado en parte por el hecho de que el tipo de hidrato de carbono utilizado puede influenciar el grado de oxidación (56). Por ejemplo, la glucosa es oxidada más rápidamente que la fructosa, cuando estas son ingeridas solas. De manera interesante, al ser consumidas una mezcla de glucosa y fructosa, el grado de oxidación de los hidratos de carbono es significativamente superior al de la glucosa y fructosa solas. De este modo, una mezcla de hidratos de carbono (por ejemplo, glucosa, fructosa o sacarosa) pueden maximizar la habilidad del atleta para utilizar hidratos de carbono exógenos suministrados durante el desempeño de su deporte (6, 11)

También se han estudiado los efectos que tienen la ingestión de hidratos de carbono durante el desempeño de una actividad física de corta duración y alta intensidad (esprints). Observándose un incremento en la habilidad de esprintear al ser consumidos hidratos de carbono durante los

periodos de descanso y entre los intervalos de trabajo. El mecanismo para esta mejora puede deberse al ahorro del glucógeno muscular o a la reposición parcial de glucógeno, particularmente en las fibras de contracción rápida, durante los periodos de descanso. (11)

Además de los beneficios señalados anteriormente sobre la ingestión de hidratos de carbono durante el desempeño de una actividad física, el conocimiento por parte del atleta de que una bebida que contiene hidratos de carbono tenga efectos ergogénicos en el desempeño de su deporte promueve el consumo de estas, contribuyendo a mejorar su hidratación. (41)

Todo lo anterior sirve para fundamentar el hecho de que el consumo de las bebidas para deportistas son de gran valor para lograr un rendimiento adecuado en el desempeño de un actividad física.

Como ya se mencionó el consumo de hidratos de carbono en forma sólida durante el desempeño de una actividad física, ayuda a ahorrar las reservas endógenas de glucógeno. Así mismo, el grado del uso de los aminoácidos parece depender de las reservas de glucógeno. En un estudio se encontró un incremento en el grado de utilización de aminoácidos durante el desempeño del ejercicio en individuos con reservas de glucógeno agotadas. (13)

Los objetivos de los alimentos previos a una competencia son:

- prevenir la hipoglucemia y síntomas asociados (visión borrosa, dolor de cabeza y fatiga).
- prevenir sensación de hambre.

- proveer energía para los músculos en trabajo
- proveer fluidos para comenzar el ejercicio bien hidratado. (1, 4, 7, 8, 23)

Se sabe que las fuentes óptimas de hidratos de carbono en deportes de resistencia de alta intensidad son los hidratos de carbono procesados (predigeridos) bajos en fibra alimentaria, como lo son: la glucosa, la sacarosa, la maltosa, las maltodextrinas, extractos de malta, almidones (almidón soluble). Siendo estos rápidamente digeridos y absorbidos, son vaciados del estómago rápidamente y son un combustible ideal para los músculos en actividad, a su vez no causan flatulencia (1, 6). El consumo muy elevado de hidratos de carbono media hora antes del desarrollo de una actividad física no es recomendado ya que se han reportado casos de elevación repentina de la glucosa sanguínea con una respuesta muy súbita de la insulina, causando hipoglucemia, es decir, una baja de la glucosa sanguínea y una sensación de cansancio (11, 13). Todos los hidratos de carbono antes mencionados son aproximadamente igual de eficaces en el ritmo de oxidación durante el ejercicio, así como su influencia sobre el rendimiento. (11)

Es importante el alimento preejercicio en especial en la mañana después del ayuno durante la noche el cual agota las reservas del glucógeno hepático. El consumir una comida ligera, antes del ejercicio matutino abastece la reserva de glucógeno hepático y ayuda a mantener un nivel normal de glucosa en sangre y la resistencia y absorbe algunos jugos gástricos. Para menos de una hora de una actividad física una snack ligero de hidratos de carbono se tolera bien. (1, 4)

Para atletas que sufren de un gran estrés y ansiedad o tienen un estómago sensible lo ideal sería el consumir alimentos líquidos o suplementos líquidos que contengan hidratos de carbono ya que son absorbidos rápidamente, hay que señalar que existen reportes que demasiado líquido puede menearse en el estómago y contribuir a crear náuseas (4, 7). Por lo que, un alimento sólido diseñado especialmente para deportistas es una alternativa interesante. A su vez resulta ideal para aquellos atletas que tienen que ejercitarse justamente después de una actividad y no disponen del tiempo para hacer una comida en forma. (1, 4)

Los atletas que se ejercitan de manera exhaustiva por una hora o más tendrán mayor energía y mejorarán su rendimiento si consumen hidratos de carbono durante el desempeño de su deporte. Dependiendo del tipo de deporte, el hidrato de carbono puede ser suministrado como alimento sólido o como líquido. Estos hidratos de carbono ayudarán a mantener el nivel de glucosa en sangre, así como suministrarán una fuente activa de energía para los músculos en actividad. (1)

Se ha encontrado que los ciclistas pueden aumentar en un 18% el tiempo de extenuación cuando consumen 1 g de hidratos de carbono por kilogramo de peso corporal por hora. Esto equivale a aproximadamente 70 g de hidratos de carbono (280 kcal) por hora para un atleta de 68 kg de peso y esto representa más de lo que los atletas consumen de manera voluntaria. Por lo que es de importancia que el atleta practique el consumir alimentos que contengan hidratos de carbono y bebidas durante el entrenamiento. Esto resulta difícil, debido a que mayores intensidades de ejercicio, es menos probable que el atleta desee consumir alimentos y bebidas

(11). Durante un ejercicio intenso ( $>70 \text{ VO}_2\text{máx}$ ), el estómago puede llegar a recibir solamente el 20% de su flujo sanguíneo normal. Esto disminuye el proceso digestivo, así que los alimentos en el estómago pueden resultar incómodos (7) Se ha visto que a estas intensidades de trabajo los atletas aceptan de manera adecuada bebidas para deportistas que contienen hidratos de carbono entre un 5 a 8% (1, 49, 54, 57). Durante el desempeño de una actividad moderada, el flujo sanguíneo al estómago es del 60 al 70% del flujo en condiciones normales, así que el atleta aún puede digerir alimentos sólidos. Así pues, los alimentos sólidos tales como las barras para deportistas si contribuyen a cubrir las necesidades de energía y son mejor toleradas. (1, 7, 11)

Lo anterior justifica el hecho de que las barras para deportistas constituyen un alimento apto para ser consumido antes, durante y después del desempeño de una actividad física. La formulación de éstas a base de hidratos de carbono principalmente, de diferentes índices glucémicos provee una fuente constante de suministro de energía. A su vez, su contenido de las proporciones adecuadas de proteína, grasa, vitaminas y minerales las hacen alimentos más completos que cumplen con las necesidades de los atletas, siendo de fácil digestión y absorción. En lo que respecta a su textura y presentación resulta atractiva y práctica, tanto en su consumo como en su manejo.

**CAPÍTULO V**  
**BEBIDAS COMERCIALES PARA**  
**DEPORTISTAS**

## V BEBIDAS COMERCIALES PARA DEPORTISTAS

### 5.1 BEBIDAS PARA DEPORTISTAS

Las bebidas para deportistas, por lo general se clasifican en las siguientes categorías:

\* Bebidas rehidratantes; están diseñadas para usarse durante el desarrollo del ejercicio. La mayor parte de ellas están formuladas con una concentración de un 5% a un 10% de hidratos de carbono. También contienen electrolitos, algunas contienen vitaminas y minerales. Como ejemplo de este tipo de bebidas están: *Deportelyte*, *Enerplex*, *Gatorade*, *Hydra Fuel*, *Spike*, *BYN energético* y *Carbo Fuel*.

\* Bebidas de recuperación y/o para almacenar glucógeno (*carbohydrate-loading*); contienen altas concentraciones de hidratos de carbono para optimizar la capacidad de almacenamiento de glucógeno antes de un evento o para reponer los almacenes de glucógeno de los músculos después de haber sido vaciados al desarrollar un ejercicio y de esta manera tener una recuperación más rápida. A este grupo de bebidas pertenecen: *Ultra Fuel*, *Alena Energy Drink*, *ProOptibol* y *Gatorlode 280*.

\* Suplementos nutricionales; estos están diseñados para complementar la dieta de un atleta, son altos en hidratos de carbono, proteínas, bajos en grasa y contienen una variedad de vitaminas y minerales. Algunos de estos suplementos dan la consistencia de una leche malteada. Entre estos suplementos se encuentran: *GatorPro*, *Exceed Nutricional Supplement and Energy Drink*, *BYN fórmula equilibrada*. (4, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64)

Los productos comerciales tratan de cubrir las necesidades de la mayor parte de los atletas en un amplio marco de situaciones. En este trabajo se hablará sobre las bebidas

para deportistas rehidratantes y se manejarán con el nombre de **Bebidas para deportistas**.

Como ya se mencionó investigaciones recientes han demostrado que existen tres factores de gran importancia que afectan el rendimiento físico, siendo estos:

- \* La deshidratación.
- \* El agotamiento de las reservas de glucógeno del cuerpo.
- \* La hipertermia ( elevación de la temperatura corporal ).

Fue hasta los mediados de los años sesenta, cuando se comenzó la investigación sobre una bebida dirigida a los deportistas, la cual reemplazará los líquidos y electrolitos que el atleta pierde al sudar. Ya que existían en ese entonces, publicaciones acerca de elevados índices de golpes de calor en futbolistas de americano. Los estudios realizados indicaron cambios importantes en la composición y volumen de los fluidos corporales como resultado de efectuar un ejercicio vigoroso en un clima cálido (55, 57). Otras investigaciones indicaron que los calambres por calor, agotamiento por calor y el golpe de calor, son resultado de la rápida formación de la perspiración hipotónica. (11)

La primer bebida rehidratante con electrolitos fue Gatorade, desarrollada en 1965 por el Dr. Robert Cade y su colaboradores en la Universidad de Florida (siendo utilizada por el equipo de fútbol americano de la universidad, los Gators). La formulación de la bebida se basó en los electrolitos perdidos en el sudor y en las concentraciones de sodio y glucosa del suero sanguíneo observado durante los experimentos con los atletas ejercitándose en climas calurosos. (55)

Fue a fines de los setenta con el resultado de auge del maratón, donde se comenzó a poner más interés en este tipo de bebidas. Ya que decenas de corredores llegaba exhaustos y tambaleándose a la meta. En la mayoría de los casos, el problema es resultado de la combinación de la deshidratación y de la fatiga, la recuperación no requiere más que rehidratación y reposo. Si bien la recuperación puede ser lograda rápidamente mediante una infusión intravenosa de soluciones de glucosa y electrolitos, la administración oral es igual de efectiva aunque más lenta. (57)

En otros deportes diferentes al maratón y deportes de resistencia, los participantes no se exigen tanto como para llegar a colapsarse, pero para muchos deportes, es bien conocido el hecho que los fluidos ingeridos durante la competencia ayuda a reducir la fatiga en las etapas posteriores, ayudando así a mejorar su rendimiento. Como resultado del creciente número de personas que están participando en deportes de resistencia, el mercado de las bebidas para deportistas ha crecido, así como la variedad de estos productos (1)

Las bebidas para deportistas son fluidos dirigidos para personas que practican deporte. Estas bebidas están formuladas y son consumidas con el propósito de lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- \* el proveer de agua rápidamente para reemplazar aquella que haya sido perdida al sudar, reduciendo así los problemas de deshidratación e hipertermia,
- \* suministrar combustible a los músculos en trabajo -hidratos de carbono, usualmente como glucosa, la cual ahorra las reservas de energía del cuerpo y por lo tanto mejorar el rendimiento;
- \* suministrar los electrolitos perdidos en el sudor. (1, 4, 41, 48, 60)

Es esencial que las bebidas para deportistas reemplacen rápidamente los fluidos perdidos en el ejercicio para así prevenir el desarrollo problemas termoregulatorios. Por ello se deben de consumir cantidades suficientes de estos fluidos para equilibrar las pérdidas a través del sudor. (1, 4, 11, 41)

Generalmente, la deshidratación resulta tras un período de una hora o más de ejercicio, debe de recordarse que si una persona no se hidrata bien todos los días, se va creando un déficit de agua y se va deshidratando. (11)

Las bebidas para deportistas también son una fuente de energía postejercicio; los músculos son más receptivos a reemplazar glucógeno las primeras dos horas después de realizar un ejercicio intenso. (1, 4, 41, 58, 61)

Las soluciones de rehidratación para atletas suelen estar diseñadas como ya se mencionó, para reponer las pérdidas de líquidos y minerales por el sudor, así como cantidades limitadas de energía en forma de hidratos de carbono. Estas tres sustancias son utilizadas o perdidas durante el ejercicio y están sujetas a influencias recíprocas. (41)

Se presentan grandes diferencias individuales en cuanto al grado de sudoración, contenido de electrolitos del sudor, grado de utilización de los hidratos de carbono. Estas diferencias pueden verse también influidas por las condiciones climatológicas, grado de aclimatación del deportista, duración e intensidad del ejercicio, así como, otros factores fisiológicos. Como consecuencia de ello, es imposible la elaboración de una solución de rehidratación que compense de manera exacta las pérdidas de cualquier individuo en cualquier situación. Es por esta razón que las bebidas para deportistas se diseñan, por lo general, con el fin de cubrir las necesidades de una gran población que

practique ejercicio físico bajo diferentes condiciones (1, 4, 41). Existen dos situaciones que justifican la superioridad de las bebidas para deportistas sobre el agua, estas son:

1) Cuando existe una deficiencia de electrolitos y/o hidratos de carbono.

2) Durante el desarrollo de un ejercicio prolongado con duración de una hora o más de alta intensidad. (4, 11, 41, 58, 60)

Las bebidas diseñadas para deportistas incrementan el consumo voluntario de fluidos durante el desarrollo de un ejercicio reduciendo el riesgo de la deshidratación y dando la oportunidad de lograr el máximo rendimiento. El fluido óptimo debe de equilibrar la efectividad fisiológica y la palatabilidad. Cuando los atletas se encuentran desarrollando una actividad física, cambia su preferencia hacia las bebidas. Estudios han señalado que durante y después de una actividad física, se prefieren las bebidas moderadamente dulces y de sabores suaves. Mientras que durante el descanso se prefieren las bebidas muy dulces. La preferencia sensorial es de importancia ya que esta relacionada con el consumo de las bebidas; al incrementar el consumo voluntario de fluidos durante la competencia y/o entrenamiento se reduce el riesgo de deshidratación. (1, 4, 41, 42, 51, 60)

Se recomienda que durante el desempeño de una actividad física se ingieran de 150 a 300 ml de bebidas para deportistas de preferencia de cada 10 a 15 minutos, asegurándose así una hidratación adecuada y un consumo de entre 25 y 60 gr de carbohidratos por cada hora de ejercicio, para tener de esta manera un suministro adecuado de energía, alrededor de 200 kcal/hr (1, 41, 60) Tal consumo solamente puede ser cubierto mediante el consumo de bebidas que contengan por lo menos un 5% de hidratos de carbono. (4)

El consumo de bebidas para deportistas suprime el metabolismo de las grasas, acelera el metabolismo de los hidratos de carbono, atenúa la fatiga subjetiva, remueve el amoniaco, y acelera la recuperación del ritmo cardiaco, mientras que también reduce la gluconeogénesis a partir del lactato y piruvato en la fase de recuperación, debido al metabolismo acelerado de los hidratos de carbono, lo cual sugiere la demora en la capacidad de recuperación del ejercicio debido a la acidez en el tejido (65). Se ha observado que el incremento del consumo de oxígeno es menor en el caso de ingerir bebidas para deportistas que en el caso de tomar agua simple, siendo también, menor el incremento en la temperatura rectal. (41, 49)

Estudios realizados en los cambios de concentración de la glucosa e insulina en sangre muestran que estas son significativamente mayores en el caso de consumir bebidas para deportistas y que la declinación de estas concentraciones en sangre es gradual. Lo cual muestra que existe una restricción en el consumo del glucógeno hepático y del músculo. (13, 49)

Existe un aumento en el contenido del AMP cíclico durante el consumo de dichas bebidas durante la primer hora de haber sido ingeridas, posteriormente la concentración del AMP disminuye debido a la restricción de la secreción de las catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y dopamina) y glucagón; restringiéndose a su vez la movilización de los ácidos grasos libres y de la glucosa, acelerándose así el consumo de glucógeno muscular. (65)

El volumen de sudor es menor en el caso del consumo de bebidas para deportistas en comparación con el consumo de agua natural, lo que indica que mantienen mejor el volumen plasmático, viéndose a su vez que la concentración del hematocrito es menor en

el primer caso mientras que aumenta en el segundo caso. Siendo la declinación en la fase de recuperación más marcada en el caso de tomar bebidas para deportistas (42)

No todos los estudios realizados sobre la ingestión de estas bebidas para deportistas han sido positivos en el aumento del rendimiento del deportista. Sin embargo, con excepción de algunos estudios en los cuales la composición de las bebidas administradas han causado malestar gastrointestinal ningún estudio ha mostrado que tengan algún efecto adverso en el rendimiento de un atleta, mientras que otras investigaciones han demostrado mejoramiento del rendimiento, resultando éste en un 30% o más el tiempo en el que puede ser mantenido el ejercicio. Estudios simulados en laboratorio y en pista han demostrado menores mejoramientos, tal como es de esperarse, ya que estos nunca van a poder reproducir las condiciones reales de un ejercicio intenso. (49)

Las líneas generales para la composición de las bebidas para deportistas han sido obtenidas recientemente a partir de un gran número de estudios en los campos del vaciamiento gástrico, la absorción intestinal, los factores de regulación del equilibrio de líquidos, el rendimiento y el comportamiento frente a la fatiga (49, 54, 55)

## 5.2 DISPONIBILIDAD DE LAS BEBIDAS PARA DEPORTISTAS

La primer barrera para disponibilidad de los fluidos ingeridos, es el grado de vaciamiento gástrico, el cual controla el grado al cual éstos son vertidos al intestino delgado y el límite al cual son influenciados por las secreciones gástricas. En un ejercicio de gran intensidad, el grado de vaciamiento gástrico se ve disminuido, pero durante un ejercicio de intensidad moderada parece haber un ligero efecto en el proceso. (54)

El vaciamiento gástrico es afectado pero no limitado por un gran número de variables del líquido ingerido, incluyendo: su densidad calórica, su osmolaridad, su acidez (pH), su contenido de sodio y electrólitos, su temperatura y el volumen ingerido. Cabe señalar que la deshidratación disminuye el vaciado gástrico e incrementa el riesgo de malestar gastrointestinal. El ejercicio de intensidad superior al 70% del  $VO_{2\text{máx}}$  disminuye también el vaciamiento gástrico. (4, 41, 49, 54)

El vaciamiento gástrico sigue un tiempo de curso exponencial, y decrece rápidamente a medida que el volumen que permanece en el estómago disminuye. Cuando se desea un alto grado de vaciamiento éste puede ser promovido mediante el mantenimiento de un volumen elevado a través de el consumo continuo de bebidas. Ya que los grandes volúmenes de líquidos se vacían con mayor rapidez del estómago que las cantidades pequeñas. (42)

Así pues, el vaciamiento gástrico aumenta por cada 200 ml de incremento en el volumen gástrico hasta alcanzar los 600 ml. Sin embargo, grandes volúmenes de fluido tienden a producir una sensación de pesadez que puede ser negativa para el rendimiento del atleta. Volúmenes de 100 a 300 ml a intervalos frecuentes (aproximadamente cada 10 a

15 min) son apropiados para una rápida absorción, conservando así una buena hidratación a la vez que se vuelve mínimo el llenado gástrico (41). Es importante señalar que los líquidos fríos (de 4 a 5 °C), son vaciados más rápidamente del estómago que las bebidas calientes. Debido a que la ingestión de líquido frío disminuye la temperatura gástrica, lo que incrementa la actividad del músculo liso de la pared del estómago y de ésta manera eleva la motilidad gástrica (11, 42)

Las principales características de la solución que influyen en su vaciamiento gástrico son su osmolaridad y contenido calórico. Este factor se ve influido por hechos tales como que el individuo que se encuentre en reposo o este realizando ejercicio con energía. Mientras mayor sea el contenido calórico de la bebida, menor será su velocidad de vaciamiento gástrico. En tanto que el tipo de hidrato de carbono (ej. azúcares simples y maltodextrinas) incluidos en la formulación de éstas bebidas tiene un efecto mínimo. (41, 49)

Como el incremento de osmolaridad del contenido gástrico tiende a hacer más lento el vaciamiento gástrico, y se conoce que los polímeros de glucosa poseen una menor osmolaridad que la misma cantidad de glucosa (49) Puede ser efectivo el utilizar polímeros de glucosa para incrementar el volumen de fluido y la cantidad de energía de sustrato vertida en el intestino. Los resultados obtenidos al respecto son variables, pero no existen reportes de que las soluciones con polímeros sean vaciadas más lentamente que las soluciones de glucosa con la misma densidad energética; aún cuando las diferencias no son estadísticamente significativas, hay una tendencia a un vaciamiento más rápido de las soluciones de polímeros (57)

Los primeros estudios en ésta área indicaron que el vaciamiento gástrico se veía disminuido si el líquido ingerido contenía más de 2.5% de carbohidratos. Investigadores midieron el vaciamiento gástrico en individuos en reposo después de que habían consumido agua y soluciones que contenían el 10, 5 y 2.5% de glucosa. Observando que las soluciones del 5 y del 10% se vaciaban del estómago más lentamente que la solución de 2.5% y el agua, los cuales presentaban un tiempo de vaciamiento gástrico similar. Como resultado de tal investigación se creyó que las bebidas para deportistas con un contenido del 6% o más de hidratos de carbono, inhibirían el vaciamiento gástrico y la absorción del fluido; afectando de manera adversa la función cardiovascular, la regulación de la temperatura corporal y el rendimiento deportivo. Sin embargo recientemente se ha visto que tal estudio no es válido. (54)

Ahora existe suficiente evidencia que el consumo de tales bebidas para deportistas, mantienen las funciones fisiológicas como lo hace el beber agua simple y además proveen beneficios en el rendimiento que sobrepasa a aquellos brindados por el consumo de agua. (1, 4, 11, 41, 49)

Cabe mencionar que la medición del vaciamiento gástrico es difícil de realizar con certeza y que el posicionamiento del tubo nasogástrico causa considerables incomodidades en el sujeto, lo cual afecta el grado de vaciamiento gástrico. Además dichos estudios del vaciamiento gástrico no proveen datos acerca de la absorción intestinal de fluidos exógenos y endógenos; por ello tales estudios sólo muestran un paso en el proceso de absorción de fluidos. El grado total de absorción de un fluido e hidratos de carbono está determinado por la combinación del vaciamiento gástrico y la absorción intestinal. (66)

Actualmente se ha desarrollado un nuevo método que parece ser de utilidad en la medición cuantitativa de la disponibilidad de agua en una bebida para dilución en los fluidos corporales. El cual consiste en marcar el líquido con óxido de deuterio (D<sub>2</sub>O) y posteriormente monitorear su aparición en sangre.

Estudios realizados con esta técnica de medición, muestran que los fluidos con un contenido de hasta un 10% de hidratos de carbono y pequeñas cantidades de electrolitos, son absorbidos tan rápido como el agua. Así mismo no se han encontrado diferencias apreciables en el vaciamiento gástrico del agua y soluciones con diferentes concentraciones y tipos de hidratos de carbono (glucosa, fructosa, sacarosa y maltodextrinas) durante el ejercicio. Mientras que se encontró una muy buena asociación entre la acumulación más lenta de D<sub>2</sub>O y el incremento de la incidencia de malestar gastrointestinal en sujetos que consumieron una bebida con un contenido del 12% de glucosa y con electrolitos durante un ejercicio intenso en un clima cálido (66)

La velocidad a la cual la bebida ingerida se vacía del estómago es importante, pero posiblemente se exagera sobre ésta, considerando todo el proceso completo para absorber un fluido. Hay otros puntos críticos que se deben tomar en cuenta:

- 1) El vaciamiento gástrico es solamente una parte del proceso de absorción de un fluido (el grado de absorción a través de la membrana del intestino delgado también debe ser considerado).
- 2) El grado de vaciamiento gástrico aún cuando se mida en condiciones estrictas del laboratorio, pueden ser extremadamente variables.
- 3) El vaciamiento gástrico es afectado por el estado emocional del atleta, el ciclo menstrual, condiciones ambientales y otros factores que el atleta no puede controlar. (41, 49, 66)

En el estómago ocurre un poco de intercambio de agua, pero no es claro si hay una absorción neta de agua; así mismo no hay absorción significativa de nutrientes diferentes al alcohol hasta cierto punto en el estómago. (11)

Una vez que el fluido ha llegado al intestino delgado (duodeno y yeyuno), éste y los nutrientes pueden ser absorbidos a través de la membrana del intestino delgado hacia el sistema circulatorio. (10, 33)

Las características físicas y químicas de la bebida afectan la absorción intestinal del fluido. Específicamente, la presencia de glucosa y sodio incrementan en gran medida la absorción del fluido. El transporte activo acoplado de sodio y glucosa crean un gradiente osmótico mayor en las células de la membrana intestinal que el contenido del fluido intestinal asegurando la absorción del agua desde la luz hacia las células epiteliales (1, 49, 66). El agua atraviesa la mucosa intestinal en cualquier dirección dependiendo de los gradientes osmóticos (10). El grado de absorción de glucosa depende de las concentraciones de glucosa y sodio en la luz. Una solución diluida de glucosa con electrolitos con una osmolaridad que es ligeramente hipotónica con respecto al plasma (220 a 250 mosmol/kg) maximizará el grado de absorción de agua. Soluciones con concentraciones elevadas de glucosa no necesariamente promoverán la absorción de glucosa con respecto a otras más diluidas pero, por su alta osmolaridad, causarán un movimiento neto del fluido hacia la luz intestinal. Esto trae como resultado una pérdida del agua corporal e incrementará la deshidratación (49, 54). Otros carbohidratos, tales como sacarosa o polímeros de glucosa pueden sustituir a la glucosa sin afectar la absorción de glucosa y agua (41, 57). Es de interés que los investigadores han informado que la absorción de líquidos con hidratos de carbono y electrolitos es igual a la absorción intestinal de agua pero no mejor. (42)

Cualquier molécula que quiera penetrar la membrana celular, deberá de pasar desde el medio acuoso externo al interior de la membrana celular, a través de la membrana plasmática y finalmente, desde la membrana plasmática al medio acuoso que se encuentra en el citoplasma dentro de la célula. Las membranas celulares de las células del epitelio intestinal se extienden mediante pliegues (microvellosidades), aumentando de esta manera la superficie de la célula y favoreciendo los intercambios de sustancias. La membrana celular está compuesta principalmente por lípidos polares o anfipáticos (ej. fosfolípidos) y proteínas, algunas de estas son enzimas otras actúan en la unión y transporte de moléculas polares a través de la membrana. Algunas proteínas se hallan unidas débilmente a la superficie de la membrana estas reciben el nombre de proteínas extrínsecas o periféricas. Otras se hallan embebidas en la estructura de la membrana y pueden extenderse por completo a través de ella, reciben el nombre de proteínas intrínsecas o integrantes. La membrana siempre tiene un equilibrio electrostático. (10, 33)

Algunas moléculas pasan directamente por los poros de la membrana celular; es el caso del agua y de los iones pequeños (cloruro, potasio, sodio). Otras moléculas se unen a un portador con el cual forman un complejo dentro de la membrana. Este complejo atraviesa el espesor de la membrana y libera a la sustancia en el lado opuesto. A este tipo de transporte se le denomina difusión facilitada. A través de la membrana celular hay un paso bidireccional. (10)

Tanto el agua como los solutos atraviesan simultáneamente las membranas celulares, y el flujo de cada uno de estos influye sobre el paso de los otros, de manera que es imposible alcanzar un equilibrio y el fenómeno es irreversible. Para mayor sencillez de conceptos, se estudia por separado el paso de agua y el paso de solutos. Como cualquier otra

substancia, el agua se mueve por efecto de un gradiente de concentración, siendo la membrana celular permeable al agua, y los principios que gobiernan su entrada a las células y su salida de ellas son los mismos que en el caso de los solutos. Sin embargo, como el paso de agua es muchas veces más rápido que el de otras sustancias, las células se comportan como si fueran permeables al agua y poco permeables a los distintos solutos. (11)

La difusión de agua (o de cualquier solvente, en términos generales) a través de una membrana en respuesta de un gradiente de concentración, siendo el paso de un medio concentrado a uno de menor concentración, se llama ósmosis. La difusión es un fenómeno de partículas, estas poseen energía cinética, al aumentar ésta hay un desplazamiento. La velocidad de difusión se ve afectada por la temperatura, la concentración y el peso molecular de las partículas. La presión osmótica es una difusión a través de una membrana. La membrana celular posee una permeabilidad selectiva, es decir, que escoge los solutos que deja pasar, algunos en gran cantidad, otros en menos, pero permitiendo siempre la fácil entrada de moléculas de agua. (14, 28, 33)

El transporte a través de las membranas celulares puede ser pasivo en caso de no requerir gasto de energía, o de tipo activo este requiere de la intervención de energía bajo la forma de ATP, casi siempre se efectúa contra un gradiente de concentración y es termosensible.(10, 33)

Ciertas hexosas, como lo es la fructosa pasan del intestino a la sangre por difusión simple a través de las membranas plasmáticas de las células intestinales, y por lo tanto, solo cuando el gradiente de concentración es adecuado. Lo mismo ocurre con la glucosa y la galactosa en pequeñas cantidades, pero además, estas sustancias son transportadas

activamente aún contra gradientes de concentración; parece que la mayor parte del transporte de glucosa depende de este último fenómeno. No hay tal transporte en el caso de la fructosa. La glucosa y la fructosa son manejadas por hexocinasas específicas, y su metabolismo libera una energía que se aprovecha para el transporte activo, no hay especificidad semejante en el caso de la galactosa. Tanto la glucosa como la fructosa estimulan el transporte global de agua por la pared del intestino, cosa que tampoco ocurre con la galactosa. El transporte de monosacáridos a través de la pared intestinal sigue siendo un problema sin resolver (10, 14, 29)

El transporte de los azúcares está relacionado con el transporte de sodio. Por efecto de la bomba de sodio, el ion sodio atraviesa la membrana plasmática y pasa al exterior (luz intestinal), manteniendo así en el interior de la célula una concentración de sodio inferior a la que existe afuera. En consecuencia, el ion sodio tiende a entrar a la célula por difusión. El ion sodio que penetra a la membrana de la célula se une a un portador, lo que aumenta la afinidad del portador por la glucosa (y por otros monosacáridos). En estas condiciones, la glucosa se encuentra en la superficie de la célula se fija sobre el foco correspondiente del portador, y este complejo triple (sodio-portador-glucosa) difunde en el espesor de la membrana celular por efecto de la diferencia de concentración de sodio entre las regiones externa e interna de la membrana. Cuando el complejo triple llega al citoplasma, donde existe una alta concentración de potasio, este desplaza al sodio, lo que reduce la afinidad del portador por la glucosa, y el azúcar pasa al citoplasma, donde es fosforilado. Puesto que la membrana es prácticamente impermeable a la glucosa fosforilada, este nuevo compuesto ya no puede salir de la célula. El portador se encuentra libre otra vez, y puede difundir hasta la superficie externa, si se trata de una molécula móvil, o girar sobre sí mismo, si se trata de un portador fijo, cuando vuelve a

combinarse con el ion sodio que difunde hacia el interior, recoge otra molécula de azúcar, y se repite el ciclo. (10, 29)

La denominada bomba de sodio es el transporte activo de los iones sodio y potasio, y va en contra de un gradiente de concentraciones.

Existe otro modelo diferente de transporte de monosacáridos en el yeyuno; la mayor parte de la absorción de NaCl por la pared del intestino depende de un "fenómeno de transporte de masa" de la solución a favor del gradiente de presión osmótica. El efecto estimulante de la glucosa y la galactosa, incluso sin paso de agua, se explica mediante un modelo en el cual el transporte activo de monosacáridos origina una presión osmótica local que permite la absorción de solución (NaCl y agua) a partir de la luz del yeyuno; en presencia de manitol, esta fuerza es contrarrestada por el paso inverso del solvente puro (agua) por un conjunto paralelo de los conductos impermeables al sodio. (29)

Varios estudios han mostrado que el desempeño de una actividad física a una intensidad del 70% de la capacidad máxima del individuo tiene un ligero efecto en la función intestinal, mientras que intensidades superiores de ejercicio, el vaciamiento gástrico y la absorción intestinal pueden ser reducidos. (49)

### 5.3 COMPOSICIÓN DE LAS BEBIDAS PARA DEPORTISTAS

Como ya se mencionó los objetivos de las bebidas para deportistas son los de. restituir el agua perdida a través del sudor, suministrar energía y electrolitos. Los principales componentes de las bebidas para deportistas son el agua, los hidratos de carbono y electrolitos. Algunos contienen a su vez otro tipo de aditivos. Existiendo en el mercado una amplia variedad de bebidas para deportistas que difieren en su composición y presentación. Las cuales le permiten al consumidor elegir la que más le satisfaga (49). En la tabla 10 se enlistan algunas de estas bebidas.

Mientras que resulta aparente que el suministro de hidratos de carbono durante el desempeño de una actividad física mejoran el rendimiento, existe algo de confusión acerca de que tipo de hidrato de carbono es el mejor [glucosa, maltodextrinas (polímeros de glucosa), sacarosa o fructosa]. (41, 49, 66)

Las bebidas que contienen cantidades iguales o similares de calorías, son vaciadas del estómago a velocidades muy semejantes. (66)

La glucosa, las maltodextrinas y la sacarosa, estimulan la absorción de fluidos en el intestino delgado Sin embargo, la fructosa, la cual es absorbida más despacio que los otros hidratos de carbono no estimula tanto la absorción de fluidos De hecho, el malestar gastrointestinal y la diarrea osmótica son efectos secundarios comunes al beber soluciones de fructosa durante el ejercicio. (1, 41, 49, 53)

Se ha observado que la ingestión de fructosa antes de efectuar un ejercicio causa menores elevaciones en el nivel de glucosa en sangre. Representando dicho incremento

Tabla 10

**TABLA COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES BEBIDAS PARA DEPORTISTAS (49, 53, 61,62)**

MARCA	TIPO DE CHO's	% CHO's	Presentación	CHO (g)	Sodio (mg)	Potasio (mg)	Extras	Osmolaridad	kilocalorías
10 K	jarabe de alta fructosa, sacarosa	6.3	8 oz - 240 ml	15	55	30	vit.C, Cl, P	350	60
ALL SPORT	jarabe de maíz de alta fructosa, sacarosa	7	8 oz - 240 ml	19	55	55			76
BODY FUEL	fructosa , polímeros de glucosa	7	8 oz - 240 ml	17	70	20	Vit.A, C, B6, niacina, Fe.		68
BREAKTHROUGH	polímeros de glucosa, y fructosa	9	8 oz - 240 ml	20	60	45			80
BYN ENERGÉTICO (polvo)	fructosa, CHO's complejos obtenidos por hidrólisis enzimática de almidón de maíz.	9.7	28 g en 240 ml	26	19	98	Ca, P, I, Fe, Mg, Cu, Zn, Mn, Cl, vit A, B1, B2, B6, B12, D, E, K, ac. fólico, ac. ascórbico, niacina, biotina, ac. pantoténico.		100
CHAMPION Revenge							piruvato, Q10, creatina		
CYTO MAX	fructosa y maltodextrinas	10	8 oz - 240 ml	19	50	100	polilactato		83
CYTOSPORT (polvo)		4			40	75	romo		
DEPORTELYTE	polímeros de glucosa, y fructosa	7.2	240 ml * 500 ml		50 103,5	45 94		250	70
ENDURA	fructosa y polímeros de glucosa	6							60
ENDUROX R4		15	polvo		153	93	L-glutamina, L-arginina, Cíwujia (Endurox)		
ENERGY CITRUS	jarabe de glucosa, sacarosa	5.8	260 ml *460 ml	15	124	26.5	ácido ascórbico		60
ENERPLEX	jarabe de fructosa, maltodextrinas	6.3	240 ml * 650 ml	15	110	58	Ca, Mg, Cr (FTG), ac. pantoténico, vit.B6, B12, biotina, ac. fólico, ac.		60
							láctico, citrato de Na.		

Tabla 10

MARCA	TIPO DE CHO's	% CHO's	Presentación	CHO (g)	Sodio (mg)	Potasio (mg)	Extras	Osmolaridad	kilocalorías
EVERLAST	fructosa, sacarosa	6.25	8 oz - 240 ml	15	80	69	Cl, Mg		60
EXCEED	fructosa, polímeros de glucos	7	8 oz - 240 ml	17	50	45			70
EXCEL		7.5	8 oz - 240 ml	18					71
FIT AKTIV (polvo)		5.8	20 g en 240 ml	15.04	386	368	Ca, Mg, P, Fe, vit B1, C, vit E.		66
GATORADE light	glucosa (contiene sacarina)	3							25
GATORADE (líquido)	sólidos de glucosa, sacarosa	6	240ml 240 ml	14	110	25	Cl, P.	280-360	50
GATORADE (polvo)	glucosa, sacarosa.				110	25	Cl, P.	280-360	50
GOL	j. sacarosa, j. glucosa, fructosa	5.6	250 ml	14	110	30			50
HYDRAFUEL	fructosa, glucosa, polímeros de glucosa	7	8 oz - 240 ml	16	50	99	Vit.C, fósforo		66
HYPO CELL. FX	polímeros de glucosa	7							62
ICO PRO	fructosa, maltodextrinas	8	8 oz - 240 ml	21					80
ICY BREAK	sucralosa		236 ml *591 ml	0.9	80	70	vitA,C,B1,B2, niacina, Ca, Fe		2
INNERGIZE	fructosa, maltodextrinas	7							70
ISOLAR (polvo)	fructosa, glucosa, sacarosa, maltodextrinas	7.7	20.4 g - 240ml	18.5			vit E, C, nicotinamida, B1 B2, biotina, ac. fólico, pant.		77
LAGARTO	fructosa, glucosa	2.8	500 ml	14	110	25	vitA,C,B1,B2,niacina, Ca		50
LIFON'S QEM	fructosa, glucosa, sacarosa	4.9	8 oz - 240 ml	11.5	54	69	Vit C		45

Tabla 10

MARCA	Tipo de CHO's	% CHO's	Presentación	CHO (g)	Sodio (mg)	Potasio (mg)	Extras	Osmolaridad	kilocalorías
LUCOZADE	dextrosa, jarabe de glucosa, maltodextrina, sucralosa.	8	240 ml *300 ml	19.2	120			280	76
MUGA-BASIC isodrink (polvo)	almidón seco, fructosa, glucosa.	6.8	20 g en 250ml	18.15	27.32	85.47	Vit. C, E, B1, B2, B12, B6, nicotinamida, ac. pantoténico, beta caroteno, Ca, Cl, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Se, Zn.		74
MET-RX ORS		8			125	40			
MOUNTAIN DEW SPO	fructosa, sacarosa	10							95
MULTICARBO (polvo)		7	20 g en 240ml	18.4		100	Mg, vit. B1, B2, B6, C, ac. pantoténico.		76
PERFORMANCE	fructosa, maltodextrinas.	11							100
POPCARI	fructosa, glucosa, sacarosa.	6	245 ml	14.9	21	5	Ca, Cl, Mg, vit C, citrato, lactato y glutamato.		59
POWERADE	jarabe de maíz de alta fructo polímeros de glucosa.	8	8 oz - 240 ml		73	33			67
POWERBAR Perform		7			110	35			
POWERBURST	fructosa cristalina.	6	8 oz - 240 ml		25	50	vitA, E, B6, B12, niacina, C, biotina, ac. fólico, Mg		55
POWER SURGE		7.5	8 oz - 240 ml	18					75
PR FUEL		6.25	8 oz - 240 ml	15					60
PR Solution		6	polvo		25	35	romo, L-glutamina		
PUREPOWER		7.5	8 oz - 240 ml	20					80
QUICKICK	fructosa, sacarina.	4.7			116	23	Ca, Cl, P.	305	
RECHARGE	fructosa, sacarosa.	8	8 oz - 240 ml	16	30	85			72

Tabla 10

MARCA	Tipo de CHO's	% CHO'S	Presentación	CHO (g)	Sodio (mg)	Potasio (mg)	Extras	Osmolaridad	kilocalorías
SMARTFUEL		8	polvo		80	80			
SPIKE	jarabe de alta fructosa.				120	40	Ca, Fe, vit. A, C, B1, B2, niacina.		
SPORTALYTE		6.7	8 oz - 240 ml	16					70
ULTIMA Replenisher		2	polvo		8	16	90 nutrientes adicionales		
* COCA COLA	jarabe de alta fructosa, sacarosa	10.7		30	9.2		fósforo	600-715	120
* JUGO DE NARANJA	fructosa, glucosa, sacarosa.	11.8		33	2.7	510	Ca, P, Fe, vit A, C, B1, B2, niacina	690	132
*DIORALYTE		1.6						260	

Nota: en la columna correspondiente a la presentación, el volumen precedido por un asterisco, representa la presentación de la bebida en el mercado.

solamente el 20%-30% del observado al ingerir glucosa, mientras que existe una ligera elevación de la concentración de insulina en el plasma. En consecuencia, se tiene un nivel constante de glucosa en sangre durante el ejercicio. La prevención de la hipoglucemia es una razón por la cual se utiliza fructosa en las bebidas para deportistas. También se ha observado, que en el hígado el glucógeno es formado a partir de fructosa de manera más eficiente que a partir de glucosa. (67)

Estudios realizados sobre la comparación de la fructosa y la glucosa, sobre el ahorro de las reservas de glucógeno. Sugieren que la ingestión de fructosa antes de un evento, permite utilizar más grasa durante el desempeño de la actividad física. Se dice también que el vaciamiento gástrico de una solución con fructosa es una tercera parte más rápido que el de una solución con glucosa. (49)

El consumo de soluciones de glucosa, maltodextrinas y sacarosa durante el ejercicio, producen respuestas similares en el sistema cardiovascular y en la termoregulación del cuerpo. El efecto en el rendimiento es similar en el caso de consumir estos hidratos de carbono. La ingestión de la fructosa durante el desempeño de una actividad física no está asociada con un mejoramiento del rendimiento, posiblemente debido a que la fructosa no es metabolizada y liberada por el hígado lo suficientemente rápido para suministrar la suficiente cantidad de glucosa a los músculos en actividad. (54)

Estudios realizados con diferentes individuos (en reposo), en cuanto a la acumulación de D<sub>2</sub>O en plasma después de haber ingerido 275 ml de cinco bebidas diferentes marcadas con D<sub>2</sub>O: un placebo de agua (W), 6% maltodextrina (6% M), y tres soluciones conteniendo un 6%, 8% y un 10% de una mezcla de glucosa-fructosa (6%GF, 8%GF y 10%GF). Excepto por el placebo de agua, todas las demás bebidas contenían 20 mmol/L

de sodio y 3 mmol/L de potasio. Mostraron que no existieron diferencias en la acumulación de D<sub>2</sub>O en plasma. La concentración de la glucosa en plasma aumento a los 20-30 minutos después de la ingestión de las bebidas con hidratos de carbono y volvió a su concentración inicial (6%GF y 6%M) o ligeramente por debajo de esta (8%GF y 10%GF) después de 60 minutos. La respuesta de la insulina fue similar, excepto por un valor ligeramente menor a los 30 minutos para la solución 6%GF. Dicho estudio lleva a la siguiente conclusión: los fluidos en las bebidas que contienen hidratos de carbono en 8-10% (monosacáridos o maltodextrinas) son absorbidas a velocidades similares. También se observó que la respuesta de la insulina después de la ingestión de las bebidas que contenían fructosa fue significativamente menor a la que ocurrió después de la ingestión de la misma cantidad isocalórica de bebidas que contenían glucosa. Los resultados obtenidos mostraron que las respuestas glucémica y de insulina asociadas con la ingestión de soluciones de maltodextrinas son similares a los producidos por la ingestión de soluciones equimolares de glucosa libre. (66)

Actualmente se ha demostrado que las bebidas que contienen entre un 6% y un 8% de glucosa o sacarosa son absorbidas tan rápidamente como el agua, suministrando a su vez energía para los músculos. Es de dudarse que las bebidas para deportistas con un contenido de menos del 5% de hidratos de carbono puedan suministrar la suficiente cantidad de energía para mejorar el rendimiento. Mientras que las bebidas que contienen más de un 10% de hidratos de carbono son asociados con calambres abdominales, náusea y diarrea. (41, 49, 66)

Muchas bebidas para deportistas utilizan en su formulación los polímeros de glucosa como fuente de hidratos de carbono. Debido a que estos poseen un peso molecular aproximadamente cinco veces mayor que el de la glucosa, una solución de polímeros de

glucosa tiene cerca de un quinto ( $1/5$ ) de la osmolaridad de una solución de glucosa de igual concentración. Estudios demostraron que una bebida con un contenido del 5% de polímeros de glucosa y 2% de fructosa (similar a la composición del Deportelyte) presenta un vaciamiento gástrico similar al del agua. Debe de recordarse que el vaciamiento gástrico es solamente una parte del proceso de absorción de un fluido. Investigaciones realizadas con bebidas formuladas con polímeros de glucosa muestran que los hidratos de carbono suministrados mejoran el rendimiento. Es posible que las soluciones de polímeros de glucosa presenten una ventaja en su absorción sobre las soluciones de glucosa cuando la concentración de la bebida exceda del 10% (hasta un 15%), debido a su menor osmolaridad. También se ha observado que los polímeros de glucosa son preferidos por sus características organolépticas ya que no son empalagosas. (41, 54, 56)

La osmolaridad normal del plasma humano es de 290-302 mosmol/L, la mayor parte de las bebidas para deportistas son cercanas a la isotonicidad; una menor osmolaridad ayuda a promover la absorción de agua, pero ello resulta difícil de lograr cuando se desea suministrar una cantidad significativa de hidratos de carbono (49). El electrólito más importante presente en este tipo de bebidas es el sodio, algunas contienen también potasio. El sodio estimula la absorción del agua e hidratos de carbono en el intestino delgado, a la vez restituye el volumen del plasma durante el ejercicio y en la recuperación. Investigaciones han indicado que el consumo de bebidas que contienen sodio ayudan a retener agua en el espacio extracelular sin inhibir la sed (41). La ingestión de agua natural tiende a terminar con el deseo de continuar bebiendo. de esta manera, el volumen plasmático no sería restituido adecuadamente debido a que el consumo de fluidos es insuficiente. El sodio también es necesario para una rehidratación posterior a un evento, lo cual resulta de particular importancia cuando el ejercicio tiene que ser

repetido en un lapso de unas cuantas horas; si bebidas conteniendo poco o nada de sodio son ingeridas, se estimulará la producción de orina y gran cantidad del líquido ingerido no será retenido (42). La mayor parte de los refrescos de cola o variedad de limonadas virtualmente no contienen nada de sodio (1-3 mmol/L). Debido a su alto contenido de azúcares y ácidos, son notablemente hipertónicos, y causarán inicialmente una secreción neta de agua y sal a la luz intestinal. El agua será eventualmente absorbida, pero solamente hasta el contenido del lumen intestinal haya sido diluido. (49)

Existe la preocupación de que las bebidas para deportistas contengan altas concentraciones de sodio. En realidad, la mayoría de este tipo de bebidas son bajas en sodio; normalmente contienen alrededor de 10-25 mmol/L de sodio, a lo máximo deben de contener 0.2 g de sodio/100 ml ; los sueros orales rehidratantes para el tratamiento de la deshidratación causada por la diarrea poseen mayores cantidades de sodio (30-90 mmol/L). Un alto contenido de sodio tiende a conferir un tono desabrido a las bebidas, aunque el gusto y el deseo por el sodio cambia cuando una persona se encuentra deshidratada y su temperatura corporal es elevada (49) No obstante, es importante que las bebidas diseñadas para tomarse durante o después de realizar una actividad física tengan un sabor agradable, para estimular su consumo. Esto puede causar problemas, debido a que la velocidad del vaciamiento gástrico se ve disminuida, si el pH es muy bajo, o si son añadidos citratos u otros agentes saborizantes. Las bebidas especiales para deportistas están formuladas para lograr un balance entre ambos objetivos de eficacia y palatabilidad, aunque no todas logran una u otra intención. Puesto que la mayor parte de las abrumadoras ventas no están relacionadas con el deporte, es inevitable que todos los fabricantes consideren al sabor como más importante. (57, 66)

A pesar de que los principales ingredientes en las bebidas para deportistas deben de ser el agua y los hidratos de carbono, se encuentran diferentes aditivos presentes en estas bebidas. Estos se pueden agrupar dos categorías. La primer categoría esta integrada por substancias que pueden ser exigidas durante el desempeño de una actividad física, ya sea debido a pérdidas de estas en el sudor, como ha sido reportado en el caso del calcio, hierro, magnesio, zinc y otros minerales, o como resultado de un incremento en el requerimiento del tejido. Se ha señalado que existe un aumento del requerimiento de varias vitaminas (incluyendo las vitaminas A, C, E y varias del complejo B) como resultado de un ejercicio extenuante, pero no existe evidencia suficiente que respalde lo anterior (1, 41, 49). Si bien, existe un pequeño incremento en las pérdidas de algunos minerales, no existe evidencia de que haya algún beneficio que derive del reemplazarlos durante el ejercicio. Aunque dichas pérdidas pueden alcanzar niveles significativos en aquellos individuos sujetos a entrenamientos intensos diarios, existe un gran incremento desproporcionado en los requerimientos energéticos de dichos individuos. Los ciclistas del Tour de Francia gastan un promedio diario de energía de alrededor de 5733 kcal/día; los valores individuales pueden ser mayores a 7645 kcal/día. El consumo de energía es aproximadamente igual a la energía gastada. Si el incremento en el requerimiento de energía es suministrado por el consumo de una dieta variada, el consumo de vitaminas y minerales será más que adecuado para cubrir las pérdidas. Si la dieta no cumple con el suministro requerido de energía, el entrenamiento intensivo no podrá ser mantenido, y las pérdidas serán automáticamente limitadas. (49)

La segunda clase de aditivos incluye un amplio grupo de compuestos clasificados como "ayudas ergogénicas". Estas ayudas ergogénicas ayudan a producir trabajo, pudiendo reforzar la velocidad de ejecución del movimiento o en el desarrollo de la fuerza muscular, demorar la aparición de la fatiga o acelerar el proceso de recuperación

orgánica. Estas sustancias ayudan a incrementar el rendimiento e incluyen fosfato inorgánico, aminoácidos ramificados, aspartato, sales alcalinas, gelatina, ginseng, lactato y polilactato (1, 41, 49). Aunque existen muchos reportes sobre el aumento en el rendimiento debido a la ingestión de dichas sustancias, pocos estudios han sido bien controlados; la mayor parte de los resultados de los estudios han sido negativos. Una excepción a ello ha sido el bicarbonato y otros agentes alcalinizantes. Algunos reportes publicados han mostrado un incremento en el rendimiento en ejercicios intensos de pequeña duración cuando se han consumidos grandes cantidades de bicarbonato (alrededor de 20 g) de unas dos a tres horas antes del ejercicio. Estas cantidades tan elevadas, normalmente traen como consecuencia malestares gastrointestinales. (49)

Otra categoría de las bebidas para deportistas merece ser mencionada. La participación en el desarrollo de actividades físicas se ha incrementado en años recientes, en gran parte debido a que el ejercicio es saludable y de manera particular como una ayuda en el control de peso. Por lo menos, una bebida baja en calorías para deportistas está dirigida hacia ese mercado y algunas de las principales marcas han introducido las versiones "light" de su producto. Para un atleta serio, el contenido de los hidratos de carbono de una bebida para deportistas es importante para ayudarle a cumplir con sus requerimientos energéticos, pero aquellas personas que hacen ejercicio para bajar de peso y no para competir, pueden no desear consumir una bebida alta en glucosa o en polímeros de glucosa; esto también es aplicable a aquellos atletas que participan en eventos en donde la competencia es por categorías de acuerdo al peso (como los boxeadores y gimnastas) o en aquellos deportes en los cuales el tener peso ligero es importante (como los jockeys). El factor sabor significa que el agua natural no es una elección popular y, mientras que algunas bebidas para deportistas son ligeramente carbonatadas, la mayor

parte de los refrescos bajos en calorías son altamente carbonatados para ser consumidos en grandes volúmenes. (49, 54)

Otros aditivos que contienen las bebidas para deportistas son: los saborizantes, los colorantes, el aceite vegetal bromado, el ácido cítrico, citrato de sodio, las gomas tales como la arábica y la esteárica, conservadores tales como el benzoato de sodio y el sorbato de potasio. Algunos de ellos son adicionados con el objeto de dar a la bebidas características organolépticas adecuadas y otros para su conservación.

## **5.4 FUNCIÓN QUE DESEMPEÑAN LOS INGREDIENTES ADICIONADOS A LAS DIFERENTES MARCAS DE BEBIDAS PARA DEPORTISTAS.**

### **AGUA**

El agua constituye el ingrediente principal de las **bebidas para deportistas**, su objetivo es el de restituir el agua perdida a través del sudor, a su vez sirve de disolvente y de vehículo para los demás ingredientes adicionados a dichas bebidas. (4, 8)

### **ACIDULANTES**

Los ácidos comúnmente utilizados en este tipo de bebidas son: cítrico, málico, tartárico; además del benzoico, propiónico y sórbico que son empleados como conservadores. Entre las funciones que desempeñan los ácidos se encuentran: amortiguador del pH, sinérgicos con antioxidantes (ya que secuestran metales como el hierro y cobre inactivándolos), prevenir reacciones de oscurecimiento, modificación de viscosidad e inhibidores del crecimiento microbiano. A la vez confieren e intensifican el sabor, acidez, enmascaran sabores no deseados, poseen la capacidad de aumentar el tiempo de conservación de las propiedades organolépticas de los alimentos. (26, 68)

### ***Fosfatos.-***

Los fosfatos se emplean como: estabilizador de emulsiones, amortiguador de pH, como acidificante o alcalinizante y como hidratante por su poder de retención de agua. El fosfato

monosódico es un agente emulsificante; los fosfatos de sodio, potasio, magnesio y calcio son utilizados como amortiguadores de pH. (68)

El fósforo es un elemento esencial, forma un complejo junto con el calcio el cual constituye gran parte de los huesos y dientes. Forma parte activa de la mayoría de las vitaminas solubles en agua y de algunas coenzimas, moléculas de fosfolípidos, moléculas de la mayoría de los metabolitos de los hidratos de carbono (glucólisis anaerobia), de los de la gluconeogénesis, ácidos nucleicos, nucleótidos, participa formando uniones de alta energía, integrando así sistemas productores de energía del organismo (ATP y fosfato de creatina), interviniendo también en la regulación del pH. El fosfato de sodio parece elevar los niveles de 2,3-difosfoglicerato, sustancia que se elabora durante el metabolismo de los hidratos de carbono, la cual aumenta la captación de oxígeno del tejido muscular y reduce la acumulación de ácido láctico y por ende la fatiga, por todo lo anterior se le utiliza también como agente ergogénico. (11, 33)

Su empleo como ergógeno se ha estudiado por años, la mayoría de los trabajos de investigación actuales se han enfocado sobre la capacidad de las sales de fosfato de incrementar la captación de oxígeno y el rendimiento de resistencia. Algunos estudios en los cuales se han empleado dosis y planteamientos que resultan adecuados desde el punto de vista experimental, no han dado cuenta de un efecto benéfico de la administración suplementaria de fosfatos en parámetros del rendimiento físico, tales como la función cardiovascular y la eficiencia de oxígeno al 60% del  $VO_2$ máx, la producción de ácido láctico, el  $VO_2$ máx en una carrera de 8 km. No obstante, otros cuatro estudios bien diseñados

describen incrementos significativos del  $VO_2$ máx de aproximadamente el 10%, descensos de la producción de lactato durante el ejercicio físico submáximo, además de descensos en el tiempo empleado para completar una carrera ciclista de 40 km en condiciones de laboratorio, por lo anterior son precisos más estudios al respecto. (1)

## **CONSERVADORES**

### ***Benzoato de sodio.-***

El benzoato de sodio es un conservador, el cual es soluble en agua, al solubilizarse se convierte en ácido benzoico y sodio; siendo el ácido su forma activa. El rango de pH óptimo de actividad del ácido benzoico es de 2.5-4.0 (26). Es activo principalmente contra levaduras y bacterias, mientras que es en menor grado para los hongos. Sus niveles de uso son de 0.05%-0.10% en peso, no causa problemas de toxicidad en el ser humano cuando se ingiere en estas concentraciones, ya que se elimina mediante reacciones de detoxificación. Al ser adicionado en determinados alimentos puede dar un sabor perceptible, por lo que suele emplearse en concentraciones bajas en combinación con otro conservador, tal como el sorbato de potasio o los ésteres del ácido p-hidroxibenzoico. (68, 69)

### ***Sorbato de potasio.-***

El ácido sórbico y sus sales de potasio y sodio son conservadores. La molécula sin disociar es más efectiva que la disociada. Los sorbatos de potasio y sodio pueden ser utilizados solos o en combinación con el benzoato de sodio. El sorbato tiene un amplio rango de actividad sobre las levaduras y hongos, siendo menos efectivo contra bacterias. Es muy soluble en

agua y altera poco el sabor del producto (26, 68). El sorbato puede ser utilizado en concentraciones de 0.025-0.10%, su intervalo de actividad puede alcanzar hasta un pH de 6.5, su efectividad aumenta al reducir el pH. El ácido sórbico es metabolizado y eliminado a través de reacciones de beta oxidación, por lo que no es tóxico. (69)

## **ESTABILIZANTES**

### ***Aceite vegetal bromado.-***

El aceite vegetal bromado es un estabilizador utilizado en bebidas de sabores cítricos y de frutas, la cantidad utilizada de este es de 15 ppm. (68)

## **GOMAS**

Sus principales usos en bebidas son: como fijadores de saborizantes, para hacer emulsiones de saborizantes, estabilizador de espuma, emulsificante (26). Las gomas más utilizadas para este tipo de producto son: la arábica, la gatti y la alerce, son bastante solubles en agua y son estables en soluciones ligeramente ácidas. La viscosidad de la goma arábica se ve reducida por la presencia de electrolitos, mientras que la estabilidad de la goma alerce no se ve afectada por la presencia de electrolitos, pero forma soluciones ligeramente amarillentas a concentraciones superiores del 40%, lo cual no sucede con las soluciones preparadas con goma arábica las cuales son incoloras. A su vez la goma gatti es un amortiguador de pH natural. (68)

## **AZÚCARES Y POLISACÁRIDOS**

Son adicionados diferentes tipos de azúcares y polisacáridos a este tipo de bebidas, siendo su objetivo principal el suministrar energía al atleta. Los azúcares a la vez dan un sabor dulce y agradable a las bebidas. Los azúcares más utilizados son: la glucosa, la sacarosa, la fructosa; mientras que los polisacáridos preferidos son: las maltodextrinas y los polímeros de glucosa (1, 4)

## **MINERALES**

### ***Calcio.-***

La mayor parte del contenido de calcio forma parte del esqueleto, en forma del mineral cristalino insoluble hidroxiapatita de calcio. Mientras que el resto se encuentra en los fluidos corporales o en el interior de los tejidos. El calcio de la fracción extraesquelética interviene en las siguientes funciones: coagulación sanguínea, activación de varias enzimas, transmisión de impulsos nerviosos, contracción muscular, mecanismos de secreción de algunas hormonas, capacidad de adhesión de unas células con otras, mantenimiento y funcionamiento de las membranas celulares. (33)

La absorción del calcio se efectúa en el intestino (duodeno), absorbiéndose entre el 30 y el 60% de este nutrimento, su absorción esta regulada por: el pH, la relación calcio-fósforo de la dieta la cual debe ser 1.1 (un desequilibrio reduce su transporte y aprovechamiento, cuando hay un exceso de fósforo se puede formar fosfato de calcio que es insoluble y no

absorbible), la abundancia de proteínas, la presencia de lisina y arginina. La presencia de lactosa mejora su absorción, ya que está se fermenta en la parte distal del intestino delgado, produciendo ácido láctico y bajando el pH; esto solubiliza al calcio y favorece su absorción. El exceso de grasa, la falta de vitamina D, los citratos, oxalatos y fitatos, no favorecen su absorción. Estudios realizados en ratas muestran que el pirofosfato y el tripolifosfato de sodio inhiben la absorción de calcio. (26)

El plasma recibe calcio de la dieta, de la reabsorción renal y de los huesos. Siendo los huesos una reserva de calcio muy grande y lábil que puede ser movilizada cuando el contenido de calcio de la dieta es bajo. Mientras que se pierde a través de la excreción urinaria y fecal, por su depósito en el tejido óseo, por descarga endógena de este al tracto digestivo y a través del sudor. (10)

Durante la práctica del ejercicio, el calcio juega un papel esencial en el inicio de la contracción muscular. La liberación de calcio en el interior de las células inicia el proceso de contracción, mientras que su recaptación marca el principio de la fase de recuperación. Se ha comprobado que el calcio en el plasma puede permanecer inalterado, disminuir o aumentar durante la práctica del ejercicio. Esta variación puede ser atribuida a factores tales como: la pérdida de agua que determina la concentración del líquido plasmático, un mayor ritmo de liberación por parte de los huesos debido a esfuerzos mecánicos, o una captación reducida por los huesos, determinada por un descenso de la síntesis ósea. (1)

Se ha demostrado que las atletas femeninas pueden padecer fracturas por sobreesfuerzo, disminución importante de su densidad ósea, o ambas. Esta "osteoporosis de la atleta" se ha asociado con depresión hormonal, que afecta especialmente a los estrógenos y que se debe al sobreesfuerzo impuesto por el ejercicio. Los atletas sometidos a entrenamiento de fuerza y a una dieta con alto consumo de proteínas, pueden excretar más calcio por medio de la orina, especialmente cuando la ingesta de fósforo no se ve incrementada de forma paralela a la ingestión proteica (7, 11,13). Los atletas cuya ingesta diaria de energía sea baja o aquellos que siguen un programa de reducción de peso, pueden estar expuestos a una ingesta marginal o insuficiente de calcio. Algunos estudios indican que en el caso de mujeres que han sobrepasado la menopausia y que no reciben tratamiento de estrógenos, es necesaria un ingesta de calcio de 1500 mg/día para lograr el equilibrio de calcio. Se sugiere que las atletas amenorreicas presentan un nivel similar de hormonas y por lo tanto, su ingesta de calcio debería ser también de 1500 mg/día. (1)

#### *Cromo.-*

El cromo actúa como cofactor de enzimas o como grupo prostético. Actúa de manera conjunta con la insulina, potenciando su actividad. Constituye por lo tanto, una sustancia esencial para la regulación normal de los niveles de glucosa en sangre. También es necesario para el adecuado crecimiento de los huesos y tejidos blandos. (33)

Debido a su papel en el metabolismo de la insulina-hidratos de carbono-energía, se cree que el cromo tiene una especial importancia para las personas que están sometidas a un trabajo físico pesado y consumen dietas ricas en hidratos de carbono. (1)

Se sabe que diferentes clases de esfuerzos, incluido el ejercicio físico, las infecciones y los traumatismos, hacen que se manifiesten estados marginales de carencia de cromo. Se sabe que las dietas ricas en hidratos de carbono, especialmente las fuentes de hidratos de carbono de alto índice glucémico, producen un aumento en las pérdidas de cromo en la orina. Esto se debe probablemente al efecto de estos hidratos de carbono sobre la secreción cuantitativa de insulina y su consiguiente degradación. Así mismo, el ejercicio físico hace que aumenten las pérdidas de cromo en la orina. (1,7)

Las pérdidas de cromo en el sudor no han sido cuantificadas mediante métodos analíticos aceptables. Los estudios con animales muestran que los niveles bajos de cromo van asociados con una disminución de las reservas de glucógeno; mientras que el suministro adicional de cromo hace que el almacenamiento de glucógeno aumente. Debido a que tanto el rendimiento de resistencia como la degradación de proteínas dependen de la disponibilidad de hidratos de carbono, se ha sugerido que la aportación suficiente de cromo en la dieta optimiza el rendimiento de resistencia. (11)

En un estudio, se observó que el suministro adicional de cromo en forma de picolinato de cromo aumentó la masa magra corporal y disminuyó el tejido adiposo en los atletas de

fuerza. Sin embargo, hay que ser cuidadosos en la interpretación de estos resultados, dado que se careció de controles al estudiar el nivel de cromo en los sujetos que tomaron parte en la prueba (1, 60). Se ha sugerido que la acción potenciadora del cromo sobre la función de la insulina es responsable de una mejor incorporación de los ácidos aminados al tejido muscular, aumentando así la masa magra, el metabolismo basal y disminuyendo el tejido adiposo. (1)

Estudios han demostrado que la suplementación con cromo reduce la intolerancia a la glucosa. La deficiencia de este metal en la dieta se asocia con una alteración en el metabolismo de los lípidos y de la glucosa, pudiendo causar diabetes y arteriosclerosis (71). Las cantidades seguras recomendadas son de 50-200 mcg/día para adultos. (7)

El cromo hexavalente es mucho más tóxico que el trivalente, siendo el último el de utilidad para la actividad biológica. La forma más activa del cromo, es aquella en la cual está incorporado a una molécula orgánica de bajo peso molecular, la cual se encuentra en muchos alimentos, su estructura aún se desconoce. Este compuesto ha sido designado como el factor de tolerancia de glucosa y se designa con las letras GTF. Estudios bioquímicos realizados muestran que el cromo requiere de insulina para todas sus funciones. El GTF ha sido el único de muchos compuestos estudiados que pasa la placenta hacia el feto (estudio en ratas). El cromo es transportado por la transferrina en el plasma, la principal ruta de excreción es la orina. (71)

El cromo se encuentra en: la levadura de cerveza, germen de cereales, azúcar morena, melazas e hígado. La absorción de cromo varía del 0.3 al 1.0% para el cromo inorgánico y del 5 al 15% para el cromo asociado a moléculas orgánicas. Se sabe que la absorción de cromo interactúa con las del hierro y del zinc, a las cuales inhibe (11).

### ***Hierro.-***

Son esenciales las cantidades apropiadas de hierro en el cuerpo para tener un óptimo rendimiento deportivo; la deficiencia de hierro de grado suficiente para producir anemia limita la capacidad de trabajo físico y las pruebas con las que se cuenta sugieren que las primeras etapas de la deficiencia de hierro pueden tener efectos similares. Al mismo tiempo ciertas actividades físicas, parecen provocar pérdidas de hierro corporal durante el entrenamiento, por lo tanto, predisponen al deportista a experimentar deficiencia de este elemento. Aunque es rara la anemia manifiesta en atletas, alrededor del 40 al 50% de los deportistas adolescentes manifiestan cierto grado de deficiencia de hierro. Las reservas bajas de hierro pueden afectar de manera negativa las funciones gastrointestinales, neurológicas e inmunológicas. (1,13)

El contenido de hierro en el cuerpo es pequeño y promedia cerca de 3.5 g en varones adultos. La mayor parte del hierro (cerca del 70%) se encuentra incorporado en la hemoglobina. Un 5% se encuentra dentro de las células como componente estructural de la mioglobina y en los citocromos A,B y C (intervienen en la producción oxidativa de ATP), así como en múltiples sistemas enzimáticos dependientes del hierro con funciones diversas. Entre ellos están: NADH, deshidrogenasa succínica y la xantinoxidasa (importante en ei

sistema de transporte de electrones mitocondrial) y aconitasa (ciclo de los ácidos tricarbóxicos). El resto del hierro corporal se almacena en el hígado y sistema reticuloendotelial en forma de ferritina, un complejo de hierro y proteínas. Las concentraciones de ferritina en suero sirven como marcadores precisos de las reservas corporales de este elemento. Durante las etapas tardías de la deficiencia de hierro empieza a disminuir la concentración de hemoglobina y sobreviene la anemia manifiesta (10, 28, 33)

La actividad física que dura más de unos minutos depende de la provisión suficiente de oxígeno para que los músculos en actividad obtengan energía del metabolismo aerobio. No es sorprendente, por lo tanto, que la anemia resultante por la deficiencia de hierro altere de manera profunda el rendimiento del deportista, debido a la reducción de la captación máxima de oxígeno (11). Aunque cabría suponer que la causa de la reducción del trabajo es la disminución del contenido de oxígeno de la sangre, también son importantes otros factores, como lo son: la disminución de la viscosidad sanguínea y la resistencia vascular general aumenta el gasto cardíaco en reposo en el sujeto anémico, con lo que limita la reserva cardíaca del ejercicio. El agotamiento de las reservas corporales de hierro, que reduce las concentraciones de mioglobina y citocromo, lo mismo que las enzimas del sistema de transporte de electrones y del ciclo de los ácidos tricarbóxicos, alteran el metabolismo aerobio y limitan la capacidad del ejercicio independientemente de los efectos de la anemia por deficiencia de hierro. Estudios en ratas han sugerido que el agotamiento del hierro muscular altera el rendimiento al deprimir el metabolismo aerobio intracelular, en tanto que,

la anemia por deficiencia de hierro afecta la capacidad de trabajo al alterar la descarga de oxígeno hacia el músculo (captación máxima de oxígeno). (13, 20)

El humor y la función cognoscitiva se pueden ver influidos por la deficiencia de hierro y es una posible intrigante que podrían afectar al estrés del esfuerzo, las alteraciones de la motivación y los umbrales de malestar durante las actividades agotadoras en el estado no anémico de la deficiencia de hierro. Además el hierro es importante para la actividad de la hidroxilasa de la tirosina, enzima clave para la síntesis de la catecolaminas. Siendo la adrenalina y la noradrenalina esenciales para las reacciones cronotrópicas e inotrópicas al ejercicio. (20)

Es frecuente la deficiencia no anémica de hierro en deportistas adultos que practican actividades de resistencia, en particular las mujeres. Estudios realizados con corredores de fondo y esquiadores de campo travesía de ambos sexos, han indicado de manera sostenida concentraciones séricas más bajas de ferritina cuando se establecen comparaciones con testigos no deportistas. Los factores que contribuyen a las pérdidas de hierro son: la pérdida de sangre menstrual en mujeres; la hemólisis debido al traumatismo repetitivo de los capilares de los pies, el aumento de la temperatura corporal, el aumento de la concentración de las catecolaminas, las cuales aumentan la fragilidad osmótica y mecánica de los glóbulos rojos al realizar el ejercicio; la producción de ácido láctico que a su vez acidifica la sangre por deuda de oxígeno, factor que inestabiliza la membrana del eritrocito; la velocidad del flujo sanguíneo al incrementarse este puede tornarse turbulento en lugar de laminar, lo cual

provoca que los eritrocitos sean más susceptibles de romperse y la presión extravascular producida por la alteración mecánica de los músculos que se contraen pueden contribuir en conjunto a la desintegración de los eritrocitos durante el entrenamiento y competencias. La propia hemólisis no producirá por fuerza deficiencia de hierro, porque el cuerpo puede reutilizar el liberado por la destrucción eritrocítica para elaborar nuevos eritrocitos. Sin embargo, cuando la hemólisis es intensa puede producirse pérdida de hierro por la orina, por descamación, hemorragia gastrointestinal, por alteraciones locales como hemorroides, daños en órganos intrabdominales debido a los impactos repetitivos sobre la superficie del terreno e isquemia del intestino por disminución de la circulación esplénica. La pérdida de sangre se puede ver aumentada por el uso de analgésicos, sudoración excesiva, hematuria (anormalidades en el sedimento urinario) debido a los traumas directos a la vejiga y a los riñones o por impactos repetitivos sobre la pared posterior y la base de la vejiga cuando esta se encuentra vacía y por el principio de isquemia renal, causando daños en los tejidos renales por hipoxia y pérdida de mioglobina por abdomiólisis. (1, 20)

Una persona sana aproximadamente absorbe por el tubo digestivo entre el 5-10% del hierro ingerido oralmente, dicha absorción es limitada ya que el organismo no dispone de formas para excretar el hierro. Mientras que las personas que presentan una deficiencia de este elemento absorben un 25% y ocasionalmente un 40%. Existen estudios que sugieren que existen algunas alteraciones en la absorción del hierro en las personas que se dedican a la realización de una actividad física intensa. La forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) se absorbe mejor que la forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Debido a que el hierro para ser absorbido debe de ser transformado a la

forma ferrosa, lo cual ocurre por la acción de los jugos gástricos que contienen ácido clorhídrico. La vitamina C mejora la absorción del hierro, mientras que, la abundancia de fosfatos y fitatos disminuyen su absorción. El hierro puede producir efectos gastrointestinales menores (estreñimiento, diarrea) e interferir con la absorción gastrointestinal del zinc. (26)

La disponibilidad biológica de varios compuestos de hierro son las siguientes:

- \* Sulfato ferroso 100%.
- \* Albuminato ferroso 90%.
- \* Sulfato de amonio férrico 60%.
- \* Ortofosfato férrico 15%.
- \* Pirofosfato sódico-férrico 12%.

Cabe mencionar que la fortificación con sales férricas, tales como: el ortofosfato férrico, el pirofosfato férrico y el pirofosfato sódico-férrico, no aceleran tan fácilmente la oxidación de los lípidos como lo hacen las sales ferrosas. Pero en el caso de las **bebidas para deportistas** no afecta debido a que estas no contienen lípidos (14, 26). A pesar de los obstáculos fisiológicos, es posible la sobrecarga de hierro, el exceso de este mineral es inicialmente atrapado en los depósitos de reserva. De continuar el exceso y saturarse las reservas, el hierro puede precipitarse en los tejidos, tales como: el hígado, el páncreas y el corazón principalmente, produciendo la llamada hemacromatosis. (34)

### ***Potasio.-***

El potasio constituye el principal catión del líquido intracelular, pero también es un constituyente muy importante del líquido extracelular debido a la influencia que tiene sobre la actividad muscular, especialmente sobre el miocardio. Dentro de las células funciona regulando el equilibrio ácido-base y la presión osmótica manteniendo el potencial de membrana, incluyendo la retención de agua. Es esencial para varias funciones metabólicas, incluyendo la biosíntesis de proteínas por los ribosomas. Varias enzimas incluyendo la enzima glucolítica piruvatoquinasa, requieren de potasio para su máxima activación. También es necesario para la síntesis del glucógeno, ayuda a dilatar los vasos sanguíneos durante el ejercicio y es importante para la transmisión de los impulsos nerviosos. (1, 10)

Las variaciones del potasio extracelular influyen sobre la actividad de los músculos estriados produciendo parálisis de ellos y anomalías en la conducción y en la actividad del músculo cardíaco. El potasio se pierde de las células musculares durante las contracciones musculares repetidas. Esta pérdida es debido a los cambios de permeabilidad de la célula y a los frecuentes cambios de sentido hacia adentro y hacia afuera de los flujos de sodio-potasio que forman parte de los procesos electroquímicos de contracción. La degradación de glucógeno dará lugar a liberación de potasio y puede como consecuencia, aumentar las pérdidas de dicho ion a partir de las células musculares. El potasio puede perderse además desde las fibras musculares que se lesionan, esta lesión se produce debido a los esfuerzos mecánicos. Aunque el potasio se excreta al intestino con los líquidos digestivos, la mayor parte es reabsorbida posteriormente. El principal órgano de excreción de potasio es el riñón;

después del ejercicio el potasio es excretado en grandes cantidades a través de la orina (1, 13). La ingesta mínima diaria recomendada de potasio es de 2 g/día. No obstante, esta cifra no tiene en cuenta las posibles pérdidas a través del sudor. La ingesta deseable, por lo tanto, es de 2 - 3.5 g/día. (7)

### ***Magnesio.-***

El magnesio es el grupo prostético de numerosas enzimas, entre las que se encuentran la mayoría de las involucradas en la respiración celular y en el metabolismo energético (hidratos de carbono), particularmente en la glucólisis. Participa también en enzimas de la síntesis de proteínas, ácidos grasos, sales biliares y ácidos nucleicos (DNA y RNA) Todas las enzimas que utilizan pirofosfato de tiamina como coenzima contienen magnesio. Interviene además, en la transmisión neuromuscular y en la contracción de los músculos. La mayor parte del magnesio es intracelular. Las dos terceras partes del magnesio de los huesos se encuentra como sales intercambiables. El calcio puede antonizar al magnesio en algunas de estas funciones (1, 10)

Se han descrito bajos niveles de magnesio en plasma en reposo y durante el ejercicio en atletas sometidos a ejercicio de resistencia regular. Algunos sugieren que esta disminución proviene de la pérdida de magnesio a través del sudor, así como de una captación de los glóbulos rojos y de los adipocitos. Las pérdidas por medio del sudor suelen ser pequeñas, aunque pueden resultar significativas en estados de sudoración prolongada. Se ha asociado la disponibilidad marginal de magnesio con desequilibrios en el metabolismo energético,

aumento de fatiga y aparición de calambres musculares. Se ha observado que la ingestión de magnesio acelera la recuperación de las lesiones. (1)

La clorofila contiene magnesio siendo las verduras la principal fuente de este ion en la dieta. La cantidad de magnesio recomendada es de 350 mg/día para varones adultos sedentarios, hasta el momento no existen recomendaciones para los atletas (7). Los alcohólicos son muy propensos a experimentar deficiencia de magnesio, la cual también se produce en la deficiencia proteico-calórica (1)

### ***Sodio.-***

El sodio es el principal catión extracelular, es un regulador del equilibrio ácido-base de los líquidos, determina en gran parte la presión osmótica, interviene en la contracción muscular, en la conducción nerviosa, absorción de nutrimentos y en la constitución de los huesos (14)

La aldosterona regula la salida de sodio, una elevada concentración de la hormona estimula al riñón para reabsorber el sodio, favoreciendo al mismo tiempo la eliminación de potasio. Como consecuencia hay un aumento en la retención de agua, lo cual lleva a una hipervolemia, también aumenta la presión y acarrea un mayor esfuerzo para el corazón. (10)

Se requieren alrededor de 5 g de sodio al día; cuando de manera normal hay una sudoración excesiva, debe de haber consumo de mezcla de electrólitos. Dichos individuos requieren alrededor de 12 g de sodio al día. (7)

### ***Zinc-***

El zinc se encuentra presente en cantidades relativamente grandes en huesos y músculos. En la sangre se concentra en los eritrocitos y en la enzima anhidrasa carbónica. Constituyendo el zinc plasmático la principal reserva metabólicamente disponible de manera directa. El zinc toma parte en el crecimiento y desarrollo de los tejidos, especialmente los musculares, ya que es esencial en numerosas enzimas implicadas en procesos metabólicos fundamentales. Interviene también en la síntesis de proteínas, ayuda al almacenamiento de la insulina y además se cree que juega un papel importante en el tejido conectivo. El zinc a su vez es necesario para el funcionamiento adecuado de los receptores del gusto y del aroma situados en la lengua y en las vías nasales. Estudios recientes indican que el zinc puede tener un papel crucial en la capacidad de inmunocompetencia. (1, 10, 26)

Estudios han demostrado que existe una disminución en la resistencia muscular al existir un agotamiento de los niveles de zinc en el plasma, lo anterior se atribuye a que el zinc forma parte de la deshidrogenasa láctica la cual reduce el ácido láctico a piruvato; por lo que al existir una deficiencia de zinc ocurre una acumulación de ácido láctico lo cual conduce a la fatiga. También se ha observado que al existir bajos niveles de zinc en plasma existen cambios en el balance total de agua del organismo, por lo que se sugiere que la integridad de las membranas celulares y/o homeostasis de los fluidos se ven comprometidos al existir una baja concentración de zinc (1,7). El ejercicio puede aumentar las necesidades de zinc, debido a que este se elimina principalmente a través de la orina y el sudor, viéndose ambos incrementados como resultado del ejercicio de resistencia. El aumento de la excreción en

orina puede estar relacionado con la lesión de las fibras musculares provocada por el trabajo mecánico del mismo ejercicio. No obstante, los datos obtenidos en un reciente estudio no parecen confirmar que la destrucción de las fibras musculares tenga algún efecto sobre los niveles séricos de zinc. La dosis diaria recomendada es de 10 mg. (1,11)

## **VITAMINAS**

Entre las vitaminas adicionadas a las bebidas para deportistas se encuentran: el ácido fólico, ácido pantoténico, biotina, niacina, tiamina, riboflavina, piridoxina, cianocobalamina, vitamina A, C y E. Las vitaminas actúan como coenzimas en muchas reacciones de producción de energía, participan en el metabolismo de las proteínas y en la síntesis celular, otras a su vez actúan como antioxidantes. Los factores que tienen influencia sobre el nivel de vitaminas son la ingesta de alimentos y la densidad en vitaminas de los mismos, su biodisponibilidad y las pérdidas del organismo. Las vitaminas se encuentran presentes en una gran variedad de alimentos tales como verduras y hortalizas, frutas, cereales, tubérculos y en los productos de origen animal. Se cree, por lo tanto que una dieta adecuada, variada y equilibrada puede suministrar todas las vitaminas en cantidades suficientes. Los individuos con riesgo potencial de suministro marginal de micronutrientes son aquellos que consumen menos de 2000 kcal durante largos períodos de tiempo. También se puede producir un suministro insuficiente de vitaminas cuando la parte fundamental de la dieta diaria está formada por alimentos procesados. Este caso se ha observado en atletas de resistencia que ingieren cantidades relativamente grandes de hidratos de carbono refinados (8, 25)

Es difícil entender la relación entre las vitaminas, minerales y el desempeño atlético debido a que es complicado el diseñar protocolos de investigación que se adecuen de manera eficaz a esta relación. Por instancia, es una labor muy ardua el aislar los factores independientes del entrenamiento, la motivación y la creencia (por ejemplo: el efecto placebo) del efecto real de los componentes individuales de la dieta. Sin embargo, se posee un buen entendimiento de las funciones metabólicas de la mayoría de las vitaminas y minerales, lo cual permite hacer juicios razonables acerca de los efectos potenciales de estas sustancias en el desempeño atlético (1, 7). A continuación se comentará de manera breve algunas de las vitaminas y el efecto que produce el ejercicio físico sobre ellas.

#### *Ácido fólico.-*

Las sustancias derivadas del ácido fólico actúan como coenzimas en el metabolismo de los aminoácidos y en la síntesis de ácidos nucleicos. La ingesta diaria recomendada de folato en la dieta es de 400 mcg. No existen estudios controlados disponibles sobre el efecto que produce la adición suplementaria en el rendimiento físico ni sobre la ingesta de folato en atletas. Su deficiencia provoca un tipo de anemia en donde los eritrocitos no maduran adecuadamente. (1, 10)

#### *Ácido pantoténico.-*

El ácido pantoténico forma parte de la coenzima A<sub>5</sub>, por lo que interviene en la utilización de los hidratos de carbono, en la hidrólisis y síntesis de lípidos. (26)

Algunos estudios sugieren un posible efecto beneficioso de la administración suplementaria de ácido pantoténico. Mientras que otros han mostrado que el suministro adicional de dosis farmacológicas de hasta 1 gramo diario, no producen mejora alguna en el rendimiento. Las necesidades diarias probables son de 5-10 mcg. Se acepta que un nivel de ingesta diaria segura es de 4-7 mg. No existen datos sobre las ingestas de ácido pantoténico o sus posibles déficits en atletas. (1)

### ***Biotina.-***

La biotina (vitamina H, coenzima R, Bios II, anti-eggwhite injury factor) es una vitamina que es sintetizada por la flora intestinal humana. La biotina es una parte esencial de las enzimas que transportan grupos carboxílicos y fijan el dióxido de carbono a los tejidos. La conversión de biotina en coenzima activa depende de la disponibilidad de magnesio y de ATP. La biotina juega un papel fundamental en el metabolismo de los hidratos de carbono, lípidos, propionato y aminoácidos de cadena ramificada. Las necesidades diarias probables son de 150 mcg. No existen estudios sobre los efectos de una administración suplementaria ni sobre ingesta de biotina en atletas (1, 71)

### ***Niacina.-***

La niacina o ácido nicotínico (factor P-P, factor antipelagra) es un derivado de la pirimidina. Al igual que la riboflavina forma parte de la coenzima dinucleótido de nicotina y adenina (NAD), que regula las reacciones de oxido-reducción en el metabolismo de la proteínas, hidratos de carbono, lípidos y es necesario para la respiración de los tejidos. Siendo su otra

forma activa el fosfato del nucleótido de adenina y nicotinamida (NADP). La niacina es un vaso dilatador. Varios autores han sugerido la teoría de que esta vitamina podría tener influencia sobre la capacidad aeróbica, que es un factor importante en el rendimiento de resistencia. Se ha informado, sin embargo, que la ingesta de megadosis puede presentar efectos negativos sobre el rendimiento, lo cual puede ser debido al efecto depresor del ácido nicotínico sobre la movilización de ácidos grasos libres, lo cual a su vez producirá un mayor consumo del glucógeno conduciendo a la fatiga. No existen datos ni sobre la ingesta habitual de niacina ni sobre sus posibles déficits en atletas. (1, 11)

El organismo humano sintetiza la niacina a partir del triptófano, por lo cual el hombre padece de deficiencia de ambos, estando sujeto a enfermedades como la pelagra. Se considera que 60 mg de triptófano producen 1 mg de niacina. La recomendación diaria de niacina es de 19 mg. (26)

#### *Vitamina A.-*

El organismo sintetiza la vitamina A (retinol, axerophthol) a partir de sus precursores el alfa y beta carotenos que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, principalmente en las zanahorias, espinacas y algunas frutas de color amarillo. La vitamina A como tal, solo existe en el tejido animal, se presenta en varias formas químicas y se encuentra principalmente en el hígado, productos lácteos y huevos. Debido a que la conversión es deficiente, solo una fracción del caroteno ingerido por el hombre se

transforma en vitamina A (26, 71). La vitamina A solo tiene actividad biológica cuando su estructura química se encuentra totalmente en configuración trans.

Una de sus principales funciones es la formación del pigmento visual llamado rodopsina, que es esencial para que la visión pueda efectuarse. Su carencia conduce a: piel seca, xerftalmia (“ojos secos”), desecación de las membranas mucosas, desarrollo y crecimiento retardados, esterilidad de los machos y ceguera nocturna. En exceso es tóxica, la cantidad diaria recomendada para adultos es de 1.0 mg. (1) La vitamina A y el beta caroteno presentan propiedades antioxidantes. Aún es necesario desarrollar trabajos de investigación para cuantificar el efecto de la vitamina A y del beta caroteno sobre la peroxidación de lípidos tisulares. Al ser una vitamina liposoluble tiene un carácter potencialmente tóxico cuando se toma en cantidades altas durante un período prolongado. (10)

#### ***Vitamina B<sub>1</sub>.-***

Las funciones que lleva acabo la vitamina B<sub>1</sub> o tiamina (antineurina, factor antineurítico, factor antiberiberi) son: antioxidante, juega un papel importante en la descarboxilación del piruvato a acetil-CoA, un paso esencial en la producción de energía a partir de los hidratos de carbono. Por esta razón, se han relacionado las necesidades de esta vitamina con el gasto total de energía y la ingesta de hidratos de carbono. Hoy en día se acepta que las necesidades de tiamina de los atletas pueden ser ligeramente mayor. Su forma activa es el pirofosfato de tiamina. (10, 71)

Su deficiencia en la dieta causa beriberi, debido al funcionamiento inadecuado de la piruvato deshidrogenasa, por lo que el piruvato no puede ser oxidado normalmente, en particular en el cerebro. Dando como resultado una enfermedad que se caracteriza por alteraciones neurológicas, debilidad muscular, parálisis y pérdida de peso. (26)

El sabor puede ser un problema en cantidades superiores a 4 mg/L (26). La cantidad diaria recomendada de tiamina es de 1.0-1.5 mg diarios. Hoy en día se acepta que las necesidades de los atletas puedan ser ligeramente mayores debido al aumento en el metabolismo de la energía y de los hidratos de carbono. En un estudio, se suministró una dieta insuficiente en tiamina a un grupo de sujetos, detectándose posteriormente en ellos una disminución en la captación máxima de oxígeno, con la consiguiente mayor producción de ácido láctico como consecuencia del metabolismo de los hidratos de carbono. Se han descrito ingestas insuficientes de tiamina, así como déficits bioquímicos en atletas, especialmente ciclistas que consumen grandes cantidades de hidratos de carbono refinados. No existen estudios controlados disponibles sobre el efecto del suministro de suplementos de tiamina sobre el rendimiento. (1)

### ***Vitamina B<sub>2</sub>***

La vitamina B<sub>2</sub> (riboflavina, vitamina G, ovoflavina o lactoflavina), es un componente de coenzimas relacionadas, el mononucleótido de flavina (FMN) y el dinucleótido de flavina y adenina (FAD). Ambos actúan como grupos prostéticos estrechamente unidos, de las

flavoproteínas o flavín deshidrogenasas. Dichas deshidrogenasas intervienen en reacciones de óxido-reducción, interviniendo en el metabolismo mitocondrial de energía. (10, 33)

La riboflavina es sintetizada en el intestino grueso del ser humano por la flora microbiana, pero solamente un porcentaje muy bajo es absorbido y utilizado. Es absorbida a través de las paredes del intestino delgado y una pequeña parte de esta es almacenada en hígado (26). Su recomendación diaria es de 1.7 mg para adultos. Algunos estudios han mostrado que las necesidades de riboflavina pueden ser mayores en personas que realizan ejercicio físico (1). La riboflavina se encuentra en el hígado, carne, huevos, leche, levadura, germen de trigo y hortalizas amarillas(26). La riboflavina interviene en la destrucción de la vitamina C y de la metionina. (71)

#### ***Vitamina B<sub>6</sub> .-***

La vitamina B<sub>6</sub> existe en tres formas: piridoxina o piridoxol, piridoxal y piridoxamina, las cuales se interconvierten con facilidad. La primera se encuentra en los productos vegetales, mientras que las otras dos formas se presentan fundamentalmente en productos de origen animal (26)

Las necesidades de la vitamina B<sub>6</sub> son muy amplias, ya que funciona como coenzima en una gran variedad de reacciones metabólicas, que incluyen la utilización y síntesis de aminoácidos, hidratos de carbono y lípidos, así como en la síntesis de algunos reguladores fisiológicos como la norepinefrina, la histamina y la serotonina. Su forma activa es el fosfato de piridoxal, que también aparece en forma de amina como fosfato de piridoxamina.

La vitamina B<sub>6</sub> es necesaria en todas las reacciones de utilización de proteínas, incluyendo tanto el transporte de aminoácidos a través de la pared intestinal, como su síntesis por medio de las transaminasas. Por esta razón se asume que es de importancia crucial para los atletas de fuerza (4, 11). No existen, sin embargo, datos suficientemente sólidos que indiquen una mayor necesidad de esta vitamina por parte de los atletas (1). El tejido muscular tiene la capacidad de almacenar pequeñas cantidades de esta vitamina. Su recomendación diaria es de 2.2 mg. (1)

Se ha comprobado que las reacciones entre el piridoxal y los péptidos producen complejos químicos que no tienen ninguna actividad biológica. El ácido aspártico, el ácido glutámico y los aminoácidos azufrados (metionina, cistina, cisteína) pueden interactuar con las diferentes formas de la vitamina B<sub>6</sub> durante los tratamientos térmicos; estas reacciones traen como consecuencia una reducción en su poder vitamínico.(26)

#### ***Vitamina B<sub>12</sub>.***

La vitamina B<sub>12</sub> o cianocobalamina (cobalamina, factor antipernicioso o factor extrínseco) es una coenzima importante en las reacciones de beta oxidación de los ácidos grasos, en la síntesis de metionina, en la formación de eritrocitos, así como en la reacción de gluconeogénesis a partir de propionato. Funciona como coenzima en el metabolismo de ácidos nucleicos y tiene influencia sobre el metabolismo de las proteínas. Sorprendentemente, la cianocobalamina es empleada por los ciclistas de resistencia y atletas

de fuerza debido a que se cree que este compuesto tiene propiedades analgésicas sobre el dolor muscular cuando se suministra en grandes dosis. (1, 8)

Su recomendación diaria es de 2 mcg para adultos (1). La cianocobalamina solo se encuentra en alimentos de origen animal, encontrándose normalmente unida a las proteínas de estos alimentos. Es elaborada por la flora intestinal, para su absorción es necesaria una glucoproteína llamada el factor intrínseco. Es la vitamina anti anemia perniciosa (26)

La presencia del ácido ascórbico, tiamina y niacinamida aceleran su destrucción. Las sales férricas la estabilizan pero las ferrosas la destruyen. Se pueden producir soluciones multivitaminicas con cianocobalamina mediante la adición de hierro y EDTA. (71)

### ***Vitamina C.-***

La vitamina C o ácido ascórbico (vitamina antiescorbútica), desempeña un papel importante en las reacciones de óxido-reducción, siendo cofactor en reacciones de hidroxilación necesarias para la síntesis del tejido conectivo colágena y de la carnitina, para la buena formación de los huesos, de la dentina, de los cartílagos y de las paredes de los capilares sanguíneos; su deficiencia produce escorbuto. Es un antioxidante, ayuda a la absorción del hierro (no heme) (10, 7). Existen algunos datos que sugieren que la vitamina C puede acelerar el tiempo de aclimatación al calor. Esto puede resultar beneficioso para atletas que tomen parte en competiciones de resistencia bajo condiciones ambientales calurosas (1). Los

ácidos ascórbico y dehidroascórbico tienen actividad biológica y solamente el isómero L es aprovechado por el ser humano. (26)

La cantidad diaria recomendada es de 60 mg para adultos. Por lo general, la ingesta de vitamina C de los atletas suele ser suficiente, con excepción de aquellos que consuman una dieta baja en calorías (1). La vitamina C es muy inestable, siendo muy sensible a la presencia de metales como el cobre y el hierro, a la acción de la luz sobre todo en presencia de la riboflavina. (26)

#### *Vitamina E.-*

La vitamina E comprende a los alfa, beta, gama y delta tocoferoles y a los tocotrienoles, siendo el alfa tocoferol el más importante por tener una mayor actividad biológica (71). La vitamina E es un antioxidante, protege a los lípidos de las membranas celulares frente a la oxidación y degradación, teniendo la capacidad de proteger a los eritrocitos frente a la hemólisis. Por lo que puede asumirse que puede presentar un efecto protector sobre los individuos que practican ejercicio. Estudios realizados a gran altitud indican que la vitamina E pueden tener influencia sobre los parámetros del rendimiento metabólico y reducir la eliminación metabólica de pentano (72). Este antioxidante al igual que otros puede indirectamente aumentar el desempeño físico al acelerar el proceso de recuperación del organismo, disminuir la inflamación; lo anterior se debe a su habilidad de detoxificar al cuerpo de los radicales libres producidos durante el desempeño de este (13). Varios estudios han sugerido que la suplementación dietética de antioxidantes (solos o en combinación)

reducen los índices del estrés oxidativo, tales como la peroxidación de lípidos y proteínas (1,7). La deficiencia de vitamina E conduce a la formación de escamas en la piel, debilidad muscular, degeneración del hígado, alteraciones de la membrana y conduce a la esterilidad (según estudios realizados en ratas) (26). La cantidad diaria recomendada es de 10 mg. (1)

## **OTROS ADITIVOS**

### ***Saborizantes y colorantes .-***

Estos son adicionados para hacer más agradables al paladar, olfato y vista las bebidas para deportistas. Logrando de esta manera incrementar el consumo voluntario de fluidos y obtener una buena hidratación. (41)

## **INGREDIENTES ERGÓGENICOS**

### ***Alcalinizantes .-***

Se utilizan para corregir los desequilibrios ácido-básicos en los trastornos metabólicos, como ocurre con la acidosis metabólica, siendo los lactatos de sodio y potasio utilizados como alcalinizantes (7). El bicarbonato de sodio es una sal alcalina que se encuentra en el cuerpo humano de manera natural, su función principal es la de controlar el equilibrio ácido-base y su papel es el de tamponar el ácido láctico producido durante el ejercicio físico de alta intensidad con duración de 1 a 7 minutos. La mayoría de los estudios muestran un incremento de alrededor del 30% en el tiempo a alcanzar el agotamiento durante el desempeño físico. La mayoría de los estudios indican que la dosis efectiva es de 300 mg/kg de peso tomados en el lapso de 1 a 2 horas previas al inicio del ejercicio (56). Varios

estudios han demostrado que después de la ingestión de bicarbonato de sodio pueden aparecer molestias gastrointestinales y diarrea particularmente si no se ingiere suficiente cantidad de agua (por lo menos un litro), también se han reportado casos de lesión de la pared gástrica por su consumo. La dosis utilizada en dichos estudios varió desde 0.15 hasta 0.40 g de bicarbonato de sodio por kilogramo de peso. (1)

También suele utilizarse citrato de sodio como alcalinizante y no se han reportado molestias gastrointestinales tras su ingestión, en dosis de hasta 0.5 g/kg de peso corporal. (73)

#### *Aminoácidos .-*

Las sales de sodio y potasio del ácido aspártico (aspartatos), han mostrado que incrementan el vigor, ayudan a tener una recuperación más rápida. Se cree que ayudan a reducir los niveles de amoníaco en sangre (producto resultado del metabolismo de las proteínas y de la degradación de las células musculares) los cuales se elevan durante una actividad física intensa (1). Los aminoácidos de cadena ramificada (valina, isoleucina y leucina) han demostrado que pueden retrasar la aparición de la fatiga. (7, 56)

#### *Cafeína .-*

La cafeína aumenta la actividad de la corteza cerebral, suele aliviar la sensación de cansancio e incrementa las capacidades sensoriales. Activa la lipólisis, lo cual resulta interesante para el deportista de resistencia ya que ello significa que los depósitos de glucógeno no se agotarán tan rápidamente (1, 7). Estudios bien controlados han demostrado un aumento en el

rendimiento durante el desempeño de actividades físicas de resistencia, cuando se han ingerido entre 3-13 mg/kg de peso de cafeína una hora antes de iniciar el ejercicio (56). Mientras que investigaciones recientes muestran que la ingestión de cafeína (5 mg/kg de peso) también mejora el rendimiento en deportes de alta intensidad y de corta duración (de 3 a 4 minutos) al aumentar el volumen máximo de deuda de oxígeno (74) *Es muy importante tomar en cuenta que no se deben de consumir tabletas de cafeína o dosis elevadas de esta, pues el Comité Olímpico Internacional la tiene en la lista de sustancias restringidas. Siendo el limite legal de 12 mcg/ml de orina, por lo que la ingestión de una dosis de 3-9 mg/kg no excede el limite legal de uso de la cafeína. (56, 75)*

#### *Coenzima Q10.-*

La ubiquinona-10 también conocida como ubidecarenona o Q10 es un componente de la membrana interna de la mitocondria. Es utilizada con fines terapéuticos en el tratamiento de enfermedades del cardiovasculares dado su papel en el metabolismo oxidativo y su función como antioxidante pero a su vez se dice que puede inducir la producción de radicales libres (1). Ya que la Q10 produce un aumento de la captación de oxígeno y del rendimiento del ejercicio físico en pacientes cardíacos, se ha sugerido que actuaría de manera similar en atletas de resistencia. En varios estudios recientes se encontró que la adición suplementaria de Q10 puede incrementar de manera significativa los niveles séricos de Q10, sin embargo, no se registraron mejoras en los niveles séricos de lactato o glucosa a intensidades de trabajo máximas, ni en parámetros cardiovasculares, tales como el ritmo cardíaco,  $VO_{2\text{máx}}$  o rendimiento de resistencia. (76)

### *Ginseng .-*

Se dice que ginseng tiene la propiedad de aumentar el rendimiento, ya que estimula tanto al sistema nervioso central, las funciones cerebrales, regula la capacidad cardíaca y circulatoria, la digestión, es un tónico, reduce la fatiga, interviene en los procesos de regeneración de los tejidos y es un antioxidante (25). Pero faltan estudios que soporten lo anterior. Las dosis excesivas de ginseng pueden provocar elevación de la presión sanguínea, sangrado vaginal, nerviosismo, insomnio y diarrea. No se debe de tomar junto con la cafeína (7). El ginseng contiene glucósidos (saponinas), manganeso, cobre, ácido fólico, colina, kerferol, el panaceno (un sesquiterpeno) y aminoácidos entre otros. (25)

### *Piruvato.-*

Se dice que la ingestión de piruvato puede incrementar el rendimiento atlético al aumentar el tiempo del desempeño atlético antes de alcanzar el agotamiento; a su vez se dice que es un reductor de grasa, de colesterol y de peso, cabe señalar que los estudios que soportan lo anterior utilizaron para sus investigaciones, personas no entrenadas en un caso y en otro a individuos obesos y con sobrepeso a las cuales además de darles un suplemento diario de 25g de piruvato durante un periodo de 7 días, se les redujo su ingesta diaria calórica y se les dio un dieta balanceada. Por lo que hasta el momento no existen estudios relevantes que apoye tales propiedades. Es posible que pequeñas dosis de piruvato funcionen en estas áreas. (77)

### ***Polilactatos .-***

Diversos estudios han sugerido que la suplementación con lactato puede ahorrar las reservas de glucógeno. El papel del desempeño del lactato como precursor del ciclo de Krebs es un importante factor en el metabolismo energético durante el desempeño de una actividad física. Ya que durante este aproximadamente el 20% de la glucosa liberada del hígado viene del reciclado de sustratos. A medida que se van agotando las reservas de glucógeno, la contribución de la glucosa a partir de la gluconeogénesis se incrementa en importancia. Se ha descubierto que el músculo esquelético en trabajo es capaz de tomar y oxidar el lactato. Pudiendo ser considerado como el principal lugar de remoción del lactato.

El polilactato es una sustancia que consiste en lactato polimerizado unido a arginina. Estudios realizados en atletas de nivel competitivo (ciclistas), durante el desempeño de un ejercicio a intensidad submáxima de duración prolongada, han demostrado que el polilactato ayuda al mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre y mejoran a su vez la capacidad de amortiguador de pH de la sangre. Se ha observado que el consumo de oxígeno tiende a ser menor durante la tercer hora de ejercicio durante el consumo de polilactato, en comparación con la ingestión de polímeros de glucosa y con la ingestión de agua con sabor. Lo anterior ocurre a pesar de que existe un incremento en el requerimiento de oxígeno debido al aumento de la gluconeogénesis, pero a su vez el polilactato reduce la percepción al esfuerzo al grado suficiente para no causar movimientos extraños, mejorando así la eficiencia del esfuerzo realizado.

El lactato es una base débil y por lo tanto aceptor de iones hidrógeno. El metabolismo del polilactato exógeno durante el ejercicio resulta en un consumo de protones. Esto alcaliniza la sangre y previene el agotamiento de la reserva de bicarbonato. Dicho efecto alcalinizante puede resultar benéfico al final de un ejercicio de resistencia, cuando se efectúa el esprint final. (78)

## 5.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS BEBIDAS PARA DEPORTISTAS.

En los diagramas de flujo 1 y 2, se muestra el proceso de fabricación de las bebidas para deportistas. A continuación se explican las condiciones de fabricación

**1° Recepción de la materia prima.**

**2° Evaluación de la materia prima.-** se revisa que los ingredientes cumplan con los parámetros establecidos.

**3° Tratamiento del agua ( diagrama de flujo 1).-**

Debido a que el agua es el principal ingrediente de las bebidas para deportistas, está debe de ser de la calidad adecuada para poder ser consumida, a su vez no debe de contribuir con ningún tipo de sustancia que pudiera afectar el sabor, estabilidad y/o apariencia de la bebida.

El tratamiento que se le da al agua tiene varios objetivos:

- Asegurar que toda bacteria y microorganismo sea eliminado.
- Eliminar aquellas sustancias que afecten: la apariencia, sabor y estabilidad del producto final.
- Ajustar el pH al valor requerido.
- Asegurar la consistencia de la calidad del agua. (78)

Los pasos que integran el tratamiento del agua son los siguientes:

- I. **Clarificación química.-** se adiciona óxido de calcio para precipitar carbonatos de calcio y magnesio, los cuales contribuyen a una alta alcalinidad, (una alcalinidad arriba de

50 ppm afecta el sabor, debido a que neutraliza la acidez creando un sabor suave, dulce o insípido); sulfato ferroso o sulfato de aluminio para coagular productos de reacción; cloro para eliminar bacterias, microorganismos y materia orgánica. Bajo ciertas condiciones de operación ( cuando la alcalinidad es baja o cuando el contenido de color del agua es bajo) el precipitado (floc) producido es muy ligero y puede ser acarreado junto con el agua clarificada. Ello impondrá una carga elevada sobre el filtro de arena que sigue al tanque de clarificación, lo cual significa que se deberá de lavar con mayor frecuencia dicho filtro. En estas circunstancias una pequeña dosificación de una solución de polielectrolitos puede ser adicionada para mejorar la reacción, al ayudar a la formación del coagulo atrayendo a las partículas más pequeñas entre sí para formar partículas más grandes, las cuales serán atrapadas por la concentración del coagulo en el fondo del tanque de reacción.

II. *Filtro de arena.-* es utilizado para remover partículas.

III. *Filtro de carbón activado.-* Con este se remueve todo el cloro residual y moléculas orgánicas.

IV. *Esterilización con radiación UV.-* Con esta se elimina todo microorganismo, además se puede seleccionar la longitud de onda de los rayos ultravioleta de tal forma que estos destruyan tanto las bacterias como cualquier otra materia orgánica presente en el agua. El agua tratada es llevada a través de un purificador donde es expuesta a la radiación de lamparas UV. El flujo del agua debe de ser mantenido a un máximo de 50 gal/min, para que el nivel de dosificación de radiación UV se mantenga en 35,000 microwatt por centímetro cúbico, dicho nivel es equivalente a más del 400% de la dosis mínima letal para bacterias psicofílicas. (79, 80)

**4° Formación de jarabe simple.-** Aquí se disuelven en cierta cantidad de agua los hidratos de carbono.

**5° Elaboración de la solución de sales.-** Se disuelven las sales en determinado volumen de agua.

**6° Formación de jarabe terminado.-** Se mezclan el jarabe simple, la solución de sales, los acidulantes, conservadores, saborizantes y colorantes.

**7° Pasteurización.-** la solución preparada es sometida a una temperatura de 71-72°C durante 15-20 segundos. Está se lleva a cabo en un sistema continuo de intercambiadores de calor de placas o tubos. Con este tratamiento se asegura que el producto este libre de microorganismos patógenos.

**8° Enfriado.-** Se enfría el producto a una temperatura de 35°C.

**9° Filtrado.-** El producto es filtrado a través de un filtro de determinado diámetro de poro, para eliminar cualquier partícula que se encuentre sin disolver.

**10° Envasado.-** Este se realiza en botellas de pet de diferentes capacidades, también se pueden utilizar recipientes de otros materiales tales como vidrio y PVC. (80)

**11° Etiquetado.**

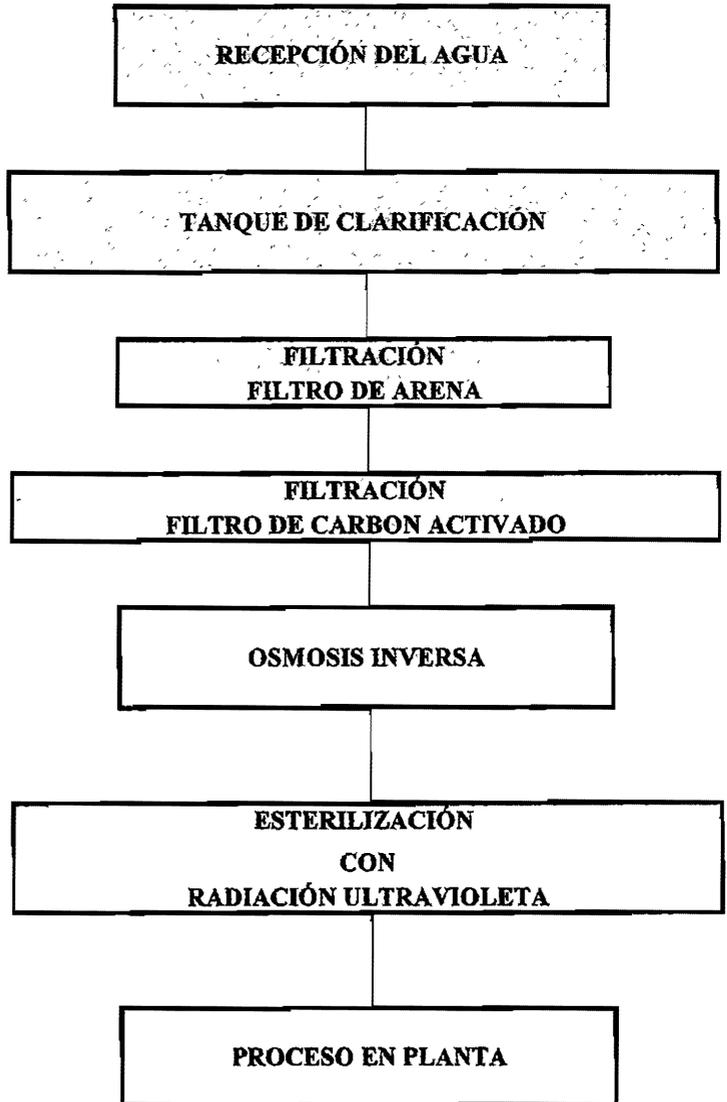
**12° Almacenado.**

**13° Distribución.**

♦ Cabe señalar que se realiza un control de calidad del producto durante diferentes etapas de su producción, así como al obtenerse el producto final envasado, para de esta manera asegurar un producto de buena calidad. Durante estos muestreos se le realizan al producto

asegurar un producto de buena calidad. Durante estos muestreos se le realizan al producto análisis microbiológicos ( pruebas de plataforma, filtración de membrana, examen microscópico), pruebas de pH , de turbidez, determinación de cloro y organolépticas. (79)

## TRATAMIENTO DEL AGUA (79, 80)



## DIAGRAMA DE FLUJO # 2

### PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS BEBIDAS PARA DEPORTISTAS (79)

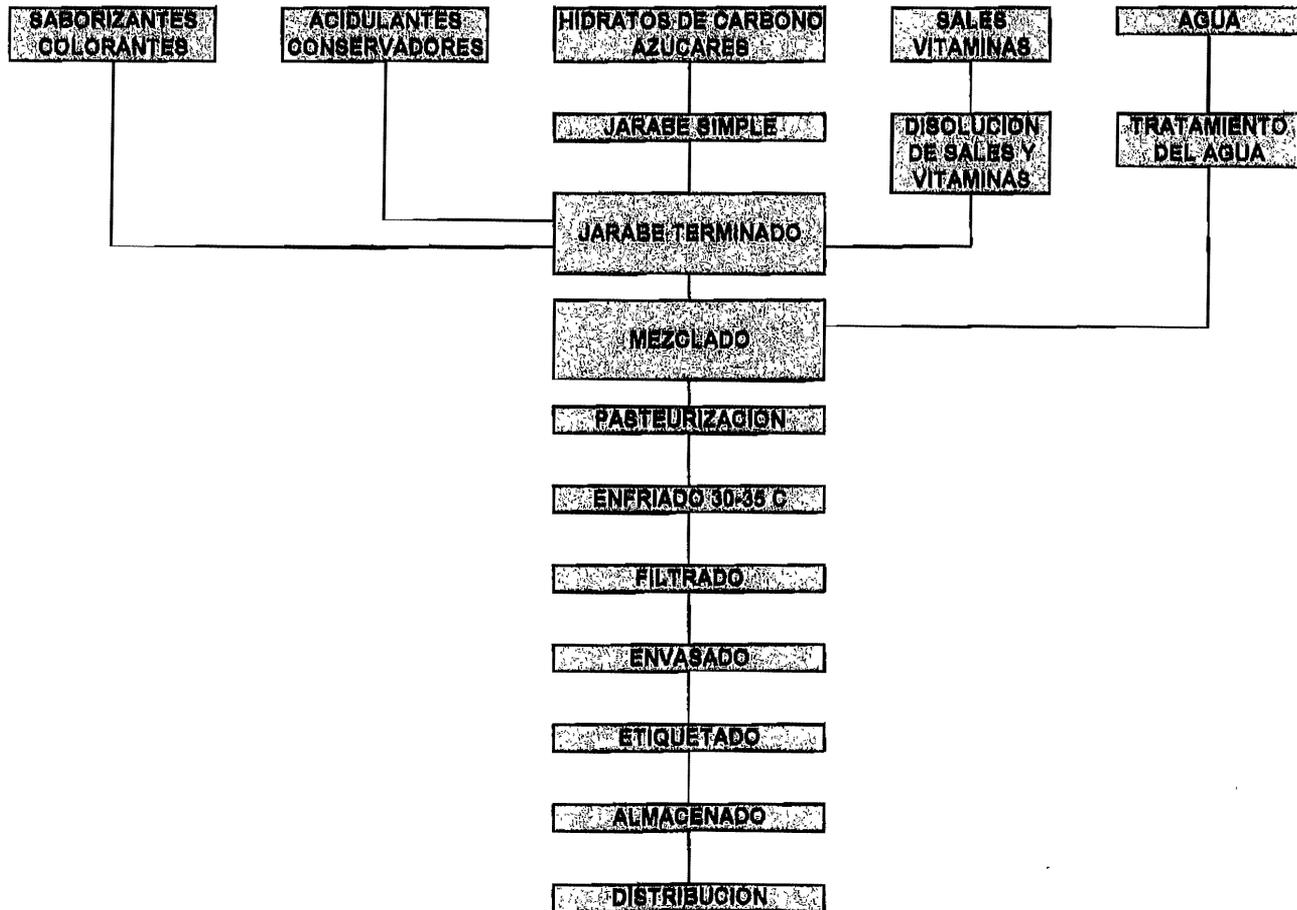


Tabla 11

**5.6 FORMULA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PARA DEPORTISTAS (1, 49, 55)**

<b>INGREDIENTE</b>	<b>CANTIDAD por cada 240ml de bebida</b>
Amidex Jarabe de Alta fructosa Glucosa Cloruro de sodio Citrato de sodio Sulfato de magnesio Fosfato de potasio Glicerofosfato de calcio Pantotenato de calcio mononitrato de tiamina Ácido ascórbico Benzoato de sodio Sorbato de potasio Saborizante Colorante	4.8 g 4.8 g 4.8 g 49.5 mg 466 mg 99.1 mg 90.5 mg 179 mg 10.7 mg 0.494 mg 10 mg 0.01% 0.02%
<i>Cada 240ml de bebida contiene:</i> sodio potasio calcio magnesio cloro ácido pantotémico tiamina ácido ascórbico	110 mg 50 mg 35 mg 20 mg 30 mg 2 mg 0.4 mg 10 mg
<b>% de la Ingestión Diaria Recomendada por el Instituto Nacional de la Nutrición " Salvador Zubirán "</b>	
<i>electrólito/vitamina</i>	<b>% IDR</b>
calcio	7%
tiamina	29%
ácido ascórbico	20%
<b>*** Los demás electrolitos y vitaminas no tienen valores de IDR establecidos por el INN " Salvador Zubirán ".</b>	

**CAPÍTULO VI**  
**BARRAS PARA DEPORTISTAS**

## 6.1 DEFINICIÓN

Las barras para deportistas son suplementos alimenticios energéticos siendo una buena alternativa para las personas que realizan actividades físicas y que se preocupan por su salud. Son una fuente concentrada de energía con un sabor agradable, prácticas en su manejo, excelentes alimentos para comer antes, durante y después de realizar una actividad física. (4)

Estos productos mejoran el rendimiento mediante el suministro de una buena cantidad de hidratos de carbono tanto simples como complejos. Las barras para deportistas no son alimentos mágicos. La mayor parte de las barras para deportistas funcionan, pero no son sustitutos de comidas completas. Un atleta debe alimentarse bien para poder desempeñar su actividad al máximo, llevando una dieta rica en hidratos de carbono y baja en grasas. (1, 7, 81, 82)

La mayoría contienen un porcentaje bajo de grasa, además de poseer proteínas, vitaminas y minerales, son de fácil digestión, siendo de textura agradable y se fabrican en una amplia variedad de sabores, es recomendable que se consuman junto con líquidos. Su presentación permite que sean fáciles de manipular y de cargar durante el desempeño del ejercicio. Todo lo anterior las convierte en una muy buena opción para comerse entre comidas, antes, durante y después de realizar una actividad física. (83)

## 6.2 COMPOSICIÓN DE LAS BARRAS PARA DEPORTISTAS

La composición de las llamadas barras para deportistas varia de un fabricante a otro, gran parte de las barras de este tipo están formuladas para suministrar alrededor de 140-280 kcal según su peso el cual se encuentra entre los 35 y los 85 gr. Generalmente, del total de las calorías suministradas por una barra de este tipo, por lo menos el 60% de estas calorías es suministrado por de hidratos de carbono de fácil digestión, siendo estos generalmente almidones, maltodextrinas, jarabe de maíz y fructosa; mientras que alrededor del 30% de estas o menos es suministrado por grasas. También contiene proteínas (comúnmente caseína). En la tabla 12 se enlistan algunas de las diferentes marcas de barras para deportistas. (81, 82)

La mayor parte de las barras para deportistas están fortificadas con vitaminas y minerales. Algunas poseen antioxidantes y aminoácidos ramificados, los cuales han mostrado ser de utilidad en el proceso de recuperación, otras contienen fosfatos, ginseng y polen así como otros compuestos, los cuales son considerados compuestos ergogénicos. (4, 7)

Se debe de tener cuidado al seleccionar las barras para deportistas, puesto que existen algunas que contienen hasta el 47% de las calorías totales provenientes de grasas. Las formulaciones altas en grasa pueden servir para algunos atletas, pero la mayor parte de los investigadores sostienen que las barras con alto contenido de hidratos de carbono y un contenido bajo en grasas es la mejor opción. De esta manera si un atleta se come una barra en un lapso de una a dos horas antes de hacer ejercicio, esta le suministrará la energía necesaria para su actividad física, sin que se vea afectado su vaciamiento gástrico con un exceso de calorías provenientes de grasas para digerir. (1, 81)

Tabla 12

## TABLA COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES MARCAS DE BARRAS PARA DEPORTISTAS (81, 82, 83)

MARCA	PESO (g)	kilocalorias	% GRASA	% CHO'S	% PROTEÍNA	% FIBRA
ALENA Energy bar	40	172	13%	70%	8%	8%
BALANCE	47	256	29%	42%	29%	
BASF Nutritional supplement bar	28	125	18%	50%	21%	
BEAR VALLEY	106	428	22%	68%	8%	
BIKER Energie Riegel Champ	50	171	6%	64%	8%	
BIO/SYN	35	170	33%	18%	29%	
BORN Energie Bar	25	99	10%	70%	6%	
BTU STOCKER	75	264	4%	66%	13%	5%
CHEWY granola -crema cacahuete, choc.	28	115	11%	71%	7%	4%
CLIF BAR	68	234	4%	71%	6%	4%
CYTOBAR	71	312	8%	72%	20%	
EDGEBAR	57	221	4%	74%	14%	2%
ENERGIE Eiweiss Riegel/Jougurt Müsli Champ	35	167	25%	49%	14%	
ENERGIZE Nutri-Power	43	169	0%	89%	9%	12%
ENERGY BAR / General Nutrition	40	180	13%	68%	15%	
ENERGY BAR / Pure Power	67	283	11%	63%	18%	3%
EXCEED SPORT BAR	82	307	6%	65%	15%	4%
FI-BAR	34	163	16%	77%	7%	
FINHALSA	48	199	10%	58%	23%	8%
FORZA	70	230	1%	64%	16%	6%
GATORBAR	64	239	5%	77%	5%	
GERBLÉ AMANDE	25	103	15%	62%	7%	4%
GQ Alpha 1 Nutri-bar	43	144	11%	54%	5%	14%
GRABBER Barre d'energie	45	156	2%	80%	2%	7%
HIGH FIVE	50	149	2%	66%	4%	
HIGH FIVE	80	237	2%	66%	4%	
HOFFMAN'S Energy Bar	56	313	35%	51%	10%	
ISOSTAR	20	88	17%	67%	5%	
K3 Reiter Energie-Bar	75	295	17%	50%	10%	
KANNE Energie-Snack	50	168	12%	47%	10%	
MATOLA BAR	85	400	14%	75%	11%	
MAXIM	55	205	9%	67%	6%	

MARCA	PESO (g)	kilocalorías	% GRASA	% CHO'S	% PROTEÍNA	FIBRA (g)
MEAL ON THE GO	43	223	27%	61%	8%	16%
MET-RX	100	327	3%	48%	27%	
MULTIPOWER Fitness Pack	35	140	13%	46%	25%	
MULTIPOWER RIEGEL ribesnero	35	138	13%	42%	27%	
NATURE VALLEY Granola Bar	24	149	44%	49%	7%	
NO FADE ENERGY BOOSTER BAR	57	267	16%	67%	14%	4%
NUTRI GRAIN Kellogg's	37	142	8%	73%	5%	3%
OVOMALTINE Wander	20	90	15%	68%	11%	2%
PATE DE FRUITS Sport	30	100	1%	80%	1%	
PERFECT PROTEIN BAR	48	266	31%	44%	25%	
PERFORMANCE	65	286	8%	75%	17%	
PLÁTANO (Tabasco)	100	96	0,3%	22%	1,2%	2%
POWER BAR	65	236	3%	69%	15%	5%
POWER RX Champ	50	240	16%	75%	9%	
POWER SPORT Enervit	60	209	4%	61%	17%	3%
POWER STICK Champ	35	134	10%	45%	28%	
PR bar	50	198	12%	46%	26%	
PR Ironman	54	219	13%	44%	28%	
PUREPOWER Energy bar	67	247	5%	63%	18%	3%
SPORT & FITNESS Riegel	35	137	11%	52%	21%	
SUPER CUTS	57	148	4%	47%	9%	11%
THUNDER BAR	69	237	3%	64%	15%	4%
TIGER SPORT Tiger's Milk	65	223	3%	62%	17%	5%
ULTRA FUEL Twin Lab	138	489	2%	73%	11%	
VIBA Sportsline	30	102	9%	60%	5%	
VITA FORCE Sport	24	107	14%	72%	8%	
X-TRNR	64	278	7%	75%	18%	

\*\*\* Todos los valores numéricos han sido redondeados (los porcentajes pueden no sumar 100). De igual manera dentro de una misma marca de barra los valores nutrimentales pueden variar de acuerdo al sabor de esta, ya que los ingredientes cambian, por lo que los valores manejados son representativos. Los datos de la Barra de Granola y del Plátano se pusieron en la tabla con el simple propósito de comparación.

\*\*\* Para la elaboración de esta tabla también se utilizó información facilitada por los fabricantes, así como los datos nutrimentales del empaque de algunas barras.

### **6.3 FUNCIÓN QUE DESEMPEÑAN LOS INGREDIENTES ADICIONADOS A LAS DIFERENTES MARCAS DE BARRAS PARA DEPORTISTAS.**

#### **A G U A**

Permite la formación del gluten, ayuda al control de la temperatura de la pasta y permite una *mejor incorporación de los ingredientes.* (26)

#### **C E R E A L E S**

Son utilizadas las harinas de diferentes cereales, tales como: arroz, avena y trigo. Proporcionan nutrimentos tales como: almidón, vitaminas y minerales; a su vez dan *textura a las barras.* (26)

#### **F R U T A S**

Elevan el valor nutritivo del alimento, proporcionan principalmente diferentes tipos de *hidratos de carbono, vitaminas y minerales.* Contribuyen a su vez en la *textura y sabor de la barra.* Las frutas más utilizadas son los dátiles, higos y manzanas; algunos fabricantes utilizan concentrado de jugo de frutas. (4)

#### **G O M A S**

Son utilizadas por su poder gelificante, espesante, estabilizante, y emulsificante. Entre estas se encuentran: la pectina, goma guar y la goma acacia. (68)

#### **G R A S A S**

Confieren *textura,* sirven como vehículo de las vitaminas liposolubles, *influyen en el sabor del productos,* aportan ácidos grasos esenciales y calorías. Se suelen utilizar el aceite de soya tanto en su forma natural como parcialmente hidrogenado y la margarina (7, 26)

## **HIDRATOS DE CARBONO**

Estos además de contribuir al valor nutritivo de los alimentos, poseen propiedades funcionales que son de mucha utilidad para el desarrollo de diferentes productos. Los azúcares poseen las siguientes propiedades: cristalización, el poder conservador, el poder humectante, el poder edulcorante y las reacciones de oscurecimiento. En lo que respecta a los polisacáridos estos no poseen sabor, tienen una gran capacidad para retener agua, formando partículas coloidales altamente hidratadas. Los principales usos de los polisacáridos son: estabilizadores a través de sus interacciones con agua, emulsionantes, gelificantes, estabilizan o forman espumas, mejoran la textura (dándole "cuerpo" al alimento), espesantes y agentes de viscosidad, encapsulación de sabores artificiales, fijación de sabores, controlan la cristalización de azúcares, sales y agua, agentes adhesivos, entre otros. (26, 68)

### ***Almidón.-***

Es utilizado como: espesante o para modificar la textura del alimento, agente gelificante, estabilizante, humectante. (26, 84)

### ***Almidón modificado.-***

Es un polvo blanco, incoloro e insípido, insoluble en agua, es utilizado como adhesivo, estabilizante coloidal y como espesante. (68)

### ***Fructosa (levulosa).-***

Es un edulcorante nutritivo, siendo más dulce que la sacarosa, posee una alta solubilidad y poca tendencia a cristalizar. Los jarabes altos en fructosa tienen una alta capacidad de retención de agua, evitando la deshidratación del producto, aunque en ocasiones pueden ser muy higroscópicos y dañar el alimento. Las mezclas de fructosa y glucosa son rápidamente

fermentables por las levaduras utilizadas en la panificación e intervienen en las reacciones de Maillard confiriendo un color agradable al producto. (26, 67, 68)

***Glucosa (dextrosa).***-

Es utilizada como. edulcorante nutritivo, aportador de calorías, humectante, texturizante. (26)

***Maltodextrina.***-

Polvo o solución de color blanco resultado de la hidrólisis parcial del almidón de maíz. Es utilizada para dar volumen, textura, espesor, como inhibidor de cristalización y como acarreador. (68)

***Maltosa.***-

Es parte constitutiva de los jarabes de maíz obtenidos por la hidrólisis controlada de su fracción de almidón No cristaliza tan fácilmente y posee una dulzura aceptable. Es empleada en la panificación ya que puede fácilmente interaccionar con proteínas y producir pigmentos a través de las reacciones de Maillard. (68)

***Sacarosa.***-

Agente saborizante, edulcorante y aporta calorías. (26)

**MINERALES**

Estos son adicionados para aumentar el valor nutritivo de los alimentos, entre los minerales utilizados se encuentran los siguientes: calcio, cobre, cromo, fósforo, hierro, yodo, magnesio, manganeso, molibdeno, potasio, selenio y zinc.

Las funciones de dichos minerales son las siguientes:

**Cobre.-** Participa en la función de un gran número de enzimas, juega un papel en el metabolismo de la energía, la síntesis de tejidos y protección contra radicales libres (1). En la síntesis de hemoglobina, absorción y transporte de hierro. Formación de huesos y constituyente del tejido cerebral. El cobre se pierde a través del sudor de una manera significativa. Se ha sugerido, por lo tanto, que una cantidad repetida de pérdidas de sudor puede producir unos niveles bajos de cobre y puede ser preciso, por consiguiente una ingesta mayor de este elemento en la dieta. Se sabe que el zinc, el ácido ascórbico, el hierro, el calcio, las proteínas, la fructosa y la fibra alimentaria, reducen la absorción de cobre. (4, 25)

**Yodo.-** Síntesis de tiroxina, la cual controla la oxidación celular. (10)

**Molibdeno.-** Conversión de purinas a ácido úrico, oxidación de aldehídos. (10)

**Selenio.-** Metabolismo de grasas, antioxidante. Debido a su función antioxidante, el selenio puede ayudar a prevenir la peroxidación de los lípidos inducida por el ejercicio físico y, por lo tanto, compensar el grado de daño celular. No existen trabajos en los que se haya estudiado específicamente el aporte especial de selenio. No existen datos sobre las pérdidas de selenio en el sudor inducidas por el ejercicio físico (1).

*(La función de los otros minerales fue mencionada en el capítulo anterior).*

## **PROTEINAS**

Estas al igual que los aminoácidos son utilizadas para elevar el valor nutritivo y hacer completo al alimento. Estas a su vez poseen propiedades tales como: hidratación, espumante, emulsificante; las cuales imparten características de textura al alimento, también contribuyen en el color y sabor del alimento (25, 26). Entre las proteínas y fuentes ricas en estas utilizadas por los fabricantes de las barras para deportistas se encuentran la

lactoalbumina, la albumina de huevo, caseinato de calcio, proteína aislado de soya, crema de cacahuete, yoghurt bajo en grasa, levadura, espirulina y leche descremada. Algunos fabricantes adicionan aminoácidos tales como: isoleucina, leucina y valina (4)

## VITAMINAS

Son utilizadas como nutrimentos para enriquecer y fortificar este tipo de alimentos. Las vitaminas adicionadas por los fabricantes son: la vitamina A o sus precursores el alfa y beta caroteno, la vitamina D, la vitamina E, la cianocobalamina, la piridoxina, la riboflavina, la tiamina, el ácido ascórbico, el ácido fólico, el ácido pantoténico, la biotina y la niacina. Las vitaminas C, B<sub>6</sub> y E, funcionan también como antioxidantes. (26, 81)

## OTROS

*Aminoácidos de cadena ramificada (leucina, valina e isoleucina).*- Su uso se basa en el hecho en que son oxidados en un grado mayor que los otros aminoácidos. Son capaces de dar su grupo amino a través de las reacciones de transaminación para formar alanina, la cual es convertida en glucosa en el hígado. La oxidación de la leucina se ve especialmente incrementada durante una actividad aeróbica (1, 66). Estimulan así dos de los efectos más buscados en el rendimiento deportivo: la producción energética para el trabajo muscular ya que en un estado de agotamiento de carbohidratos la ingestión de estos aminoácidos puede ahorrar el uso del glucógeno muscular y el proceso anabólico en el interior de las células musculares. Así mismo algunos autores sugieren que los suministros suplementarios de aminoácidos de cadena ramificada, hacen que aumente la concentración en sangre de los mismos y disminuyan, por tanto, la captación de triptófano en el cerebro, ayudando a retardar el comienzo de la aparición de la fatiga.

### *Glicerina.*-

Es utilizada como humectante, espesante, solvente y agente plasticida (68)

### ***Lecitina.-***

Es un fosfolípido y es utilizada como antioxidante y emulsificante. (26)

### ***Sustancias que aceleran el proceso de recuperación y el metabolismo.-***

Fosfatos, L-carnitina, guarana (tonificante, contiene cafeína), ginseng, polen y zarzaparrilla.

### ***L-Carnitina.-***

La carnitina es un compuesto parecido a las vitaminas, esta se encuentra de manera natural en los alimentos, particularmente en carnes, pero también es sintetizada por el cuerpo. La carnitina facilita la transferencia de ácidos grasos de cadena larga hacia dentro de la mitocondria y se ha creado la teoría de que es una sustancia ergogénica para los atletas de resistencia. También se ha hablado de que facilita la pérdida de grasa pero faltan estudios que soporten lo anterior. (1)

### ***Ornitina $\alpha$ -cetoglutarato.-***

Este compuesto es una reciente incorporación a la lista de “anabólicos” disponibles para atletas de fuerza. Dicho compuesto incrementa la producción y la acción de la insulina, por lo que atenúa la degradación del músculo esquelético. También existen reportes preliminares que indican que un aumento de la ingestión de este compuesto incrementa el factor de crecimiento similar a la insulina. Dicho factor es responsable de muchos efectos promotores de la hormona del crecimiento. (1)

### ***Creatina.-***

La creatina es un compuesto nitrogenado encontrado de manera natural en la carne. En el cuerpo se combina rápidamente con fosfato para formar creatinfosfato, un compuesto de alta energía que se almacena en los músculos. Estudios recientes han demostrado que la

suplementación oral de monohidrato de creatina, aproximadamente de 20-25 g por día, pueden llevar al incremento del contenido de creatina en el músculo, mejorando el desempeño en repetidas series de ejercicio ciclista de alta intensidad. Además se han reportado incrementos significativos en la masa corporal (1.1 kg) seguido de la suplementación de 25 g de monohidrato de creatina diario durante 6 días, se especula que dicho incremento se puede deber al la síntesis de proteínas contráctiles o a una mayor retención de agua, aún hace falta una mayor investigación al respecto. (56, 85, 86)

#### ***Inosina.-***

La inosina es un nucleósido involucrado en la producción de purinas tales como la adenina. Se ha sugerido que la suplementación con inosina incrementa la formación en el músculo de ATP. Sin embargo faltan datos que soporten la afirmación anterior. (1) También estimula la formación del 2,3 fosfoglicerato, esencial para el transporte de moléculas de oxígeno.

#### ***Colina.-***

La colina es una amina, un constituyente de los fosfolípidos encontrados en plantas y animales. Es un precursor del neurotransmisor acetilcolina y de la fosfatidil-colina (lecitina) un componente de las lipoproteínas involucradas en el transporte de los lípidos. Basados en estos fundamentos se cree que incrementa la fuerza y facilita la pérdida de la grasa corporal, pero faltan estudios que soporten dicha hipótesis (7, 85). Algunos estudios han confirmado que la suplementación con lecitina y colina puede incrementar los niveles de la acetilcolina. (1)

#### ***Insulina.-***

La insulina tiene un efecto anabólico en la proteína del músculo esquelético bajo ciertas condiciones. Sin embargo, no existe evidencia sistemática que incrementos crónicos de la insulina circulante aumente la masa muscular en seres humanos entrenados en resistencia.

Por el lado negativo, la hiperinsulinemia crónica puede resultar en desordenes serios en el metabolismo de los hidratos de carbono y en el de las grasas (86).

#### ***Levadura de cerveza.-***

es un fuente rica de las vitaminas B (excepto por la cianocobalamina). También contiene proteínas y algunos minerales. Se dice que la suplementación con levadura de cerveza disminuye la constipación, baja el colesterol y mejora el rendimiento atlético. Pero no existe ninguna evidencia científica que fundamente lo anterior. Algunos posibles efectos secundarios de la ingestión de levadura de cerveza incluyen náusea y diarrea. (7)

#### ***Polen de abejas.-***

Se ha reportado que cura una multitud de enfermedades y que mejora el rendimiento atlético. Su contenido de proteína varía de entre el 10% a un 36%, con un contenido perceptible de aminoácidos esenciales. De un 10% a un 15% de azúcares simples, pequeñas cantidades de grasa y cantidades significativas de minerales. (1)

Los efectos de la ingestión de polen de abejas en el rendimiento atlético son poco claras. Estudios europeos muestran beneficios al tomar este suplemento, mientras que estudios realizados en E.U.A. no encuentran beneficio alguno. Se han reportado reacciones de alergia al consumir polen de abeja. (7)

## **6.4 PROCESO DE FABRICACION DE LAS BARRAS PARA DEPORTISTAS**

En el diagrama 3 se muestra el proceso de fabricación de las barras para deportistas. A continuación se explican las condiciones de dicho proceso de fabricación.

### **1° Recepción de materia prima.**

**2° Evaluación de materia prima.-** En esta fase se revisa que todos los ingredientes cumplan con los parámetros establecidos, para su control de calidad. Así mismo deben de estar libres de materias extrañas y contaminadas.

**3° Acondicionamiento de materia prima.-** Las frutas se limpian, en caso de requerirlo son peladas y deshuesadas, posteriormente son picadas. Los cereales son molidos en seco y cernidos, evitando de esta forma que existan partículas no molidas, obteniéndose a su vez un tamaño de partícula uniforme, lo cual es de importancia para la textura y apariencia final del producto. El cernido permite arear las harinas, evitando que se compacten facilitando de esta manera la homogenización e incorporación con los otros ingredientes.

**4° Mezclado.-** Los mezclados de los ingredientes secos y de los ingredientes de la pasta se realizan por separado, con la finalidad de lograr una mejor incorporación de todos estos y obtener de esta forma una textura adecuada. Posteriormente se realiza el mezclado de las dos líneas, con lo cual se logra la incorporación de todos los ingredientes, también se desarrolla el *gluten*. Esta fase de mezclado se realiza a temperatura ambiente. (85)

**5° Moldeado.-** La pasta obtenida se coloca en charolas, de tal manera que se logre obtener un grosor de 1 cm aproximadamente. Posteriormente se hace el corte de las barras.

**6° Horneado.-** Se realiza a una temperatura de 150 °C durante 60 minutos. Con esto se logra la gelatinización del almidón, evaporación del agua, la adhesión de los ingredientes, la inactivación de enzimas, la coagulación de proteínas y las reacciones de oscurecimiento de Maillard. (26)

**7° Empacado.-** Este se lleva acabo a temperatura ambiente, habiendo dejado enfriar las barras, para evitar posibles condensaciones y el posterior desarrollo de hongos. Las barras se envuelven individualmente. (85)

**8° Almacenado.**

**9° Distribución.**

**DIAGRAMA DE FLUJO # 3**

**FABRICACIÓN DE LAS BARRAS PARA DEPORTISTAS (87)**

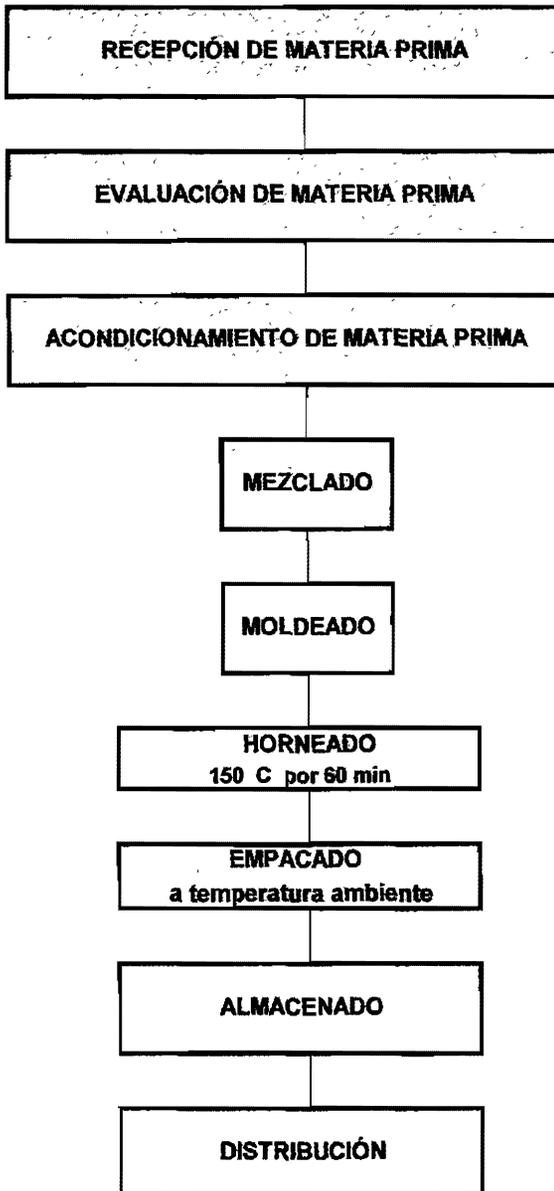


Tabla 13

6.5 FORMULA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN  
DE UNA BARRA PARA DEPORTISTAS (1, 81)

INGREDIENTE	CANTIDAD
<b>** jarabe cocido:</b>	
agua	40 g
glucosa	150 g
dextrosa	100 g
fructosa	80 g
<b>** disolver en caliente:</b>	
agua	40 g
grentina	20 g
<b>** mezcla de cereales molidos y tamizados:</b>	
avena	150 g
harina de arroz	100 g
harina de trigo integral	80 g
<b>** moler y mezclar</b>	
plátano	82 g
dátiles	63 g
crema de cacahuete	25 g
lecitina	1 g
<b>** disolver:</b>	
agua	44 g
albúmina	25 g
saborizante	
sorbato de potasio	0.05%
<b>TOTAL DE MASA</b>	<b>1000 g</b>
<b>** adicionar:</b>	
carbonato de calcio	7.6 g
sulfato de hierro	284 mg
sulfato de zinc	247 mg
cianocobalamina	33 mcg
ácido ascórbico	656 mg
nicotinamida	267 mg
pantotenato de calcio	76 mg
mononitrato de tiamina	14 mg
riboflavina	11 mg
fosfato de magnesio	16.81 g

Tabla 13

**CONTINUACIÓN DE: FORMULA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BARRA PARA DEPORTISTAS.**

<i>Las barras tendrán una presentación de 45 g conteniendo cada una:</i>	
hidratos de carbono	81.47%
grasas	6.8%
proteínas	11.73%
fibra	0.73 g
<i>% de la Ingestión Diaria recomendada por el Instituto Nacional de Nutrición "Salvador Zubirán" para un hombre de 65 kg. de 35 - 54 años.</i>	
hierro	55%
calcio	30%
cianocobalamina	75%
ácido ascórbico	60%
niacina	51%
tiamina	50%
riboflavina	54%
retinol	35%
** zinc	30%
** magnesio	40%

\*\* En el caso del zinc y el magnesio, los porcentajes reportados son de acuerdo a la Ingesta Diaria recomendada por el Committee on Dietary Allowances de los E.U.A para hombres desde 11 años hasta más de 51 años de edad

**CAPÍTULO VII**  
**C O N C L U S I O N E S**

## VII CONCLUSIONES

1. La ingesta adecuada de nutrientes en atletas resulta de una importancia esencial para el mantenimiento de un nivel nutricional adecuado, un rendimiento óptimo, una recuperación adecuada y para una minimización de los riesgos a la salud. Los gastos de energía extremadamente altos que se producen en los ejercicios de resistencia intensivos, requieren de una adecuada ingesta de kilocalorías y nutrientes para mantener el equilibrio de energía, nitrógeno y fluidos.
2. El gran volumen de alimentos a consumir que se asocia con una dieta rica en hidratos de carbono origina que muchos atletas cambien sus hábitos alimenticios y que tomen parte de su ingesta diaria de energía como tentempiés entre comidas, frecuentemente de alto contenido energético pero con una baja cantidad en fibra alimentaria, proteínas y micronutrientes. Esto da lugar a una disminución de la calidad de la dieta, a menos que se escojan productos alimenticios, suplementos dietéticos o ambas cosas con una composición y balance adecuado.
3. El consumo de las barras para deportistas les brinda a los atletas un alimento rico en nutrientes, de fácil digestión, así como práctico en su manejo y consumo.
4. Los atletas presentan un incremento de utilización y pérdida de macro- y micronutrientes por el ejercicio. Por lo general, esta pérdida debería ser compensada a través de la dieta diaria. La cantidad de nutrientes (proteínas y la mayoría de los micronutrientes) de los alimentos corrientes empleados en una dieta resulta ser baja y a menudo es insuficiente. Por lo tanto, los atletas que ingieren continua o repetidamente dietas bajas en kilocalorías pueden mejorar su ingesta de nutrientes y su nivel de

nutrición escogiendo alimentos y suplementos que tengan una densidad de nutrientes mejorada en algunos nutrientes específicos.

5. Los hidratos de carbono son el nutriente de mayor importancia para el rendimiento de alta intensidad. La liberación de energía a partir de los hidratos de carbono es hasta tres veces más rápida que la obtenida a partir de las grasas. Sin embargo, las reservas en el cuerpo son pequeñas, lo que limita el tiempo de duración del ejercicio de alta intensidad. Aparte de disminuir el rendimiento, el agotamiento de los hidratos de carbono produce un aumento de la utilización de proteínas para la producción de energía, esto determina un aumento de producción de amoníaco y compuestos de amonio, que aumentan la fatiga. La ingesta de hidratos de carbono durante el ejercicio produce un ahorro de las reservas de los mismos, una disminución del gasto de proteínas, un retraso en la aparición de la fatiga y una mejora en el rendimiento. Una ingesta adecuada de hidratos de carbono entre las sesiones de entrenamiento o en los días de ejercicio intenso, resulta de importancia para evitar el desarrollo de una fatiga progresiva debida al sobreentrenamiento. Las fuentes de hidratos de carbono a emplear durante el ejercicio deben de ser de rápida absorción, es decir, que sean de un alto índice glucémico.
6. Las grasas son una fuente de energía lenta para ser empleadas como fuente de combustible principal, los atletas sólo pueden trabajar aproximadamente alrededor del 60% de su capacidad máxima utilizándolas como fuente primaria. Como resultado de un entrenamiento adecuado el cuerpo se vuelve más eficiente, incrementando la utilización de las grasas y reduciendo el empleo de las reservas de glucógeno.

7. Las proteínas son necesarias para el desarrollo de la masa muscular, regeneración de los tejidos y la adaptación enzimática. Se sabe que algunos aminoácidos tienen influencia sobre la producción de ciertos neurotransmisores, este fenómeno parece tener efecto sobre la fatiga y el rendimiento. Las necesidades de proteínas de los atletas se ven aumentadas ya que existe una mayor utilización de aminoácidos en la producción de energía oxidativa durante el ejercicio físico. Una ingesta baja de proteínas tiene una influencia negativa sobre los procesos de síntesis y adaptación al entrenamiento. Mientras que la ingestión de suplementos de proteínas a niveles superiores a los requeridos no producen una mejora del desarrollo muscular ni del rendimiento físico y aumentan la pérdida de agua.
8. Los minerales son elementos importantes para el sistema musculoesquelético, así como para un gran número de actividades biológicas. El ejercicio va asociado a un incremento de las pérdidas de los minerales con el sudor y a través de la orina en la fase posterior al ejercicio. La dieta misma puede afectar de manera importante a estas pérdidas, dado que la ingesta de altas cantidades de hidratos de carbono de alto índice glucémico, aumentan las pérdidas de cromo, mientras que las dietas ricas en fibra alimenticia, a menudo consumidas por atletas de resistencia y vegetarianos, disminuyen la absorción de minerales. Los atletas que consumen dietas bajas en kilocalorías deben tener en cuenta la ingesta deficiente de minerales, en especial zinc, hierro y magnesio. Se sabe que las carencias de hierro, zinc y magnesio inducen un bajo rendimiento, debilidad muscular y a menudo, van asociadas a calambres musculares

9. Las vitaminas son cofactores esenciales en muchas reacciones enzimáticas involucradas en la producción de energía y en el metabolismo de las proteínas. Cualquier carencia de una vitamina va ligada a un metabolismo subóptimo, lo que a largo plazo producirá una disminución del rendimiento o incluso enfermedades. Además, algunas vitaminas actúan como sustancias antioxidantes y tienen, por lo tanto, un papel protector sobre la integridad de los tejidos y células, que pueden verse amenazados en el caso de un sobreesfuerzo metabólico. El aporte suplementario de vitaminas permite recuperar la capacidad de rendimiento en casos de déficit de las mismas. Sin embargo, no se ha podido demostrar que el aporte suplementario de vitaminas en cantidades superiores a las necesarias para obtener los niveles óptimos en sangre, produzcan una mejora del rendimiento físico de los atletas.
10. El agua y los electrolitos resultan ser de gran importancia durante el ejercicio físico prolongado. La pérdida progresiva de líquidos corporales mediante el sudor y respiración, así como por diarrea en las competiciones de resistencia, va asociada a una disminución del flujo sanguíneo a través de las extremidades, una reducción del volumen plasmático y de volemia central, una disminución del sudor y de la disipación del calor, en circunstancias de altas temperaturas ambientales se asocia a golpe de calor, siendo frecuentes en la actualidad este tipo de daños. La deshidratación de tan sólo el 2% en peso corporal afecta el rendimiento, ya que lo anterior reduce la capacidad de transporte de oxígeno del cuerpo y produce fatiga. Se conoce que una rehidratación adecuada contrarresta estos efectos y retarda la aparición de la fatiga.

11. Frente a lo que ocurre tras la ingesta de agua pura, la adición de sodio e hidratos de carbono (de 60 g/L - 100 g/L) a las bebidas de rehidratación, estimula la absorción de agua obteniéndose una mejor hidratación, teniendo una influencia en menor medida sobre las hormonas de regulación del equilibrio del agua y a su vez estimulan el consumo de líquidos.
12. Las bebidas para deportistas están diseñadas para reponer las pérdidas de líquidos y minerales por el sudor, suministrando a su vez cantidades limitadas de energía en forma de hidratos de carbono. Todas estas tres sustancias son utilizadas o perdidas durante el ejercicio y están sujetas a su vez a influencias recíprocas. Se presentan grandes diferencias individuales en cuanto al grado de sudoración, contenido de electrolitos del sudor, grado de utilización de los hidratos de carbono. Estas diferencias pueden verse influidas por condiciones climatológicas. Por lo que es imposible la elaboración de una solución de rehidratación que compense de manera exacta las pérdidas de cualquier individuo en cualquier situación. Es por esta razón que las bebidas para deportistas se diseñan, por lo general, con el fin de cubrir las necesidades de una gran población que practique ejercicio físico bajo diferentes condiciones.
13. Se precisa de una mayor investigación en el campo relacionado con la nutrición para los deportistas para contar con evidencias científicas concluyentes. Este desarrollo se verá estimulado por el aumento de conocimientos sobre las sustancias nutritivas que se ven involucradas en diferentes procesos del metabolismo, incluido el metabolismo cerebral.

**CAPÍTULO VIII**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## VIII BIBLIOGRAFÍA

1. Brouns, F. "NECESIDADES NUTRICIONALES DE LOS ATLETAS". Paidotribo, primera edición Barcelona, 1997.
2. Haas, R. "EAT TO WIN". New American Library, second edition. U.S.A., 1985.
3. Del Pozo, V. "HABITOS ALIMENTARIOS DE DEPORTISTAS MEXICANOS DE ALTO RENDIMIENTO". Tesis, Universidad Iberoamericana, México, D.F., 1993.
4. Applegate, L. "POWER FOODS: HIGH PERFORMANCE NUTRITION FOR HIGH PERFORMANCE PEOPLE". Rodale Press, Inc. Pennsylvania, 1991.
5. Vinci, D. "EFFECTIVE NUTRITION SUPPORT PROGRAMS FOR COLLEGE ATHLETES". Int J Sport Nutr. 8:308-318, 1998.
6. Burke, L., Collier, G and Hargreaves, M. "GLYCEMIC INDEX-A NEW TOOL IN SPORT NUTRITION?". Int. J. Sport Nutr. 8:405-415, 1998.
7. Bernardot, D. "SPORTS NUTRITION". Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, second edition. U.S.A., 1993.
8. Konopka, P. "LA ALIMENTACIÓN DEL DEPORTISTA". Ediciones Roca, S.A. México, D.F., 1988.
9. Acevedo, C. y Almeida, R. "EL MUNDO DEL DEPORTE". Tesis: UTEHA, 1980
10. Marieb, E. "HUMAN ANATOMY AND PHYSIOLOGY". The Benjamin/Cummings Publishing Company, second edition Redwood City, 1992.
11. Bowers, R. and Fox, E. "FISIOLOGÍA DEL DEPORTE". Editorial Médica Panamericana, S.A., tercera edición. Buenos Aires, 1995.
12. Sleamaker, R. "SERIOUS TRAINING FOR SERIOUS ATHLETES". Leisure Press. U.S.A., 1982.
13. Chicharro, J. y Fernández, A. "FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO". Editorial Médica Panamericana, S.A., segunda edición. Madrid, 1998.
14. Lehninger, A. "PRINCIPIOS DE BIOQUÍMICA". Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1984.

15. Kulund, D. "LESIONES DEL DEPORTISTA". Salvat Editores, segunda edición Barcelona, 1990.
16. Blair, S., Durstine, J., Eddy, D., Hanson, P., Painter, P., Pate, R., Smith, L. and Wolfe, L. "GUIDELINES FOR EXERCISE TESTING AND PRESCRIPTION". Lea & Febiger, fourth edition. Pennsylvania, 1991.
17. Wells, C. "MUJERES, DEPORTE Y RENDIMIENTO (PERSPECTIVA FISIOLÓGICA)". Editorial Paidotribo, primera edición. Barcelona, 1996.
18. Janssen, P. "TRAINING LACTATE PULSE-RATE". Polar Electro Oy. fifth edition. Finland, 1995.
19. Macdonald, I. "FOOD AND DRINK IN SPORT". British Medical Bulletin. 48:605-614, 1992.
20. López, A. "DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA Y FRECUENCIA DE HEMOLISIS EN UNA MUESTRA DE MARATONISTAS MEXICANOS". Tesis, Universidad Iberoamericana. México, D.F., 1992.
21. Arredondo, G. y Romero, N. "ALIMENTACIÓN EN EL DEPORTE". Cuadernos de Nutrición. 3:33-37, 1984.
22. Zuckerman, S. "FOOD FOR SPORT: WHAT ATHLETES NEED TO EAT". Nutrition Action. 11:6-11, 1984.
23. Grandjean, A. "NUTRITIONAL ASPECTS OF ATHLETIC PERFORMANCE". Cereal Foods World. 30:848-850, 1985.
24. Pi-Sunyer, F and Woo, R. "EFFECT OF EXERCISE ON FOOD INTAKE IN HUMAN SUBJECTS". Am. J. Clin. Nutr. 42:983-990, 1985.
25. Paish, W. "LA DIETA EN EL DEPORTE". Editorial Tutor. Madrid, 1990.
26. Badui, S. "QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS". Editorial Alhambra Mexicana, S.A de C.V., tercera edición. México, D.F., 1994.
27. Loosli, A. "ATHLETES, FOOD AND NUTRITION". Food and Nutrition News. 62:15-18, 1990.
28. Harper, H. "MANUAL DE QUÍMICA FISIOLÓGICA". Editorial Interamericana, cuarta edición. México, D.F., 1980.
29. Newsholme, F. and Leech, A. "BIOQUÍMICA MÉDICA". Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., primera edición. México, D.F., 1987.

30. Chávez, A., Chávez, M., Madrigal, H. y Ríos, E. “GUÍAS DE ALIMENTACIÓN MÉXICO”. Instituto Nacional de la Nutrición “Salvador Zubiran”. México, D F., 1993.
31. Coyle, E. “FAT METABOLISM DURING EXERCISE”. Sport Science Exchange 8:1-10, 1995.
32. Barbosa, J., Chaves, D., Lopes, N., Santos, W, and Valente, José. “NUTRITION AND FOOD SCIENCE”. Plenum Press. New York, 1980.
33. Passmore, R. y Robson, J. “TRATADO DE ENSEÑANZA INTEGRADA DE LA MEDICINA”. Editorial Científico-Médica. Cali, 1971.
34. Waterlow, J. “CÓMO SE ADAPTA EL ORGANISMO A LA BAJA INGESTIÓN DE ENERGÍA O DE PROTEÍNA”. Cuadernos de Nutrición. 14:17-32, 1991.
35. Weitenkopf, D. “VITAMINAS DE LA BASF”. División Operativa de la BASF Intern. 1993/1994.
36. Butler, J., Dietrich, S., Gates, J., Lutz, R., Pollett, L. and Nieman, D. “SUPPLEMENTATION PATTERNS IN MARATHON RUNNERS”. J. Am. Diet. Assoc. 89:1615-1619, 1989.
37. Schwab, K. “IN SEARCH OF STAMINA: TRUTHS vs MYTHS”. Environmental Nutrition. 14:1,7-8, 1991.
38. Rosado, J., Bourges, H. y Saint-Martin, B. “DEFICIENCIA DE VITAMINAS Y MINERALES EN MÉXICO. UNA REVISIÓN CRÍTICA DEL ESTADO DE LA INFORMACIÓN”. Salud Pública México. 37:130-137, 452-459, 1995.
39. Casanueva, E. “EL AGUA”. Cuadernos de Nutrición. 7:3-7, 1984.
40. Kenney, L. “THE OLDER ATHLETE: EXERCISE IN HOT ENVIROMENTS”. Sport Science Exchange. 6:1-7, 1993.
41. Horswill, C. “EFFECTIVE FLUID REPLACEMENT”. Int. J. Sport Nutr. 8:175-188, 1998.
42. Bar-Or, O. “CHILDREN’S RESPONSES TO EXERCISE IN HOT CLIMATES. IMPLICATIONS FOR PERFORMANCE AND HEALTH”. Sport Science Exchange. 7:1-7, 1994.
43. Armstrong, L. and Epstein, Y. “FLUID-ELECTROLYTE BALANCE DURING LABOR AND EXERCISE. CONCEPTS AND MISCONCEPTIONS”. Int. J. Sport Nutr. 9:1-12, 1999.

44. Costill, D. "IN TOWARD AN UNDERSTANDING OF HUMAN PERFORMANCE". Mouvement Publications. Itaca, 1980.
45. Sherman, W. "MUSCLE GLYCOGEN SUPERCOMPENSATION DURING THE WEEK BEFORE ATHLETIC COMPETITION". Sport Nutrition Exchange. 2:1-4, 1989.
46. Burke, L., Collier, and Hargreaves, M. "MUSCLE GLYCOGEN STORAGE AFTER PROLONGED EXERCISE: EFFECT OF THE GLYCEMIC INDEX OF CARBOHYDRATES FEEDINGS". Am. J. Clin. Nutr. 64:115-119, 1996.
47. Martínez, P. "ENTRE LA CIENCIA Y EL MITO-NUTRICIÓN Y DEPORTE". Información Científica y Tecnológica. 13:32-37, 1991.
48. Walberg, J. "GLYCEMIC INDEX AND EXERCISE METABOLISM". Sports Science Exchange. 10:1-15, 1997.
49. Maughan, R. "DEVELOPMENT AND EFFICACY OF CARBOHYDRATE-ELECTROLYTE SPORTS DRINKS". Trends in Food Science and Technology. July:162-165, 1991.
50. Davis, J., Bartoli, W., Burgess, W. and Slentz, C. "FLUID AVAILABILITY OF SPORTS DRINKS DIFFERING IN CARBOHYDRATE TYPE AND CONCENTRATION". Am. J. Clin. Nutr. 51:1054-1057, 1990.
51. Robergs, R., McMinn, S., Mermier, C., Leadbetter, G., Quinn, Ch. "BLOOD GLUCOSE AND GLUCOREGULATORY HORMONE RESPONSES TO SOLID AND LIQUID CARBOHYDRATE INGESTION DURING EXERCISE". Int. J. Sport Nutr. 8:70-83, 1998.
52. Bompa, T. "THEORY AND METHODOLOGY OF TRAINING: THE KEY TO ATHLETIC PERFORMANCE". Kendall-Hunt Publishing. NY, 1994.
53. Coleman, E. "SPORTS DRINK UPDATE". Sports Science Exchange. 1:1-3, 1988.
54. Coleman, E. "SPORTS DRINK RESEARCH". Food Technology. March:104-106, 1991.
55. Forzac, T. "SPORT DRINKS". Sports Nutrition News. 4:1-4, 1985.
56. Applegate, L. "EFFECTIVE NUTRITIONAL ERGOGENIC AIDS". Int. J. Sport Nutr. 9:229-239, 1999.

57. Liebman, B. "SPORTS DRINKS SLUG IT OUT" Nutrition Action Healthletter. July/August:10-11, 1986.
58. Applegate, L "FLUID FLUENCY". Runner's World. July:30-33, 1994.
59. Mora, J. "REFUELING". Triathlete. July:42-46, 1991.
60. Coleman, E. "YOU ARE WHAT YOU DRINK". Triathlete. May:36-44, 1999.
61. Kukula, K. "ENDURO DRINKS" Men's Fitness December:26-28, 1992.
62. Morris, Ch. "NEW HIGH ENERGY DRINKS". Food Engineering. 54: 101, 1982.
63. U.S. Dairy Export Council. "CRECE LA OFERTA DE BEBIDAS NUTRITIVAS ORIENTADAS A LOS DEPORTISTAS". Deporte, Ciencia & Rendimiento. 8:27-29, 1999.
64. Colombani, P., Kovacs, E., Frey-Rindova, P., Frey, W., Langhans, W., Arnold, M. and Wenk, C. "METABOLIC EFFECTS OF A PROTEIN-SUPPLEMENTED CARBOHYDRATE DRINK IN MARATHON RUNNERS". Int. J. Sport Nutr. 9:181-201, 1999.
65. Goto, Y. "EFFECTS OF SPORT DRINK INGESTION ON CHANGES IN BLOOD ENERGY SUBSTRATES, BLOOD HORMONE AND CYCLIC AMP DUE TO EXERCISE AT HIGH AMBIENT TEMPERATURE". Bulletin of Physical Fitness Research Institute. 57:49-63, Tokyo, 1984.
66. Davis, M. "CARBOHYDRATES, BRANCHED-CHAIN AMINO ACIDS AND ENDURANCE: THE CENTRAL FATIGUE HYPOTHESIS" Sports Science Exchange. 9:1-10, 1996.
67. Meincke, K. "FRUCTOSE THE NATURAL SWEETENER WITH MANY ADVANTAGES AND CHARACTERISTICS". Confectionery Production. 53:772, 1987.
68. Lewis, R. "FOOD ADDITIVES HANDBOOK". Van Nostrand Reinhold. U.S.A., 1989.
69. Peterson, R. and Johnson, C. "ENCYCLOPEDIA OF FOOD SCIENCE". The AVI Publishing Company, Inc. U.S.A., 1987.
70. Williams, M "NUTRITIONAL SUPPLEMENTS FOR STRENGTH TRAINED ATHLETES". Sports Science Exchange. 6:1,-12, 1993.

71. Osol, A., Chase, G., Gennaro, A., Gibson, M. and Granberg, B. "REMINGTON'S PHARMACEUTICAL SCIENCES". Mack Publishing Company. Easton, 1980.
72. Swift, J., Kehrer, J., Seiler, S. and Starnes, J. "VITAMIN E CONCENTRATION IN RAT SKELETAL MUSCLE AND LIVER AFTER EXERCISE". Int. J. Sport Nutr. 8:105-106, 1998.
73. Someren, K., Fulcher, K., McCarthy, J., Moore, J., Horgan, G. and Langford, R. "AN INVESTIGATION INTO THE EFFECTS OF SODIUM CITRATE INGESTION AND HIGH-INTENSITY EXERCISE PERFORMANCE". Int. J. Sport Nutr. 8:356-363, 1998.
74. Doherty, M. "THE EFFECTS OF CAFFEINE ON THE MAXIMAL ACCUMULATED OXYGEN DEFICIT AND SHORT-TERM RUNNING PERFORMANCE". Int. J. Sport Nutr. 8:95-104, 1998.
75. Wright, M. "DOPING EN EL DEPORTE". Cientific Body Fitness. Madrid, 1995.
76. Svensson, M., Malm, Ch., Tonkonogi, M., Ekblom, B., Sjodin, B. and Sahlin, K. "EFFECT OF O10 SUPPLEMENTATION ON TISSUE O10 LEVELS AND ADENINE NUCLEOTIDE CATABOLISM DURING HIGH-INTENSITY EXERCISE". Int. J. Sport Nutr. 9:166-180, 1999.
77. Sukula, W. "PYRUVATE: BEYOND THE MARKETING HYPE". Int. J. Sport Nutr. 8:241-249, 1998.
78. Fahey, T., Larsen, J., Brooks, G., Colvin, W., Henderson, S. and Darrel, L. "THE EFFECTS OF INGESTING POLYLACTATE OR GLUCOSE POLYMER DRINKS DURING PROLONGED EXERCISE". Int. J. Sport Nutr. 1:249-256, 1991.
79. Guy, J., Phillips, F. and Wood, R. "BEVERGES CARBONATED & NONCARBONATED". The AVI Publishing Company, Inc. Westport, 1974.
80. Mitchell, M. "FORMULATION AND PRODUCTION OF CARBONATED SOFTDRINKS". Van Nostrand Reinhold. U.S.A., 1990.
81. Applegate, L. "NUTRITION SNACK BARS". Runner's World. April: 24-26, 1991.
82. Justice, J. "THE BAR SCENE". Triathlete. September: 34-39, 1992.
83. Walsh, J. "ENERGY BARS & RECOVERY DRINKS". Triathlete. April: 30-34, 1994.
84. Pszczola, D. "STARCHES AND GUMS MOVE BEYOND FAT REPLACEMENT". Food Technology. 53: 74-80. 1999.

85. Van, W. "SECRETOS DE LA NUTRICIÓN" McGraw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México, D.F., 1999.
86. Butterfield, G. "ERGOGENIC AIDS: EVALUATING SPORT NUTRITION PRODUCTS". Int. J. Sports Nutr. 6:191-197, 1996.
87. Matz, S. "COOKIE AND CRACKER TECHNOLOGY" The Avi Publishing Company, Inc. Westport, 1978.