

# **Efectos de una bebida energética sobre el rendimiento durante un período de ejercicio intermitente de alta intensidad en Futbolistas**

Rodolfo Antonio Alvarado Cruz.

## **Resumen**

El fútbol implica un ejercicio intermitente de cortos períodos de alta intensidad intercalados por largos períodos de bajo y moderado nivel de intensidad. Las demandas físicas y fisiológicas del fútbol sobre sus participantes se elevan cuanto más alto es el nivel de competición. Hoy en día el uso de la ergogenia para mejorar el rendimiento en competencia o simplemente en entrenamiento, forma parte de lo cotidiano en la población activa.

En nuestro país existe un auge muy reciente en el uso de un grupo de supuestos productos ergogénicos conocidos como bebidas energéticas. Una de las más populares es el Red Bull Energy Drink®, que contiene taurina, glucuronolactona y cafeína como ingredientes activos y se afirma publicitariamente que mejora concentración y tiempo de reacción, vigilia y resistencia física. El objetivo principal de este proyecto fue estudiar el efecto producido por la ingesta de bebidas energéticas antes de realizar el esfuerzo físico sobre el rendimiento durante un período de ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de la selección de fútbol de la Universidad Simón Bolívar.

Dicho rendimiento fue cuantificado mediante la aplicación del protocolo de valoración funcional de campo "Loughborough Intermittent Shuttle Test" (L.I.S.T.). El Test fue aplicado después de haberle realizado una serie de modificaciones tales como otro sistema de cronometraje por sensores infrarrojos, metrónomos con señales de voz, métodos de muestreo sanguíneo menos invasivos y registro de frecuencia cardiaca más eficiente. La bebida experimental utilizada fue el Red Bull Energy Drink®.

El test fue aplicado a 10 atletas pertenecientes a la nombrada selección, ingiriendo 250 ml de Red Bull o de placebo, 30 min antes de que se aplicara la prueba. A la semana siguiente se les aplicó el Test previa ingesta de la bebida contraria. Para analizar las diferencias en el rendimiento, se aplicó una prueba ANOVA de 2 vías para los factores Tipo de bebida y Lapso de tiempo en el protocolo, para las variables Tiempo de sprint máximo, niveles de lactato y glucosa y nivel de percepción de esfuerzo.

Para las variables frecuencia cardiaca, diferencia de peso corporal, volumen de agua consumida y tasa de sudoración se aplicó una T de Student para dos muestras. El nivel de significancia usado fue  $P < 0,05$  para ambas pruebas. Se encontró diferencia significativa sólo en el tiempo del sprint máximo en 15m, ya que la velocidad fue menos afectada por la fatiga en el grupo cuando ingirió Red Bull. No hubo diferencias significativas en frecuencia cardiaca, niveles de lactato y glucosa sanguínea, percepción del esfuerzo y tasa de sudoración.

## **CAPÍTULO I**

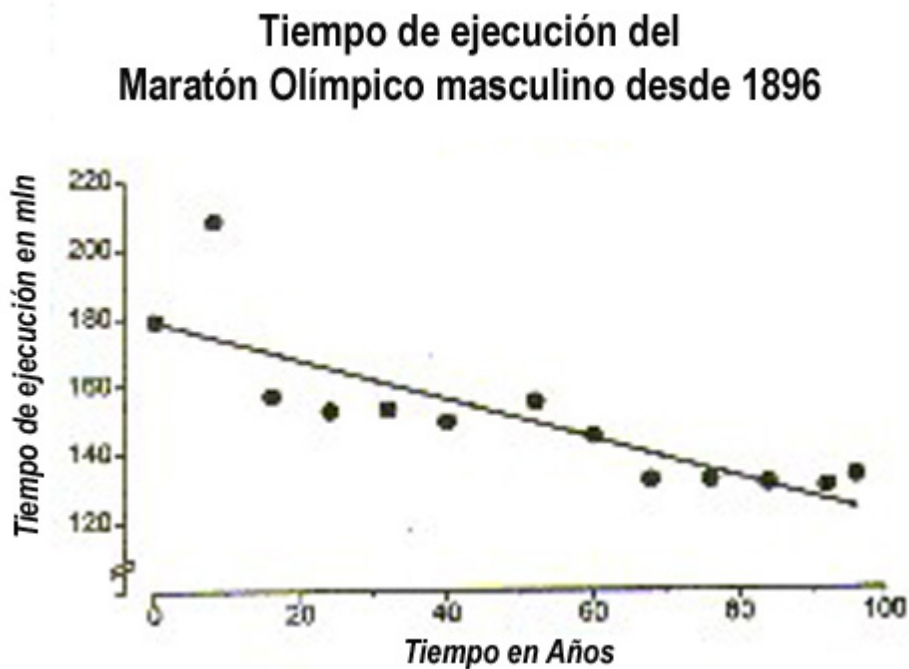
### **I.1. Introducción**

Actualmente el deporte de alta competencia en cualquiera de las disciplinas que existen, ha elevado de manera muy vertiginosa los niveles de exigencia. Bien sea en el deporte profesional como en el amateur, los atletas se ven sujetos a presiones considerables, el nivel de rendimiento requerido para las competencias es mayor. Esto guarda relación con la implementación de la tecnología, bien sea en el aspecto médico, nutricional, biomecánico, etc.

La ciencia del deporte favorece que el rendimiento físico de los atletas sea cada vez mayor y por ende las exigencias en las competiciones sean mucho mayores (Tipton, 1997). En los últimos 100 años, el rendimiento en los Juegos Olímpicos ha mejorado significativamente, y ciertos resultados como por ejemplo el tiempo de ejecución de los ganadores del Maratón Olímpico (sólo hombres) desde 1896 hasta 1996 verifican esta afirmación (Grivetti y Applegate, 1997) (ver Fig.1)

Factores asociados con estos cambios incluyen mejoras en la nutrición, perfección de las instalaciones atléticas, refinamiento del equipamiento deportivo y contribuciones por parte de la medicina deportiva (Platonov, 1992).

**Fig.1. Tiempos de ejecución del Maratón Olímpico para los ganadores a lo largo de 100 años desde 1896**



Pero esto no es de data reciente, algunos escritores Griegos y Romanos describían tanto dieta como entrenamiento de los atletas olímpicos. Diógenes Laertius (?- 222 D.C.) escribió que los atletas griegos entrenaban comiendo higos secos, queso fresco y trigo, posteriormente el patrón fue centrado en la ingesta de carne (Grivetti y Applegate, 1997). Pero más allá de una dieta modificada, la búsqueda de sustancias que proporcionen una mejora considerable al rendimiento es más antigua que el deporte mismo (Grivetti y Applegate, 1997).

Desde 500-400 A.C. es conocido el consumo de productos como hígado de ciervo o corazón de león por parte de atletas y guerreros, esperando que se pudiese adquirir valor, velocidad y fuerza (Grivetti y Applegate, 1997). Las mejores evidencias de relación entre dieta, suplementos y mejoras en el rendimiento, sin embargo, comienzan a aparecer a principios del siglo XX, con el advenimiento de las investigaciones para entender el trabajo muscular, el uso de sustratos energéticos durante el ejercicio, y el rol específico de las proteínas, carbohidratos y grasas (Grivetti y Applegate, 1997). Antes del desarrollo de la ciencia del ejercicio, el uso de los sustratos energéticos era desconocido. Tanto los atletas contemporáneos como los antiguos atletas olímpicos han abrazado el ideal de participación en el deporte, la búsqueda del éxito a través del trabajo arduo y el esfuerzo propio, dar lo mejor con aquello que tienes (Applegate y Grivetti, 1997). Ese es el ideal, sin embargo no la realidad (Applegate y Grivetti, 1997).

Hoy en día el uso de la ergogenia para mejorar el rendimiento en competencia o simplemente en entrenamiento, forma parte tanto de lo cotidiano de la población en general, como de la población activa. De hecho, está incluido en los planes de entrenamiento de selecciones deportivas a nivel mundial. Pero a su vez existe una práctica habitual de consumo de estos productos ergogénicos sin más asesoría que la provista en el etiquetado o en su publicidad. En nuestro país existe un auge muy reciente en el uso de un grupo de supuestos productos ergogénicos conocidos como bebidas energéticas.

## **I.2. Objetivos**

### **General:**

Estudiar el efecto producido por la ingesta de bebidas energéticas antes de realizar el esfuerzo físico sobre el rendimiento durante un período de ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de la selección de fútbol de la Universidad Simón Bolívar.

**Específicos:**

Estandarizar el protocolo L.I.S.T. bajo modificaciones hechas en la Universidad Simón Bolívar.

Verificar si la ingesta previa de bebida energética produce diferencias en el rendimiento medido durante un período de ejercicio intermitente de alta intensidad bajo el protocolo Loughborough Intermittent Shuttle Test modificado (L.I.S.T-USB) midiendo las siguientes variables:

- Tiempos de sprint máximo en 15 m
- Niveles sanguíneos de lactato y glucosa
- Frecuencia cardiaca promedio
- Escala de percepción de esfuerzo (R.P.E.)
- Tasa de sudoración

**I.3. Marco teórico****I.3.1. Bioenergética del fútbol**

Las demandas físicas y fisiológicas del fútbol sobre sus participantes se elevan cuanto más alto es el nivel de competición. Sin las condiciones físicas y fisiológicas necesarias, el individuo no será capaz de enfrentarse a las presiones del juego (Junge, 2000).

El rendimiento físico depende de la interacción de factores genéticos, estructurales, fisiológicos, biomecánicos y psicológicos, que se traducen en habilidades y capacidades técnicas y tácticas muy sofisticadas y específicas de cada tipo de actividad física o deportiva. Estos factores o capacidades motrices, que podríamos clasificar en condicionales, coordinativas y cognitivas, son potenciadas al máximo a través de un fenómeno adaptativo complejo denominado entrenamiento (Platonov, 1992).

La realización de cualquier actividad física incrementa la demanda energética de los músculos esqueléticos involucrados, lo que aumenta su consumo de ATP. En las células musculares existen tres sistemas energéticos fundamentales para la regeneración del ATP (Fox, 1987). Dichos procesos están expresados en la tabla 1 (Mazzeo, 2001):

**Tabla 1. Sistemas energéticos en la regeneración del ATP en el músculo esquelético de mamíferos**

<b>SISTEMAS ENERGÉTICOS</b>			
<b>FACTORES</b>	<b>ANAERÓBICO ALÁCTICO</b>	<b>ANAERÓBICO LÁCTICO</b>	<b>AERÓBICO</b>
<b>INTENSIDAD</b>	MÁXIMA	MÁXIMA - SUBMÁXIMA	SUBMÁXIMA - MEDIA BAJA
<b>DURACIÓN</b>	<b>Potencia</b>	4" a 6" / 8"	40" - 60"
	<b>Capacidad</b>	Hasta 20"	Hasta 120"
<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>QUÍMICO:</b> ATP/PC	<b>ALIMENTICIO:</b> GLUCÓGENO	<b>ALIMENTICIO:</b> GLUCÓGENO, GRASAS, PROTEÍNAS
<b>ENERGÍA</b>	MUY LIMITADA	LIMITADA	ILIMITADA
<b>DISPONIBILIDAD</b>	MUY RÁPIDO	RÁPIDO	LENTO
<b>SUB-PRODUCTOS</b>	NO HAY	ÁCIDO LÁCTICO	AGUA Y DIÓXIDO DE CARBONO
<b>CAPACIDAD MOTORA</b>	Velocidad, Fuerza máxima, Potencia	Resistencia a la velocidad, Resistencia anaeróbica.	Resistencia aeróbica, Resistencia muscular.
<b>UTILIZACIÓN</b>	Actividades intensas y breves	Actividades intensas de duración media	Actividades de baja-media intensidad y duración larga
<b>OBSERVACIÓN</b>	Nº 1: ATP/PC	Nº 2: GLUCÓLISIS	Nº 3: OXIDATIVO

El metabolismo energético es el conjunto de reacciones bioquímicas que permiten transformar la energía contenida en los nutrientes en trabajo celular. La energía para el trabajo celular proviene de la hidrólisis de los grupos fosfato, de modo que el mantenimiento de las funciones celulares a través del tiempo depende directamente de la relación entre la velocidad de regeneración del ATP ( $AMP + Pi \rightarrow ADP + Pi \rightarrow ATP$ ) y de su demanda (Fox, 1987).

La energía es la capacidad para realizar trabajo, incluyendo la síntesis de proteínas, grasas y carbohidratos, la producción de estímulos nerviosos y contracciones musculares, así como realizar deportes. La energía bioquímica es obtenida de los alimentos y esta capacidad se mejora cuando los atletas tienen un adecuado descanso y realizan programas de entrenamiento efectivos. La sensación de estar "energizado" también requiere el balance correcto de neurotransmisores en el cerebro y apropiadas cantidades de alimentos, descanso, sueño y actividad física, además de otros factores psicológicos de los cuales conocemos realmente poco (Bonci, 2002).

La forma en que se vincula el tipo de suministro de ATP y el tipo de actividad física que se realiza se denomina continuum energético. En un extremo del continuum se encuentran las actividades deportivas breves y de alta intensidad, como la carrera de 100 m planos, en la cual el sistema de fosfágeno suministra la mayor parte del ATP. En el extremo opuesto del continuum se encuentran las actividades deportivas prolongadas y de menor intensidad como la carrera de la maratón, que son sustentadas casi enteramente por el sistema aerobio.

En el medio del continuum se encuentran las actividades deportivas que dependen en gran medida del sistema del ácido láctico para la obtención de energía en ATP. Las carreras de 400 y 800 m planos son ejemplos de tales actividades. Así como también aquellas pruebas donde se requiere de la combinación del metabolismo aerobio y anaerobio, por ejemplo, 1500 m planos y la milla (Fox, 1987).

El análisis esquemático de los factores que limitan la capacidad de un deportista durante los esfuerzos de diferente grado de intensidad, no refleja todo el conjunto de causas por las

cuales se produce la fatiga en las diversas condiciones de la actividad motriz, característica de los deportes modernos (Platonov, 1992). En este caso la interacción de los sistemas energéticos, expresada en el proceso de continuum energético tiene gran influencia en el hecho de que existan diferencias en la capacidad de resistencia a la fatiga y de uso de los diversos sustratos energéticos. Por tanto a medida que se modifique la distancia y duración de la prueba, y además se modifique la potencia (velocidad) del esfuerzo, el organismo modifica la dependencia a uno u otro sistema de energía (Platonov, 1992).

La tabla 2 muestra la interacción de los sistemas aerobio y anaerobio en diferentes actividades deportivas:

**Tabla 2. Porcentajes de utilización de los sistemas energéticos en diferentes disciplinas deportivas**

<b>AEROBIO</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>ANAEROBIO</b>
<b>Halterofilia, Saltos ornamentales</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100 m planos, "swings" de golf</b>
<b>Gimnasia, 200 m planos</b>	<b>10</b>		<b>"Swings" de tenis, Fútbol americano</b>
<b>Lucha, Hockey sobre hielo</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>Baloncesto, Béisbol</b>
<b>Esgrima</b>			<b>Voleibol, Patinaje (500 m)</b>
<b>Natación 100 m</b>	<b>30</b>	<b>80</b>	<b>400 m planos</b>
<b>Tenis</b>			
<b>Hockey sobre césped</b>	<b>40</b>	<b>70</b>	<b>Lacrosse, Fútbol</b>
		<b>60</b>	
<b>800 m planos</b>	<b>50</b>		<b>Natación 200 m</b>
<b>Boxeo</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>Patinaje (1500 m)</b>
		<b>40</b>	
<b>Remo (2000 m)</b>			
<b>Carrera de 1 milla</b>	<b>70</b>		<b>1500 m planos</b>
<b>Natación 400 m</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	
<b>Carrera de 2 millas</b>	<b>90</b>	<b>20</b>	<b>Natación 800 m</b>
<b>Patinaje (10000 m)</b>		<b>10</b>	<b>Carrera de "cross country"</b>
<b>Carrera de 10 Km.</b>	<b>100</b>		<b>"Cross country" en esquí</b>
<b>Maratón</b>		<b>0</b>	<b>Trote</b>

El fútbol implica un ejercicio intermitente de cortos períodos de alta intensidad intercalados por largos períodos de bajo y moderado nivel de intensidad. Altos niveles de lactato sanguíneo son a veces observados durante un partido pero los períodos de recuperación activa a niveles de ejercicio submáximo permiten su continuo reciclaje. Aunque los esfuerzos anaeróbicos son evidentes en actividades con el balón y en el marcaje, el mayor esfuerzo está situado en el metabolismo aeróbico.

En promedio, el fútbol competitivo corresponde a un gasto energético de 75% de la Potencia Aeróbica Máxima (PAM). El gasto energético varía según la posición, siendo el más alto el de los mediocampistas (Reilly, 1997). Los niveles de glucógeno muscular se ven reducidos hacia finales de un partido, el nivel de reducción se ve reflejado en un decaimiento en el rendimiento. La distancia recorrida por los jugadores en un partido subrefleja la energía gastada durante el mismo.

Los niveles de glucosa sanguínea están generalmente bien mantenidos, y la temperatura

corporal puede incrementar hasta en 2 °C, incluso en condiciones templadas. Tipos de movimientos específicos como los laterales, de espaldas, cambios de ritmo y de dirección, acentúan la carga metabólica. Esta es aumentada por los requerimientos extra de energía asociados con el "drible" y la búsqueda de posesión de balón. La energía total gastada es extrema cuando los jugadores son requeridos para jugar tiempos extra en los torneos.

Estrategias tácticas, nutricionales y de entrenamiento deben ser usadas para reducir los efectos de fatiga que puedan ocurrir al final de un partido (Reilly, 1997). La interacción de los sistemas energéticos es parte importante para comprender este fenómeno. Balsom (2000) define la resistencia específica del fútbol como la capacidad de poder realizar períodos de corta duración y alta intensidad entremezclados con períodos aleatorios de baja intensidad y descanso, de mucha mayor duración. Por ello, los futbolistas bajo sistemas de entrenamientos planificados logran adquirir una capacidad aeróbica a través de ejercicio intermitente basado en la capacidad anaeróbica (Platonov, 1992; Balsom, 2000).

### I.3.2. Valoración funcional del metabolismo energético en campo

Una prueba de campo consiste en el registro de parámetros fisiológicos y funcionales durante el esfuerzo, en el mismo terreno deportivo, con el fin de obtener información sobre la capacidad funcional de los sujetos o sobre la participación de las diferentes vías metabólicas (Nicholas, 2000).

Una de estas es la Prueba progresiva de carrera de ida y vuelta o "Course navette" diseñada por Leger y Lambert en 1982. Su objetivo es determinar la potencia aeróbica máxima. Es una prueba progresiva, triangular, máxima, indirecta y colectiva. Consiste en correr el máximo tiempo posible sobre un trazado de 20 metros en doble sentido ida y vuelta, siguiendo el ritmo impuesto por una señal sonora.

Dicha señal está calibrada de forma que la velocidad inicial de carrera es de 8 km/h y se incrementa en 0,5 km/h a intervalos de 1 min.. cada vez que suena la señal el sujeto debe encontrarse en uno u otro extremo del trazado de 20 m. Se basa en el principio de que el tipo de esfuerzo, por su intensidad y duración, viene limitado principalmente por el metabolismo aeróbico (suponiendo como constantes el componente anaeróbico y el rendimiento). El Consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2,m\acute{a}x}$ ) es estimado indirectamente, considerando el costo energético medio de la velocidad de carrera alcanzada en la última carga completada (estadio o "palier") y la edad del sujeto, según la siguiente ecuación (Rodríguez y Guisado, 1992):

$$VO_{2,m\acute{a}x} = 31,025 + 3,238 *v - 3,248 *e + 0,1536 *v *e$$

$VO_{2,m\acute{a}x}$  = consumo máximo de oxígeno estimado (ml/kg·min)

$v$  = velocidad máxima, correspondiente al último medio completado (km/h)

$e$  = edad del sujeto (años)

La prueba presenta una validez media ( $r = 0,84$ ), con un error de predicción ( $S_{yx} = 10\%$ ) aceptable para estudios de grupos amplios de población. Su fiabilidad es mayor en sujetos adultos ( $r = 0,97$ ) que en niños ( $r = 0,80$ ) <sup>(15)</sup>.

El componente anaerobio está muy relacionado con umbral láctico o umbral anaerobio. El umbral láctico es el punto en el cual se inicia la acumulación exponencial de ácido láctico cuando se somete a un sujeto a un protocolo de ejercicio graduado hasta lograr su máximo esfuerzo (Suárez, 1996). Aunque muchos autores no están totalmente de acuerdo sobre el valor exacto de la concentración de lactato para este umbral, se ha llegado a la convención de que encuentra a valores superiores a 4 mmol/l (Zintl, 1991).

Borg en 1962, estableció que la percepción del esfuerzo físico fundamentalmente debe tomarse como un todo ("una gestalt") en la cual intervienen factores como la frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno, volumen respiratorio, las beta endorfinas, las catecolaminas, la producción de lactato y el estado de entrenamiento del individuo. Estableció la escala que lleva su nombre, en la cual correlaciona categorías de percepción (escala categórica) con una escala numérica desde 6 hasta 20 (ver Fig.2).

**Fig 2. Escala de Percepción de Esfuerzo Físico de Borg**

#### Escala adaptada de Borg

6. No se siente	14. Ligeramente fuerte
7. Se siente, pero muy poco	15. Moderadamente fuerte
8. Muy, muy suave	16. Fuerte
9. Muy suave	16. Fuerte
10. Suave	18. Muy, muy fuerte
11. Muy ligero	19. Fortísimo
12. Ligero	20. Lomas fuerte que he sentido
13. Moderado	

Suarez (1996), encuentra que existe una correlación entre la percepción de esfuerzo físico y el umbral láctico, mediante estudios realizados con maratonistas bajo el protocolo de Coyle. Esto nos permite relacionar los niveles de lactato con la escala de percepción de esfuerzo

físico, tomando como hipótesis que la bebida aumente tanto el estado de euforia como el rendimiento físico en los atletas.

Quizás los niveles de neurotransmisores como las beta endorfinas se eleven de tal manera que estimulen al individuo a aumentar su capacidad de esfuerzo, disminuyendo la fatiga

### **I.3.3. Hidratación durante la actividad deportiva .**

Durante una competencia se incrementan las demandas metabólicas del cuerpo humano entre 15 a 20 veces, aumentando progresivamente la temperatura corporal. Es allí donde interviene la sudoración como una parte fundamental del mecanismo de termorregulación, sin embargo, este mecanismo produce pérdidas importantes de fluidos que pueden oscilar entre los 2 ó 3 litros por hora, dependiendo de las condiciones ambientales, el nivel de aclimatación del atleta, el nivel de juego, entre otros factores, ya que los fluidos colocados sobre la piel se evaporan y esto enfría la superficie del cuerpo (García, 2002).

En los deportes de equipo la escasa reposición de los fluidos perdidos a través del sudor producirá deshidratación con efectos fisiológicos, tales como: aumento de la frecuencia cardiaca, reducción del gasto cardiaco, aumento de la percepción del esfuerzo físico, reducción del volumen plasmático, falta de coordinación, etc (García, 2002). La deshidratación está asociada directamente a la disminución drástica del rendimiento, por tanto algunos de estos efectos fisiológicos han sido usado para evaluar el desempeño durante la actividad física.

Una de las recomendaciones que la National Athletic Trainer's Association (NATA) presenta para optimizar las prácticas de reposición de fluidos en atletas es el cálculo de la tasa de sudoración. Murray (1996), sugiere que la tasa de sudoración se basa en la relación entre el peso corporal, la ingesta de líquidos y el volumen de orina excretada en el tiempo de ejecución del esfuerzo físico (Casa y col, 2000). Esta variable fue usada para determinar el estado de hidratación de los atletas durante la ejecución de la prueba, dado que este juega un papel muy importante en el rendimiento físico (Casa y Col., 2000; García, 2002).

### **I.3.4. Bebidas energéticas**

Los atletas que continuamente entrenan duro se quejan de "falta de energía" y cansancio. Como a ellos con frecuencia se les recomienda consumir cantidades adecuadas de fluidos y combustibles, para evitar la fatiga temprana, mejorar el rendimiento y la recuperación, el concepto de "Bebida Energética" es muy llamativo.

Una bebida energética es una bebida hipertónica o isotónica que contiene una combinación de vitaminas, aminoácidos, carbohidratos, cafeína, taurina, sustancias estimulantes y algunas hierbas, todo esto bajo una presentación al estilo gaseosa (Bonci, 2002). La diferencia sustancial con otras bebidas deportivas es su baja capacidad hidratante y el alto contenido de estimulantes, características no vistas en bebidas deportivas como Gatorade o Powerade cuya capacidad hidratante es mucho mayor. Al tener más energía se incrementa nuestra capacidad para trabajar, una característica muy deseable para todos, especialmente para los individuos activos, como los atletas (Bonci, 2002).

Por más de una década estas bebidas han estado disponibles en el mercado (al menos en Europa), aunque en Venezuela este auge es de reciente data como productos establecidos. Una de las bebidas más populares es "Red Bull Energy Drink"?, que contiene Taurina, Cafeína y Glucuronolactona como ingredientes activos. La información promocional que aparece en el etiquetado y en los medios de comunicación afirma que estas bebidas energéticas mejoran la concentración y el tiempo de reacción, la vigilia y la resistencia física. Estudios anteriores realizados confirman posibles efectos positivos de las bebidas energéticas, permitiendo ver el efecto de los distintos componentes activos de estas bebidas sobre el rendimiento físico y cognitivo de las personas (Alford, 2001; Barthel y col, 2001, Baum y Wei?, 2000; Bonci, 2002; Geiss, K R., 1994; Horne, 2001; Seidl, 2000)

### **I.3.5. Principales ingredientes activos del Red Bull Energy Drink®**

#### **Cafeína**

Existen numerosos artículos relacionados a la cafeína y su efecto en la capacidad de ejercicio (Graham, 2001). Los humanos tienen una muy larga historia de consumo de cafeína, es la droga de más común uso a lo largo del mundo y sus riesgos a la salud son mínimos, bajo condiciones de consumo normal (Graham, 2001). La cafeína es una metilxantina al igual que la teofilina y la teobromina (Sinclair, 2001). Para ser más exacto su clasificación química es 1,3,7 trimetilxantina (Sinclair, 2001).

La cafeína es comúnmente extraída de las siguientes plantas: Café (*Coffea arabica*), Té (*Thea sinensis*), Chocolate (*Theobroma cocoa*) y Nuez Cola (*Cola nítida*) (Graham, 2001). Las principales acciones farmacológicas de la administración de cafeína son estimulación del sistema nervioso central, incremento en la salida de orina desde los riñones, estimulación del músculo cardíaco, descenso de la resistencia periférica en los vasos sanguíneos, incremento de secreciones gástricas, y relaja los músculos lisos (Bonci, 2002; Denadai y Denadai, 1998; Graham, 2001; Kovacs y col, 1998; Paton, 2001, Sinclair, 2001).

Aunque algunos modos de acción de la cafeína han sido descritos, sólo uno es el más importante dentro del rango de concentración de acción fisiológica, la inhibición de los receptores de adenosina (Bonci, 2002; Denadai y Denadai, 1998; Graham, 2001; Kovacs y col, 1998; Paton, 2001, Sinclair, 2001). La cafeína es muy similar en estructura a la adenosina y puede unirse a los receptores de membrana de la célula y de esta manera bloquea su acción (Graham, 2001; Sinclair, 2001).

Adicionalmente se sabe que la cafeína estimula la secreción de epinefrina (adrenalina), esta respuesta produce un número de cambios metabólicos secundarios que puede promover a una acción ergogénica (Graham, 2001; Sinclair, 2001). La mayoría de los estudios para comprobar la acción de la cafeína combinada con otros compuestos como por ejemplo bebidas con electrolitos y carbohidratos no aportan información significativa que pueda dilucidar si existe sinergia con estos compuestos en su acción ergogénica (Graham, 2001).

La absorción efectiva de la cafeína está comprendida en un tiempo de 1 a 3 horas, aunque su catabolismo tiene una duración de 4 a 6 horas, a dosis entre 2 hasta 10 mg/Kg corporal (Bonci, 2002; Denadai y Denadai, 1998; Graham, 2001; Kovacs y col, 1998; Paton, 2001, Sinclair, 2001). La cantidad de cafeína urinaria excretada permitida por el Comité Olímpico Internacional era de 12 µg/ml (Bonci, 2002; Denadai y Denadai, 1998; Graham, 2001; Kovacs y col, 1998; Paton, 2001, Sinclair, 2001), mas en Diciembre de 2003 fue excluida de la lista de fármacos prohibidos o limitados por resolución del mismo organismo.

Denadai y Denadai (1998) realizaron un estudio en sujetos no entrenados sobre el efecto de la cafeína en el tiempo de fatiga antes y después del umbral anaeróbico, se utilizaron dos grupos, uno control que se le suministró cafeína y al otro placebo, se les practicó una prueba de rendimiento anaeróbico en cicloergómetro encontrando que un aumento en el tiempo de fatiga y una disminución en la tasa de cansancio percibido en sujetos no entrenados por debajo del umbral anaeróbico. Además hubo un aumento en la concentración de glucosa sanguínea después de pasar el umbral anaeróbico en el grupo al que se le suministró cafeína.

Kovacs y Col (1998) presenta un estudio sobre el efecto de bebidas cafeinadas sobre el metabolismo de sustratos energéticos, excreción de cafeína y rendimiento. La población experimental eran sujetos bien entrenados a los cuales se les controló tanto la ingesta de cafeína, alcohol, y su sistema de entrenamiento. Se les sometió a una prueba en cicloergómetro midiéndose además la utilización de los ácidos grasos libres. Se les suministró tanto una bebida cafeinada con electrolitos y carbohidratos como un placebo. Los resultados muestran que con la ingesta de la bebida cafeinada se mejora el rendimiento aún con bajas concentraciones de cafeína en ella y se reduce además la excreción urinaria de cafeína.

#### **Taurina**

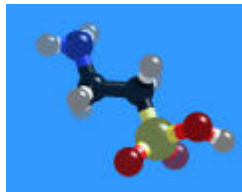
La taurina es un  $\alpha$ -aminoácido azufrado no proteinogénico. Su síntesis es realizada en mayor parte en el hígado y cerebro vía oxidación de la cisteína. Descubierta en 1827 por Tiedmann y

Gmelin, es considerado como un aminoácido condicionalmente esencial. La taurina se encuentra de manera natural en nuestro cuerpo, principalmente en los músculos, el corazón y la sangre. Una persona que pese 70 Kg tiene aproximadamente 70 gramos de taurina distribuidos en todo su cuerpo.

La taurina también está contenida en alimentos de la dieta diaria (vieiras, pescado, aves) y en la mayoría de las fórmulas de lactancia infantil. Una pérdida relativa de taurina a través de la orina puede ocurrir en situaciones de mucho estrés y esfuerzo físico. En estas situaciones la excreción de la taurina a través de la orina aumenta y la taurina no puede ser sintetizada en suficientes cantidades en el cuerpo humano. Se conoce que tiene acción antihipertensiva, además afecta a la contractilidad del músculo cardíaco.

Los efectos de suplementación de taurina han sido bien descritos, tanto para sujetos sanos como para fallas cardíacas. Los mecanismos bioquímicos para estos efectos incluyen un decrecimiento de la concentración del AMPc en el cerebro con una actividad baja del sistema nervioso central o un metabolismo del  $Ca^{++}$  modulado en las proteínas miofibrilares miocárdicas causando efecto inotrópico (Alford, 2001; Barthel y col, 2001). La interacción de la taurina con sistemas neurotransmisores, glicinérgicos, adrenérgicos, colinérgicos y GABAérgicos se presume que afecten al rendimiento cognitivo (Seidl, 2000). Los artículos sobre efectos en atletas son escasos y de información difusa, casi todos los estudios han sido realizados con bebidas energéticas (Alford, 2001; Barthel y col, 2001, Baum y Wei?, 2000; Bonci, 2002; Geiss, K R., 1994; Horne, 2001; Seidl, 2000).

**Fig. 3. Estructura de la Taurina**



### **Glucuronolactona**

Glucuronolactona es el anhidrido del ácido glucurónico, y está presente tanto como constituyente del cuerpo humano como en la dieta diaria en alimentos tales como, vinos rojos y leguminosas. En las bebidas energéticas se encuentra en equilibrio con su ácido conjugado el ácido glucurónico. El ácido glucurónico es fisiológicamente formado a partir de glucosa. Está reportado que cumple funciones desintoxicantes al enlazarse con productos metabólicos como la bilirrubina. En el hígado, las toxinas son enlazadas formando un complejo hidrosoluble que es luego fácilmente excretado vía renal.

La glucuronolactona por tanto media este proceso de desintoxicación al estabilizar compuestos tóxicos que no son reabsorbidos y siguen las rutas de eliminación naturales. Es también usado en tratamientos hepáticos y antirreumáticos. El estrés físico produce cierta cantidad de sustancias que al acumularse pueden causar fatiga temprana y que la glucuronolactona puede eliminar de manera eficiente (Alford, 2001; Barthel y col, 2001, Baum y Wei?, 2000; Geiss, K R., 1994).

### **Carbohidratos**

La mayoría de las bebidas vendidas como energéticas contienen una concentración de carbohidratos de al menos 9 g/litro y usualmente 12 g/litro. Unas concentraciones tan altas de carbohidratos (glucosa, sacarosa, maltodextrinas, fructosa o galactosa) puede reducir la tasa a la cual los líquidos son absorbidos desde el intestino hacia la sangre y consecuentemente puede impedir la rehidratación durante el ejercicio (Bonci, 2002). Sólo por esta razón las bebidas energéticas no deben ser ingeridas inmediatamente antes o durante la actividad física, cuando un reemplazo rápido del sudor perdido es muy importante.

Además, cuando se consumen inmediatamente antes o durante el ejercicio estas elevadas concentraciones de carbohidratos pueden producir malestar gastrointestinal y las bebidas con altas concentraciones de fructosa también pueden tener efectos laxantes (Bonci, 2002). Por lo tanto, las bebidas energéticas no son apropiadas para el consumo inmediatamente antes del ejercicio o durante algún tipo de ejercicio que pueda comprometer la pérdida de fluidos del cuerpo por el sudor o por problemas digestivos (Bonci, 2002).

Igualmente, las bebidas energéticas no son adecuadas para ser consumidas durante la recuperación después del ejercicio, una situación en la cual es crítica una rápida hidratación. En este caso es preferible emplear una bebida deportiva bien formulada. Inclusive cuando la hidratación durante la recuperación no es un problema, sólo pocas bebidas deportivas contienen suficientes carbohidratos para suministrar los 1 a 1.5g/kg peso corporal de carbohidratos recomendados para ser consumidos 15 a 30 minutos después del ejercicio y luego cada 2 horas hasta las 6 horas (Casa y Col., 2000)

#### **I.3.6. Efecto Placebo**

Se ha encontrado en estudios farmacológicos que existe un efecto psicológico que predispone al sistema inmunológico del individuo experimental, sólo con mencionarle a este que el compuesto a suministrarle le traerá beneficios en su salud, a este efecto se le denomina **Efecto Placebo** (Ganong, 2000). Los placebos no son más que la reproducción organoléptica de un compuesto bien sea de uso nutricional o farmacéutico (en la mayoría de los casos), de manera similar y en ocasiones muy exacta, con la diferencia de que estos no presentan alguno o ninguno de los ingredientes activos de aquellos a los que se copia. Esto es, sencillamente, una copia del producto tan sólo en apariencia, color, olor, sabor, textura y demás características, la cual es administrada conjuntamente con su original durante el estudio que se esté realizando. La utilización de los placebos en estudios farmacéuticos se remonta al siglo XIX.

Nuestro estudio, tiene como uno de sus objetivos específicos, verificar si la ingesta previa de bebida energética produce diferencias en el rendimiento durante un período de ejercicio intermitente de alta intensidad medido bajo el protocolo Loughborough Intermittent Shuttle Test (L.I.S.T.). La bebida energética experimental es el Red Bull Energy Drink, la cual es muy popular en el mercado internacional.

La información promocional que aparece en el etiquetado y en los medios de comunicación afirma que esta bebida energética mejora la concentración y el tiempo de reacción, la vigilia y

la resistencia física. Esta bebida contiene como ingredientes activos, cafeína, taurina y glucuronolactona.

Estudios previos realizados con la bebida para verificar el efecto sobre el rendimiento cognitivo y físico fueron realizados utilizando varios tipos de placebo. En algunos casos, se reprodujeron todas las características organolépticas del producto, sin incluir ninguno o alguno de los tres ingredientes activos (Alford, 2001; Barthel y col, 2001, Baum y Wei?, 2000; Bonci, 2002; Geiss, K R., 1994; Horne, 2001; Seidl, 2000) En otros simplemente se suministró una bebida similar en aspecto y se le hizo creer a la población experimental que se trataba de un nuevo producto (a esto se le denomina pseudoplacebo).

Los artículos antes mencionados sobre los ingredientes activos de las bebidas energéticas no muestran claramente afirmaciones sobre los efectos de la bebida sobre el rendimiento anaeróbico, aunque sí sobre los parámetros cardíacos. No muestran claramente el efecto sinérgico entre los diferentes ingredientes activos de la bebida. Además no se muestran efectos colaterales o adversos. En general, se puede afirmar que la cantidad de información es escasa y difusa.

Sin embargo, podemos pensar en que parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca y el nivel de glucosa pueden ser indicadores metabólicos de los efectos de la Bebida Energética (BE) sobre el rendimiento físico. Así, también existe una fuerte relación entre los niveles de glucosa y los niveles del lactato sanguíneo, dado que ambos son sustratos energéticos durante el metabolismo anaerobio, uno por la vía del agotamiento de las reservas de glucógeno muscular y el otro por el reciclaje en el Ciclo de Cori donde el lactato se transforma en piruvato, entrando así en el ciclo de Glucólisis Anaerobia.

Además, un aumento en las concentraciones de lactato sanguíneo está ligado a la fatiga muscular (Nelson y Cox, 2000; Suarez, 1996; Westerblad, 2000). En la actualidad el uso de estas bebidas como posibles panaceas contra el cansancio y fatiga tanto en el ejercicio físico, como para fiestas en diversos locales nocturnos, es algo muy común en Venezuela,. Incluso en gimnasios y ciertos centros deportivos se expenden sin asesoría nutricional alguna. La práctica habitual es, tomar una lata de este producto entre media o una hora antes de realizar el esfuerzo físico.

### **Pero, ¿en realidad es necesario tomar bebidas energéticas, para mejorar el rendimiento físico? ¿o es tan sólo una moda?.**

Para responder esta interrogante, en este proyecto nos planteamos como objetivo estudiar el efecto producido por la ingesta de "Red Bull Energy Drink"? antes de realizar el esfuerzo físico en jugadores de la selección de fútbol de la Universidad Simón Bolívar.

El estudio fue dirigido a la población deportista y activa, aunque estos efectos podrían ser considerados en personas sedentarias también, además sólo se verificó el efecto de la bebida como tal, no de alguno de sus ingredientes. La escogencia del fútbol como disciplina a estudiar fue debido a su carácter de ejercicio intermitente de alta intensidad, deportes poco estudiados en cuanto a sus bases bioenergéticas. Adicionalmente, es una de las disciplinas de mayor constancia entre las representaciones de la universidad proporcionando una población dispuesta a colaborar y que puede beneficiarse de los resultados.

Para poder estudiar esto controlando ciertas variables se utilizó un protocolo específico que reproduce las demandas fisiológicas del fútbol, el Loughborough Intermittent Shuttle Test (L.I.S.T.) diseñado originalmente por Nicholas, C. (1995).El proyecto proveerá tanto a la universidad como a la comunidad deportiva de un protocolo específico evaluar el rendimiento en deportes de carácter intermitente. Así como también vislumbrará si en realidad la práctica actual del consumo de bebidas energéticas beneficia o no al fútbol en cuanto a su rendimiento y por consecuencia a su desempeño durante los partidos.