



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE NUTRICIÓN

**INTERVENCIÓN NUTRICIONAL CON UN SUPLEMENTO DE JARABE DE
AGAVE SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LOS MALESTARES
GASTROINTESTINALES DE CORREDORES**

TESIS

Que para obtener el título de:
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

P R E S E N T A:
LICENCIADO EN NUTRICIÓN HUMANA
RICARDO LÓPEZ SOLÍS

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. María Araceli Ortiz Rodríguez

CODIRECTOR:

Dr. Josep Antoni Tur Mari

COMITÉ TUTORAL:

Dra. Ollin Celeste Martínez Ramírez

Dra. Brenda Hildeliza Camacho Díaz

Dra. Norma Ramos Ibáñez

CUERNAVACA, MORELOS

NOVIEMBRE, 2020

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento brindado, No. CVU: 922259.

A mis padres que siempre han sido un ejemplo a seguir.

A la Dra. María Araceli Ortiz Rodríguez y a los miembros del comité tutorial por su apoyo y recomendaciones.

Al Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional, especialmente a la Dra. Brenda Hildeliza Camacho Díaz por sus asesorías y por proporcionar el jarabe de agave y otros insumos necesarios para desarrollar este proyecto.

A la Facultad de Ciencias del Deporte, especialmente al Mtro. Rodrigo Meza Segura que fue parte importante en el diseño del proyecto y al Mtro. Eduardo Quintín Fernández por su apoyo durante la ejecución del proyecto.

A mi compañero de desvelos Josue, quien me impulsó para realizar la maestría y quien siempre estuvo para acompañarme y darme sus consejos, así como por ser responsable de la aleatorización del proyecto.

A los alumnos de servicio social y prácticas profesionales de la Licenciatura en Nutrición Alfredo Olvera Pérez, Jose Mariano Silva Ocampo, Yamili Zacnite Linos Garcia, Gerardo Moreno Castro, Juan Felipe de Jesús Adame Alemán, Tania Montes Valdin y Jeanne Isabel Hernández Alemán por su apoyo durante la fase experimental del proyecto.

RESUMEN

Introducción. Debido a los beneficios del consumo de hidratos de carbono (HCO) en el deporte, muchos suplementos que los contienen se comercializan en todo el mundo. Sin embargo, un número creciente de consumidores prefiere alternativas naturales, mínimamente procesadas y sin ingredientes artificiales. **Objetivo.** Evaluar el efecto del consumo de un suplemento de jarabe de agave (SJA) en el rendimiento de resistencia, así como en la incidencia y grado de malestares gastrointestinales en corredores y compararlo con un gel energético comercial (GEC). **Metodología.** Ensayo clínico cruzado, doble ciego. Ocho corredores completaron tres ensayos de forma aleatoria en caminadora que consistieron en un periodo submáximo de 120 min a intensidad constante seguidos de una prueba contrarreloj de 6.5 km. Un ensayo se realizó como control (EC), en otro se suministró GEC y en otro SJA (40 g cada 20 min). La variable rendimiento fue el tiempo para finalizar los 6.5 km. Además, durante los ensayos se evaluó frecuencia cardiaca, glucosa, lactato, esfuerzo percibido y malestares gastrointestinales. Las diferencias entre los ensayos se evaluaron mediante ANOVA de medidas repetidas. Y se realizó un análisis de inferencia basada en la magnitud para evaluar los efectos en el rendimiento y malestares gastrointestinales. **Resultados.** No hubo diferencias en el rendimiento y en los parámetros fisiológicos entre el GEC y el SJA. Hubó una mejora de 5.25% y 4.48% en rendimiento con el GEC y el SJA respecto al EC, lo que representó un beneficio “probable”. En el EC fueron significativamente menores la glucosa en el periodo submáximo y la frecuencia cardiaca durante la prueba contrarreloj. La incidencia de malestares gastrointestinales fue mayor con el GEC. El grado de plenitud estomacal y gases/flatulencias fue “probablemente” menor con el SJA respecto al GEC. **Conclusión.** El SJA mostró efectos similares a los obtenidos por el GEC en la mejora del rendimiento, además de una probable reducción en la incidencia y el grado de malestares gastrointestinales.

ABSTRACT

Introduction. Due to the benefits of consuming carbohydrates in sport, many supplements containing carbohydrates are marketed throughout the world. However, an increasing number of consumers prefer natural alternatives, minimally processed and without artificial ingredients. **Objective.** To assess the effect of consuming a supplement of agave syrup (SJA) on endurance performance, as well as on the incidence and degree of gastrointestinal distress in runners and compare it with a commercial energy gel (GEC). **Methodology.** Double-blind, crossover clinical trial. Eight runners completed three randomized treadmill trials that consisted of a sub-maximum period of 120 min at constant intensity followed by a 6.5 km time trial. One test was performed as a control (EC), another was supplied with GEC, and another with SJA (40 g every 20 min). The performance variable was the time to finish the 6.5 km. In addition, heart rate, glucose, lactate, perceived exertion and gastrointestinal distress were assessed during the trials. Differences between trials were assessed using repeated measures ANOVA. And a magnitude-based inference analysis was performed to assess the effects on performance and gastrointestinal distress. **Results.** There were no differences in performance and physiological parameters between GEC and SJA. There was an improvement of 5.25% and 4.48% in performance with GEC and SJA with respect to EC, which represented a “probable” benefit. In EC, glucose was significantly lower in the submaximal period and heart rate during the time trial. The incidence of gastrointestinal distress was higher with GEC. The degree of stomach fullness and gas/flatulence was “probably” lower with SJA compared to the GEC. **Conclusion.** SJA showed effects similar to those obtained by GEC in improving performance, in addition to a probable reduction in the incidence and degree of gastrointestinal distress.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Rendimiento deportivo	3
2.2 Evaluación del rendimiento de carrera.....	3
2.2.1 Pruebas de tiempo hasta el agotamiento.....	3
2.2.2 Pruebas contrarreloj.....	4
2.2.3 Diferencias entre pruebas de tiempo hasta el agotamiento y pruebas contrarreloj.....	4
2.3 Factores que intervienen en el rendimiento físico de los corredores	5
2.3.1 Fisiológicos	5
2.3.2 Biomecánicos	9
2.3.3 Ambientales	12
2.3.4 Psicológicos.....	14
2.3.5 Entrenamiento	15
2.3.6 Alimentación y nutrición	16
2.4 Hidratos de carbono durante el ejercicio de larga duración	17
2.5 Absorción intestinal y tasas de oxidación de distintos hidratos de carbono .	17
2.5.1 Glucosa.....	18
2.5.2 Galactosa.....	18
2.5.3 Fructosa.....	18
2.5.4 Maltosa y polímeros de glucosa.....	18
2.5.5 Sacarosa.....	19

2.6 Efectos del consumo de mezclas de HCO dependientes de múltiples transportadores intestinales	20
2.6.1 Efecto en la absorción y tasas de oxidación de hidratos de carbono.....	20
2.6.2 Efecto en el vaciado gástrico y la absorción de líquidos.....	20
2.6.3 Efecto en los malestares gastrointestinales.....	21
2.6.4 Efecto en la fatiga y el rendimiento	21
2.7 Recomendaciones de consumo de hidratos de carbono durante el ejercicio	24
2.8 Suplementos deportivos.....	24
2.8.1 Suplementos de hidratos de carbono	25
2.8.2 Consumo de suplementos en corredores	28
2.9 Jarabe de agave	29
3. JUSTIFICACIÓN.....	31
4. HIPOTESIS.....	32
5. OBJETIVOS.....	32
6. METODOLOGÍA	33
6.2 Diseño	33
6.3 Población	33
6.3 Resumen experimental	34
6.4 Tratamientos empleados durante los ensayos experimentales	36
6.5 Aleatorización y cegamiento	36
6.6 Fase 1	37
6.6.1 Evaluación de la aptitud para realizar ejercicio	37
6.6.2 Pruebas bioquímicas	37

6.6.3 Evaluación de la actividad física	37
6.6.4 Composición corporal	38
6.6.5 Plan de alimentación.....	38
6.7 Fase 2	39
6.7.1 Prueba de esfuerzo.....	39
6.8 Fases 3, 4 y 5.....	40
6.8.1 Ensayos experimentales.....	40
6.8.2 Suplementación e hidratación.....	42
6.8.3 Porcentaje de pérdida de peso corporal	42
6.8.4 Respuestas fisiológicas	43
6.8.5 Percepción del esfuerzo	43
6.8.6 Malestares gastrointestinales	43
6.8.7 Prueba de aceptación sensorial de los tratamientos.....	44
6.9 Consideraciones éticas	44
6.10 Análisis estadístico.....	45
7. RESULTADOS	47
7.1 Características de la población	47
7.2 Indicadores evaluados antes, durante y después de los ensayos experimentales.....	48
7.3 Rendimiento de carrera.....	50
7.4 Respuestas fisiológicas.....	50
7.5 Percepción del esfuerzo.....	53
7.6 Malestares gastrointestinales.....	53
7.7 Aceptación sensorial de los tratamientos.....	55

8. DISCUSIÓN.....	57
9. CONCLUSIONES.....	65
10. PERSPECTIVAS.....	66
11. REFERENCIAS.....	67
12. ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Absorción y oxidación de glucosa, galactosa y fructosa.....	19
Figura 3. Diagrama de flujo que resume el diseño del estudio y el progreso de los participantes.....	35
Figura 4. Diagrama del ensayo experimental.	41
Figura 5. Seguimiento de la frecuencia cardiaca durante la evaluación del rendimiento.....	51
Figura 6. Comportamiento de la glucosa con los diferentes tratamientos.	52
Figura 7. Percepción de dulzura y simpatía con el sabor de los tratamientos.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de intervenciones con MTC en el rendimiento y los malestares gastrointestinales en deportes de larga duración ($\geq 2h$).....	22
Tabla 2. Recomendaciones de consumo de hidratos de carbono según la duración del ejercicio.	24
Tabla 3. Sistema de clasificación de suplementos del Instituto Australiano del Deporte.	26
Tabla 4. Características de las intervenciones.....	36
Tabla 5. Características de la población de estudio.....	47
Tabla 6. Comparativo de los indicadores evaluados antes, durante y después de los ensayos experimentales.....	49
Tabla 7. Estadísticas inferenciales para el rendimiento en la prueba contrarreloj.	50
Tabla 8. Incidencia de malestares gastrointestinales.....	54
Tabla 9. Estadísticas inferenciales para los malestares gastrointestinales.....	56

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

°C: grados Celsius

ACSM: Colegio Americano de Medicina del Deporte

AF: actividad física

AHA: Asociación Americana del Corazón

AIMS: Asociación Internacional de Maratones y Carreras a Distancia

AIS: Instituto Australiano del Deporte

ANOVA-MR: análisis de varianza de medidas repetidas

CEPROBI-IPN: Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional

CV: coeficiente de variación

dl: decilitros

E: ensayo

EC: ensayo control

EUA: Estados Unidos de América

FC: frecuencia cardiaca

FCD: Facultad de Ciencias del Deporte

Fru: fructosa

g: gramos

GEC: gel energético comercial

Glu: glucosa

GLUT: proteína transportadora de glucosa

GPAQ: Cuestionario Mundial de Actividad Física

h: horas

H: hombres

HCO: hidratos de carbono

IAAF: Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo

IMC: índice de masa corporal

kcal: kilocalorías

kg: kilogramos

kJ: kilojulios

km: kilómetros

L: litros

m: metros

M: mujeres

MD: maltodextrina

mg: miligramos

MGI: malestares gastrointestinales

min: minutos

ml: mililitros

MLG: masa libre de grasa

mmHg: milímetros de mercurio

MTC: Multiple Transportable Carbohydrates (hidratos de carbono de múltiples transportadores intestinales).

OMS: Organización Mundial de la Salud

ppm: pulsaciones por minuto

s.n.m.: sobre el nivel del mar

sem: semanas

SGLT: Proteína transportadora dependiente de sodio

SJA: suplemento de jarabe de agave

UAEM: Universidad Autónoma del Estado de Morelos

VCO₂: volumen de dióxido de carbono expirado

VO₂: volumen de consumo de oxígeno

VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno

VO_{2pico}: consumo pico de oxígeno

VT₂: umbral ventilatorio 2

W: Potencia de salida

W_{max}: carga de trabajo máxima o potencia máxima

μL: microlitros

1. INTRODUCCIÓN

Debido a los efectos favorables para la salud atribuidos a la actividad físico-deportiva, como la mejora de la esperanza y calidad de vida, la disminución del riesgo de enfermedades crónicas, coronarias y de muerte súbita, así como beneficios para el bienestar mental y disminución del estrés, las autoridades en materia de salud pública consideran la promoción de la actividad físico-deportiva como uno de los objetivos prioritarios (1).

Actualmente muchos eventos son organizados para alentar a las personas a practicar deporte (2), lo que se ve reflejado en el número creciente de competencias. Según datos de Run México, entidad que agrupa a las distintas organizaciones que conforman la Industria del Running en México, el número de carreras organizadas ha aumentado un 34% desde el 2015, pasando de 1552 en ese año a 2078 en el 2018 repartidas por toda la geografía mexicana (3). Este tipo de carreras populares normalmente van desde los 5000 m a los 42195 m del maratón y son denominadas por la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF) como carreras de fondo o larga distancia (4).

Este incremento en el número de eventos deportivos va de la mano con el aumento en el interés de la población por participar en carreras de larga distancia (2,4,5), según la Asociación Internacional de Maratones y Carreras a Distancia (AIMS) los maratones y las carreras de larga distancia se ven cada vez más como eventos recreativos (6), por lo que en las mismas se dan cita desde personas que buscan estar en forma hasta deportistas profesionales y cada vez son más los interesados en correr medios maratones, maratones, ultra maratones e incluso competencias de Ironman, que en general duran entre 2 y 17 h (2).

Como prueba de lo anterior en el año 2013, maratones como los de Washington o Berlín, que reciben un gran número de corredores (30000 a 40000), tardaron únicamente 3 h en cubrir todas sus plazas de participación (7). En este mismo

sentido el maratón de la Ciudad de México, considerado el más importante en el país, en el año 2014 se encontraba en el lugar número 22 entre los maratones con mayor número de finalistas a nivel mundial con 13046 personas concluyéndolo, cifra que fue aumentado cada año hasta colocarse en la 9ª posición en su edición del 2017 con 23887 finalistas (8).

El incremento en el número de corredores ha tenido consecuencias en la industria especializada en la venta de productos de running (7). Los atletas de todos los niveles buscan formas de optimizar su rendimiento mediante el entrenamiento y la nutrición (2). Por lo que la venta de suplementos deportivos va en aumento junto con el número de competiciones (6).

Por los efectos comprobados de los hidratos de carbono (HCO) para mejorar el rendimiento (2,9–13), una gran variedad de suplementos que los contienen se comercializa en todo el mundo, la mayoría de estos sin beneficios adicionales al aporte de energía, por lo que el uso de edulcorantes naturales, como el jarabe de agave, podría ser una alternativa que promueva el consumo de biomoléculas activas con efectos positivos en la salud (14–17). Sin embargo, es necesario evaluar su efecto en el rendimiento de carrera y en la generación de malestares gastrointestinales (MGI) a través de protocolos válidos y confiables.

2. ANTECEDENTES

2.1 Rendimiento deportivo

El rendimiento deportivo es el resultado obtenido de la realización de cierta actividad física (AF), el cual es influenciado por la interacción de diversas variables endógenas y exógenas con un nivel diferente de impacto. Estas variables pueden ser físicas, técnicas, mentales y tácticas (18).

El rendimiento deportivo tiene cuatro dimensiones principales: habilidad, fuerza, recuperación y resistencia. El rendimiento en cualquier deporte requiere una combinación característica de estas dimensiones, aunque los deportes individuales difieren ampliamente en ese equilibrio. Si bien cada deporte requiere una habilidad adquirida, algunos se basan en gran medida o únicamente en una de estas dimensiones: por ejemplo, la resistencia predomina en deportes con énfasis en el esfuerzo aeróbico como las carreras de larga distancia o duración (19).

2.2 Evaluación del rendimiento de carrera

Las pruebas de rendimiento son una de las medidas más comunes e importantes utilizadas en la ciencia y fisiología del deporte. Los protocolos de rendimiento permiten a los investigadores simular el rendimiento deportivo o aspectos del mismo de una manera científica controlada, esto permite a los investigadores manipular ciertas variables para medir su impacto en el rendimiento deportivo y estudiar los efectos de las intervenciones farmacológicas, nutricionales o de entrenamiento. Al investigar eventos de tipo carrera, los dos protocolos más comunes son el tiempo hasta el agotamiento y las pruebas contrarreloj (18,20).

2.2.1 Pruebas de tiempo hasta el agotamiento

Tradicionalmente, los investigadores han utilizado protocolos de tiempo hasta el agotamiento para medir la capacidad de resistencia. Un protocolo de tiempo hasta el agotamiento implica que el sujeto haga ejercicio a una intensidad constante,

expresada como un porcentaje de consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) o un porcentaje de carga de trabajo máxima ($W_{m\acute{a}x}$), hasta que ya no pueda continuar o mantener la intensidad establecida. Sin embargo, es más apropiado llamar a este protocolo una "prueba de capacidad de ejercicio" y no una "prueba de rendimiento" (18,20).

2.2.2 Pruebas contrarreloj

Recientemente los protocolos más utilizados para evaluar el rendimiento de resistencia son las pruebas contrarreloj. En estas pruebas los sujetos deben completar una distancia establecida o una cantidad de trabajo lo más rápido posible, o bien, cubrir la mayor distancia posible en un tiempo establecido, por lo que la intensidad de la prueba es autoseleccionada por el participante (18,20).

2.2.3 Diferencias entre pruebas de tiempo hasta el agotamiento y pruebas contrarreloj

Una prueba de rendimiento adecuada debe contar con dos factores primordiales: validez y confiabilidad. Un protocolo es válido cuando el grado de similitud entre el rendimiento de la prueba y el rendimiento real es alto, es decir, las características del protocolo asemejan las características de una competencia o entrenamiento lo más fielmente posible. La confiabilidad es la variación de un protocolo y se refiere a la consistencia de una variable medida durante pruebas repetidas en las mismas condiciones. Los altos niveles de confiabilidad y validez aseguran que los cambios resultantes de una intervención no reflejen errores de medición o diferencias interindividuales, y que dichos cambios se transferirán al rendimiento de la competencia (18,20).

Las pruebas contrarreloj tienen mayor validez que el tiempo hasta el agotamiento porque proporcionan una buena simulación fisiológica del rendimiento real y se correlacionan con el verdadero rendimiento, ya que reflejan las demandas de la competencia de muchos deportes de resistencia, donde un atleta debe completar

una distancia establecida lo más rápido posible. Por otro lado, las competencias deportivas de resistencia comunes no requieren que los atletas mantengan una intensidad el mayor tiempo posible, por lo que las pruebas hasta el agotamiento no son válidas para evaluar el rendimiento simulado de una competencia (18,20).

La confiabilidad de los protocolos de resistencia generalmente se ha evaluado mediante el coeficiente de variación (CV). El CV representa el error típico de las mediciones expresado como un porcentaje de la media, donde un porcentaje menor equivale a una menor variación. La investigación ha demostrado que el CV de los protocolos de tiempo hasta el agotamiento generalmente es $> 10\%$, mientras que en las pruebas contrarreloj es $< 5\%$, lo que indica que estas últimas son más confiables. La mayor variación informada en los protocolos de tiempo hasta el agotamiento puede estar influenciada por la motivación, la monotonía y el aburrimiento, ya que a diferencia de las pruebas contrarreloj no hay un punto final conocido (18,20).

2.3 Factores que intervienen en el rendimiento físico de los corredores

El rendimiento en carrera, particularmente en eventos largos como el maratón, depende de una interacción compleja de factores, los cuales pueden agruparse en los siguientes bloques: a) fisiológicos; b) biomecánicos; c) ambientales; d) psicológicos e) entrenamiento; f) alimentación (4).

2.3.1 Fisiológicos

Los factores fisiológicos que afectan al rendimiento incluyen el VO_{2max} , la capacidad de mantener un alto porcentaje de VO_{2max} durante largos períodos de tiempo (umbral anaeróbico) y la economía de carrera (21–24). Además, otros factores que pueden intervenir en el rendimiento de un corredor son los tipos de fibras musculares, la fatiga, la edad, el sexo y la raza (4).

a) Consumo máximo de oxígeno

El VO_{2max} puede definirse como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (4). La diferencia en el VO_{2max} entre poblaciones y niveles de condición física resulta principalmente de diferencias en el gasto cardiaco máximo; por lo tanto, el VO_{2max} está estrechamente relacionado con la capacidad funcional del corazón (25).

Para la evaluación del VO_{2max} se utiliza la calorimetría indirecta, la cual mide la ventilación pulmonar, el volumen de consumo de oxígeno (VO_2) y el volumen de dióxido de carbono expirado (VCO_2) durante una prueba gradual de ejercicio incremental o de rampa hasta el agotamiento (25). Normalmente se expresa relativo al peso corporal del sujeto (ml/kg/min) y depende principalmente de la genética (alrededor de 70%) y del entrenamiento (alrededor de 30%). Comúnmente las personas sanas tienen valores de VO_{2max} que oscilan entre los 35-45 ml/kg/min, por otro lado los deportistas de resistencia pueden llegar a alcanzar 60-80 ml/kg/min (4).

Al ser una variable relacionada con la capacidad aeróbica, el VO_{2max} está muy vinculado al rendimiento en carreras de fondo, teniendo una correlación positiva con este, sin embargo, en sujetos altamente entrenados con niveles de VO_{2max} similares esta correlación disminuye y deja de ser un parámetro determinante del nivel de rendimiento (4).

b) Umbral anaeróbico

El umbral anaeróbico es el punto en el que se produce la transición del metabolismo aeróbico al anaeróbico durante el ejercicio, y hace referencia al primer aumento de lactato en sangre por encima de niveles de reposo y velocidad crítica. Es considerado una variable importante en la fisiología del ejercicio porque predice el nivel real de rendimiento en deportes de resistencia como la carrera de larga duración (24,26).

El estándar de oro para determinar el umbral anaeróbico implica el muestreo repetido de sangre arterial y análisis de lactato sanguíneo, pero al ser un procedimiento costoso e incómodo, suelen utilizarse otros métodos que se basan en el análisis de gases por calorimetría indirecta. El modelo aplicado con mayor frecuencia para la determinación del umbral anaeróbico es el umbral ventilatorio 2 (VT2) (26,27).

El VT2 tiende a tomarse como una medida representativa del nivel de entrenamiento aeróbico y hace referencia a la máxima intensidad de esfuerzo que un sujeto puede mantener de manera prolongada en el tiempo. En deportistas de fondo entrenados se encuentra alrededor del 80-90% del VO_{2max} . Así, un deportista que presente un VT2 más alto, podrá mantener en el tiempo una velocidad de carrera más elevada que otro corredor, y posiblemente obtenga un mayor rendimiento (4).

c) Economía de carrera

La habilidad para moverse eficientemente, conocida como economía de carrera, se define como la demanda de energía para una velocidad de carrera determinada, y se evalúa midiendo el VO_2 en estado estable y la relación de intercambio respiratorio por medio de calorimetría indirecta. Se ha demostrado que existen variaciones de hasta 30% en la economía de carrera entre atletas con similares VO_{2max} y umbrales anaeróbicos. En otras palabras, un corredor con una buena economía de carrera utilizara menos energía y oxígeno que un corredor con poca economía de carrera a la misma velocidad (4,21,28,29).

d) Tipos fibras musculares

Los tipos de fibras musculares dentro del musculo varían como consecuencia del entrenamiento físico y la especificidad del mismo. Los atletas de resistencia típicamente muestran altas cantidades de fibras musculares de contracción lenta o tipo I (75%), un menor porcentaje de fibras de contracción intermedia o tipo IIa (25%) y un porcentaje muy bajo o incluso nulo de fibras de contracción rápida o tipo IIb

(4,30). Las fibras musculares de contracción lenta tienen un mayor contenido mitocondrial y dependen más del metabolismo oxidativo que las fibras musculares de contracción rápida por lo que tienden a producir menor cantidad de lactato y un menor gasto energético, obteniéndose como consecuencia un mejor rendimiento en las carreras de fondo (4,31).

e) Fatiga

Durante el ejercicio la excitación muscular intensa y/o prolongada produce una serie de modificaciones fisiológicas que conducen a una disminución reversible de su capacidad de generación de fuerza y tasa de contracción, lo que dificulta el mantenimiento de una potencia o velocidad dada y se conoce comúnmente como fatiga (4,27,32).

Las respuestas fisiológicas al ejercicio difieren según la intensidad del mismo, lo cual tiene implicaciones para la causa predominante de fatiga (24). La fatiga durante el ejercicio aeróbico de intensidad moderada y alta que dura más de 1 h, como la carrera de larga duración, ocurre cuando se agotan las reservas de glucógeno muscular y hepático (27,32).

f) Edad

Con el aumento de edad ocurre una disminución gradual de la velocidad de carrera. En corredores de élite, la tasa de disminución de la velocidad de carrera es alrededor del 6% por década a partir de los 35-40 años (33). Por lo que se ha observado que las mejores marcas en carreras de fondo se obtienen entre los 30-40 años, debido a que el equilibrio óptimo entre las variables VO_{2max} , fuerza muscular y economía de carrera ocurre en este rango de edad (4).

g) Sexo

El sexo también tiene una clara influencia en el rendimiento de las carreras de fondo, siendo las mujeres alrededor de un 10% más lentas. Esto puede atribuirse a los

mayores valores de VO_{2max} que presentan los hombres frente a las mujeres, ya que tienen corazones más grandes, mayor concentración de hemoglobina, menos grasa corporal y mayor masa muscular por unidad de peso corporal (4,24,33). Sin embargo, parece no haber diferencias en la economía de carrera y en el porcentaje de VO_{2max} que se puede mantener durante la carrera entre ambos sexos (4,28,33).

h) Raza

Los corredores de África Oriental han dominado los eventos de media y larga distancia en atletismo por un largo tiempo, lo cual ha provocado un aumento de las investigaciones científicas para explicar la influencia de la raza en el rendimiento. Se han propuesto varios factores que podrían determinar el éxito extraordinario de estos corredores, entre los que se encuentran: 1) predisposición genética; 2) desarrollo de un alto VO_{2max} como resultado de caminar y correr a una edad temprana; 3) hemoglobina y hematocrito relativamente altos; 4) desarrollo de una buena economía de carrera (5-14% mayor que en corredores caucásicos); 5) somatotipo y composición corporal favorables como bajo peso e índice de masa corporal, constitución de piernas finas con la masa más cerca de la cadera y un menor momento de fuerza del tendón de Aquiles; 6) composición favorable de fibra de músculo esquelético y perfil enzimático oxidativo; 7) dieta tradicional; 8) vivir y entrenarse en altitud; y 9) motivación para salir de la pobreza mediante el deporte (4,22,34,35).

2.3.2 Biomecánicos

La influencia de la biomecánica en el rendimiento de los corredores es difícil de determinar por la gran complejidad e interrelación de sus factores. Entre los factores biomecánicos que se han estudiado por su efecto en el rendimiento se encuentran: la antropometría, la fuerza excéntrica, la utilización de energía elástica, la flexibilidad, el patrón de pisada, el calzado y los parámetros espacio temporales (tiempo de contacto y de vuelo, frecuencia y amplitud de zancada) (4).

a) Antropometría

Las características antropométricas y la composición corporal juegan un papel en la economía de carrera y por ende en el rendimiento. Más que las dimensiones en longitud, es la masa y su distribución lo que muestra una mayor influencia, ya que cuando esta se encuentra más próxima al eje de rotación principal de las extremidades inferiores (i.e., articulación de la cadera) parece mejorar la economía de carrera (4,21,22). Algunos estudios han encontrado que una mayor masa grasa está correlacionada con una peor economía de carrera, por lo que en corredores de larga distancia es deseable un porcentaje mínimo de grasa corporal. Así mismo, una menor masa corporal total parece ser importante en el rendimiento, ya que se ha observado que los corredores de elite se han vuelto más ligeros a lo largo de los años. De igual forma, una masa muscular reducida puede estar asociada con una buena economía de carrera siempre y cuando sea suficiente para proporcionar la fuerza necesaria (4,21–23).

b) Fuerza excéntrica y utilización de energía elástica

Al correr, los músculos realizan una contracción excéntrica durante la fase de contacto temprana y se contraen concéntricamente durante la fase de empuje. Una mayor fuerza excéntrica podría ayudar a los corredores a absorber la fuerza y proporcionar estabilidad lo que genera una mejor economía de carrera y, por lo tanto, mejora el rendimiento (29).

La utilización de energía elástica que implica el almacenamiento y el retorno de la energía mecánica contribuye en gran medida a la reducción del consumo de energía durante la carrera. Los 2 factores neuromusculares más importantes relacionados con la utilización de energía elástica son el ciclo de estiramiento-acortamiento y la rigidez de las piernas. Los corredores con una mejor capacidad para usar el ciclo de estiramiento-acortamiento tienen aproximadamente un 50% más de fuerza durante la fase de empuje después de la contracción excéntrica y tienen un costo metabólico de carrera reducido (29).

Por otro lado, la rigidez de las piernas o también llamado “leg-stiffness” se describe como la resistencia a la deformación de las extremidades inferiores, que se calcula como la relación entre la fuerza y la longitud, y refleja la integración de músculos, tendones y ligamentos como un simple resorte para almacenar y retroceder la energía elástica. Una mayor rigidez en las piernas podría reducir la activación muscular y transferir energía de manera más eficiente durante la carrera, disminuyendo así el gasto de energía (4,29,36).

c) Flexibilidad

La flexibilidad o capacidad del sistema muscular para ser deformado, tiene una relación directa con el “leg-stiffness”. Se ha observado que, a menor flexibilidad, sobre todo en cadera y tobillos, la energía elástica retorna con mayor facilidad, mejorando la economía de carrera. Por otro lado, una mayor flexibilidad puede ayudar a mejorar la amplitud de zancada a altas velocidades de carrera, por lo que la investigación sugiere que puede haber un nivel óptimo de flexibilidad en el que se logra un equilibrio entre la rigidez muscular y se permite suficiente movimiento para una longitud de zancada óptima a altas velocidades de carrera (4,21,28,37).

d) Patrón de pisada

Tradicionalmente se identifican 3 patrones de pisada: 1) talonador, en el que el contacto inicial del pie en el suelo se hace con el talón; 2) planta entera, en el que el talón y la parte anterior del pie contactan de forma simultánea; 3) antepié, en donde la primera mitad del pie realiza el contacto inicial con el suelo. Se ha visto que los patrones de planta entera y antepié posibilitan un mejor estiramiento del arco del pie y un mayor aprovechamiento de la energía elástica de las extremidades inferiores durante la primera parte del contacto con el suelo, lo que además reduce el tiempo de contacto y provoca un aumento del “leg-stiffness” que se traduce en una mejor economía de carrera. Sin embargo, estudios que compararon el patrón de pisada natural de los corredores observaron una tendencia de los corredores talonadores a ser más económicos a velocidades de carrera submáximas (4,21).

e) Calzado

El uso de calzado podría influir en el patrón de pisada y repercutir en la economía de carrera. Se ha reportado que el deterioro de la economía de carrera es de un 2-6% al utilizar calzado respecto a correr descalzo a una intensidad del 70% del VO_{2max} . También se ha observado que, por cada 100 g de peso extra en cada pie, la economía de carrera se deteriora un 1%. Además, la rigidez y la amortiguación del calzado pueden influir en la mecánica elástica y en el “leg-stiffness” (4,21,36).

f) Parámetros espacio-temporales

Dentro de los parámetros espacio-temporales podemos encontrar el tiempo de contacto y de vuelo, la frecuencia y amplitud de zancada. Se ha visto que un mayor tiempo de contacto provoca una desaceleración de la velocidad horizontal, produciéndose una pérdida de energía que afecta la economía de carrera. En cuanto al tiempo de vuelo, varios autores han informado una asociación de un mayor tiempo de fase de oscilación con una mejor economía de carrera. Así mismo, se ha observado que los corredores presentan mejor economía de carrera cuando eligen libremente la amplitud de zancada, mientras que algunas investigaciones han reportado una tendencia de la economía de carrera a aumentar de forma curvilínea a medida que se modifica (alarga o acorta) la longitud de la zancada. Por otro lado, no se ha encontrado correlación directa entre la frecuencia de zancada y la economía de carrera, sin embargo, se conoce que al aumentar la frecuencia de zancada se provoca un aumento del “leg-stiffness”, por la disminución en el tiempo de contacto, lo que podría mejorar la economía de carrera (4,21,38).

2.3.3 Ambientales

Aquellos factores ligados con las condiciones climatológicas o localización geográfica como el aire o viento, temperatura, humedad, lluvia, altitud sobre el nivel del mar (s.n.m.) y pendiente del terreno juegan un papel muy importante sobre el rendimiento (4,39).

a) Viento

El rendimiento de un corredor se puede ver afectado por el viento al que se enfrenta, debido a que para vencer la resistencia generada por este es necesario aplicar una mayor fuerza. El 4% del costo energético total en carreras de media distancia y el 2% en carreras de Maratón pueden atribuirse a la fuerza necesaria para vencer esta resistencia (4,28). En evaluaciones en tapiz rodante la relevancia de la resistencia aerodinámica también se ve reflejada, estableciéndose que para simular la resistencia del viento es necesaria una inclinación del tapiz del 1% a velocidades de carrera entre 10 y 18 km/h (4).

b) Temperatura

El clima cálido durante una competencia puede ser un problema para los atletas (39,40). El desarrollo de la fatiga durante el ejercicio en el calor implica la interacción de muchos procesos fisiológicos. Durante el ejercicio intenso o prolongado en calor la frecuencia cardiaca (FC) aumenta y el volumen sistólico se reduce en paralelo con un aumento de la temperatura central. El flujo sanguíneo cutáneo se estabiliza a una temperatura central de alrededor de 38 °C, por lo que más allá de esta temperatura, se reduce la capacidad del atleta para disipar el calor y se observa un conflicto circulatorio entre la piel y el músculo esquelético, lo que contribuye a la fatiga (39,41). Además, si se acompaña de una pérdida sustancial de sudor y deshidratación esta situación puede empeorar aún más (41). Con base en los resultados de diferentes estudios se puede afirmar que el rango óptimo de temperatura durante las carreras de fondo oscila entre 5 y 15 °C (4).

c) Humedad

La humedad también juega un papel en el rendimiento, debido a que una mayor humedad en combinación con una elevada temperatura provoca un mayor estrés térmico en comparación con condiciones de temperatura elevada únicamente. A temperaturas mayores de 25°C es cuando la humedad adquiere mayor importancia

(4). A pesar de que las condiciones climáticas adversas afectan a hombres y mujeres con un amplio rango de capacidades, su efecto es más notable en corredores de menor nivel (4,39,42).

d) Altura

A una mayor altitud s.n.m. hay una disminución de la presión atmosférica y de la presión parcial de oxígeno, lo que dificulta los procesos aeróbicos del deportista. Se ha observado que el tiempo para completar un Maratón aumenta alrededor de un 11% por cada 1000 m por encima del nivel del mar (0 m), tanto en hombres como en mujeres. Además, la economía de carrera también se ve afectada con la altitud, debido a que aumenta el trabajo de los músculos respiratorios, que representa alrededor del 7% del gasto energético total, estimándose que a una altura de 3500 m este trabajo es 2.5 veces mayor que al nivel del mar (4).

e) Pendiente del terreno

La pendiente del terreno es otra variable con efectos en el rendimiento. Durante la carrera cuesta arriba, la velocidad disminuye en 0.1-0.3 km/h por cada aumento del 1% en la inclinación (23). Además, se ha visto que, manteniendo una misma intensidad de esfuerzo, la velocidad que se pierde al correr cuesta arriba (- 23%) no se recupera corriendo cuesta abajo (+ 14%). Así mismo, se ha observado que al correr a velocidad constante y submáxima (12 km/h) con una pendiente cuesta abajo (- 5% de inclinación) se obtiene una mejor economía de carrera, respecto a correr en llano y cuesta arriba (+ 5% de inclinación). Por lo que, en estudios llevados a cabo en tapiz rodante, es importante controlar la pendiente (4).

2.3.4 Psicológicos

Para lograr un óptimo rendimiento cualquier detalle o perfeccionamiento es importante, por lo que la aportación psicológica juega un papel fundamental. Se ha observado que las estrategias que hacen reducir la percepción subjetiva del

esfuerzo durante el ejercicio de resistencia, como escuchar música, conllevan una mejora del rendimiento. Asimismo, entre las herramientas psicológicas con mejores resultados se encuentra la llamada “selftalk” que consiste en una automotivación donde el individuo se da a sí mismo instrucciones y refuerzos. Por su parte, también se ha demostrado que una intervención basada en “biofeedback” con información sobre parámetros fisiológicos como FC, ventilación y VO_2 , mejora la economía de carrera (4,21).

2.3.5 Entrenamiento

El entrenamiento es uno de los instrumentos más potentes para influir o modificar algunos parámetros relacionados con el rendimiento. Existen diferentes estrategias o tipos de entrenamiento con efectos en el rendimiento de carreras de fondo entre los que destacan el entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, entrenamiento en ambientes calurosos y entrenamiento en altura (4,22).

a) Entrenamiento de resistencia

Generalmente el entrenamiento de resistencia es el tipo de entrenamiento que ocupa la mayor parte del volumen de trabajo de un corredor de fondo. Se ha observado que una acumulación de gran volumen de entrenamiento a intensidades bajas puede inducir a un aumento de la síntesis de proteínas mitocondriales, provocando una mayor disponibilidad energética y un menor estrés del sistema autónomo (4). Por otro lado, el entrenamiento interválico de alta intensidad reduce la FC, ventilación y concentración de lactato a altas velocidades, beneficiando la economía de carrera (21,43).

b) Entrenamiento de fuerza

El entrenamiento de fuerza permite a los músculos utilizar más energía elástica y reducir la cantidad de energía desperdiciada en las fuerzas de frenado, así mismo, puede mejorar las características anaeróbicas, como la capacidad de producir altos

niveles de lactato y la producción de tiempos de contacto cortos y fuerzas rápidas. Además, contribuye a mejorar el rendimiento de resistencia al optimizar la economía de carrera, retrasar la fatiga, mejorar la capacidad anaeróbica y aumentar la velocidad máxima (23,28,44).

c) Entrenamiento en ambientes calurosos

La aclimatación que ocurre con la exposición a episodios agudos y crónicos de ejercicio en ambientes calurosos permite a los atletas mantener una temperatura corporal más baja y aumenta el volumen plasmático, pudiendo atenuar la magnitud de la respuesta termorreguladora (ventilación, circulación y sudoración aumentadas). Estas adaptaciones reducen la energía requerida asociada al aumento de calor y permiten mantener una velocidad dada con una menor FC y temperatura corporal (4,21).

d) Entrenamiento en altura

El entrenamiento en altura es una estrategia para provocar una adaptación central y periférica que mejore el transporte y utilización de oxígeno. La exposición a la altitud mejora los aspectos metabólicos discretos del músculo esquelético, lo que facilita el uso más eficiente del oxígeno. Algunos programas de entrenamiento en altura conllevan mejoras sustanciales como un aumento del VO_{2max} , cambios hematológicos (aumento de glóbulos rojos), adaptaciones musculares locales (como la mejora de la capacidad de amortiguación del músculo esquelético) y mejora de la economía de carrera y rendimiento (4,21,28).

2.3.6 Alimentación y nutrición

Para tener un buen rendimiento y mantener una buena salud, es vital que los deportistas cubran sus necesidades energéticas (calorías) y nutricionales antes, durante y después de los entrenamientos o una competencia. No llegar a consumir una cantidad suficiente de energía puede dar lugar a pérdidas musculares, un peor

rendimiento, una recuperación lenta, la interrupción de la función hormonal (en mujeres) y un mayor riesgo de sufrir fatiga, lesiones y enfermedad (32). Entre los aspectos centrales de la nutrición en corredores se encuentran un consumo apropiado de energía y macronutrientes (principalmente HCO), asegurar una hidratación adecuada y el uso de suplementos (10,24,45).

2.4 Hidratos de carbono durante el ejercicio de larga duración

La importancia de la disponibilidad de HCO para el rendimiento en el ejercicio está bien establecida (12). La fatiga durante el ejercicio prolongado a menudo se asocia con la depleción de glucógeno muscular y la reducción de las concentraciones de glucosa en la sangre (2). Por lo que la intervención nutricional más beneficiosa es aquella que puede aumentar y conservar las reservas de glucógeno muscular y hepático (12).

La evidencia de numerosos estudios indica que la alimentación con HCO durante el ejercicio puede mejorar el rendimiento (11). Durante el ejercicio de más de 2 h, los efectos de los HCO son principalmente metabólicos (2). Los mecanismos por los que la alimentación con HCO durante el ejercicio mejora el rendimiento incluyen, mantener los niveles de glucosa en sangre, mantener altos niveles de oxidación de HCO y ahorrar el glucógeno del hígado y del músculo esquelético (11).

2.5 Absorción intestinal y tasas de oxidación de distintos hidratos de carbono

La tasa de oxidación de los HCO consumidos durante el ejercicio se encuentra limitada por la absorción intestinal de los mismos, la cual está condicionada por el vaciado gástrico y el número y actividad de transportadores intestinales (2,12). La absorción de HCO exógenos ocurre mayoritariamente en el duodeno y el yeyuno y se transportan a través del epitelio intestinal por medio de transporte activo y facilitado (46). De acuerdo a sus tasas de oxidación los HCO se pueden dividir en dos grupos: 1) los que se oxidan rápidamente ($\sim 60 \text{ g/h} = 1 \text{ g/min}$) como la glucosa,

maltosa, sacarosa, maltodextrina y amilopectina; 2) los que se oxidan relativamente lento ($\sim 30 \text{ g/h} = 0.5 \text{ g/min}$) como la fructosa, galactosa, isomaltulosa, trehalosa y amilosa (47).

2.5.1 Glucosa

Su absorción en el enterocito ocurre por transporte activo a través de una proteína transportadora dependiente de sodio llamada SGLT1. Esta proteína transportadora se satura cuando se ingiere glucosa a una velocidad de 1 g/min . Una vez que la glucosa está en el enterocito, atraviesa la membrana basolateral hacia la circulación con ayuda del transportador facilitador GLUT2 y puede ser aprovechada directamente por el músculo (ver figura 1) (2,46,47).

2.5.2 Galactosa

Al igual que la glucosa utiliza los transportadores SGLT1 y GLUT2 para su absorción, sin embargo, para ser oxidada en el músculo, requiere ser convertida en glucosa por el hígado, por lo que sus tasas de oxidación son casi 50% más bajas que las de la glucosa (ver figura 1) (47,48).

2.5.3 Fructosa

Se absorbe en el enterocito por un transportador independiente de sodio llamado GLUT5, sus tasas máximas de absorción oscilan alrededor de 0.6 g/min . El transportador GLUT2, al igual que con la glucosa, le proporciona una vía de salida del enterocito a la circulación sanguínea y como en el caso de la galactosa, es convertida en glucosa por el hígado, o en menor proporción por los riñones, para su utilización por el músculo como fuente de energía (ver figura 1) (46,47,49).

2.5.4 Maltosa y polímeros de glucosa

La maltosa y otros polímeros de glucosa como la maltodextrina y la amilopectina, se comportan de manera idéntica a la glucosa, lo que indica que la hidrólisis, que

tiene lugar en la cavidad oral y los intestinos, no es un factor limitante para su absorción y oxidación (47).

2.5.5 Sacarosa

Su tasa de oxidación es similar a la de la glucosa, aun cuando su hidrolisis da como resultado una molécula de glucosa y una de fructosa, teniendo esta última por si misma tasas de oxidación más bajas (47).

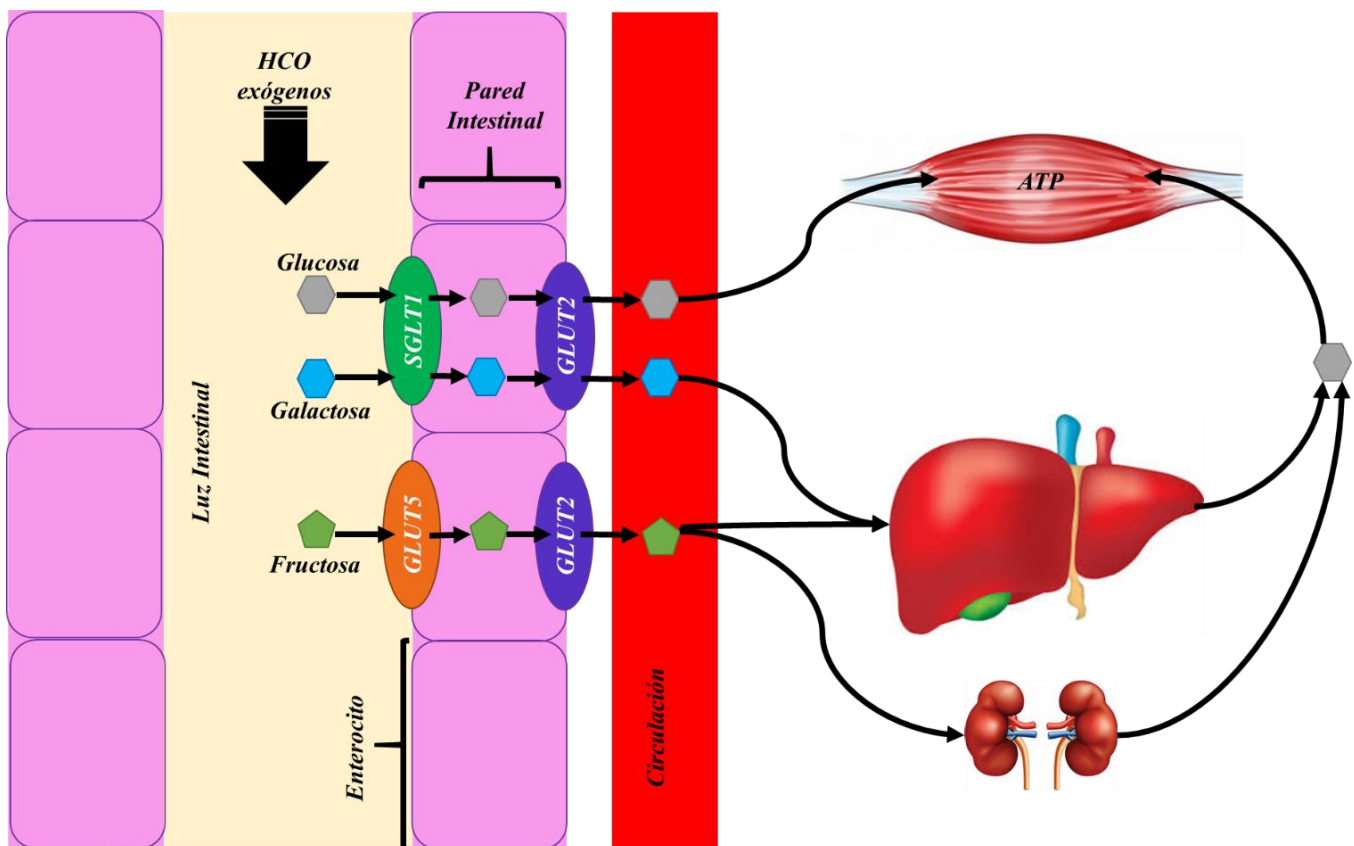


Figura 1. Absorción y oxidación de glucosa, galactosa y fructosa.

Nota: La glucosa y galactosa dependen del transportador SGLT1 para su absorción en el enterocito, mientras que la fructosa requiere de GLUT5; el GLUT2 les proporciona una vía de salida común del enterocito a la circulación sanguínea. Una vez absorbida, la glucosa puede ser oxidada directamente por el músculo, por otro lado, la galactosa y la fructosa deben ser convertidos en glucosa principalmente por el hígado. Fuente: Jeukendrup (47); Tappy y Rosset (49).

2.6 Efectos del consumo de mezclas de HCO dependientes de múltiples transportadores intestinales

Investigaciones recientes indican que la concentración, el tipo y/o la composición de HCO consumidos pueden influir en el vaciamiento gástrico, la administración de líquidos, la absorción y los MGI (12). Mientras que generalmente se aceptaba que las tasas de oxidación de HCO exógenos se consideraban limitadas a aproximadamente 1 g/min debido a la saturación de los transportadores de glucosa intestinal (SGLT1), ahora se sabe que las tasas de oxidación pueden alcanzar hasta 1.8 g/min con la mezcla de HCO dependientes de distintos transportadores intestinales para su absorción (9,10,47), por lo que la fructosa, dependiente del transportador GLUT5, ha sido estudiada en combinación con otros HCO dependientes del transportador SGLT1, a esta combinación se le denomina MTC (*Multiple Transportable Carbohydrates*). Entre los beneficios encontrados con el uso de MTC están: mayor absorción y oxidación de HCO, aumento del vaciado gástrico y absorción de líquidos, disminución de MGI y de la fatiga, así como mejoras en el rendimiento de resistencia (9,47).

2.6.1 Efecto en la absorción y tasas de oxidación de hidratos de carbono

El transporte no competitivo de glucosa y fructosa da como resultado una mayor entrega total de HCO a la circulación y una mayor oxidación en el músculo (47,50). La oxidación de los HCO aumenta del 20 al 50% con el uso de MTC comparado con el consumo único de glucosa, además se ha demostrado una mayor eficiencia de oxidación con MTC, lo cual indica que una mayor proporción de los HCO consumidos son oxidados (47,51).

2.6.2 Efecto en el vaciado gástrico y la absorción de líquidos

En varios estudios se ha demostrado que la administración de líquidos durante el ejercicio mejora con MTC en comparación con HCO de un solo transportador. En teoría, el aumento en la absorción de HCO podría aumentar la absorción de agua

al crear un gradiente osmótico favorable a través de la barrera celular epitelial, así como al aumentar el cotransporte de agua mediante el acoplamiento SGLT1 (9,12,47).

2.6.3 Efecto en los malestares gastrointestinales

Como resultado de un vaciado gástrico más rápido y una mayor absorción, la mayoría de los estudios han reportado menos MGI con MTC en comparación con una sola fuente de HCO. Se cree que tener una alta eficiencia de absorción y oxidación de HCO ayuda a reducir la acumulación de los mismos en el tracto gastrointestinal y, de esta forma, se reducen también los MGI durante el ejercicio (47,51–55).

2.6.4 Efecto en la fatiga y el rendimiento

La mejora del rendimiento con el uso de MTC se atribuye principalmente al aumento en la absorción y oxidación de HCO, lo cual genera un mayor aporte de energía y retrasa la fatiga, sin embargo, también juega un papel importante la reducción de los MGI (51,55). En algunos estudios la ingestión de MTC ha resultado en calificaciones más bajas de esfuerzo percibido en comparación con la ingestión de HCO individuales (50). De la misma forma en pruebas contrarreloj se ha demostrado en repetidas ocasiones que el consumo de MTC disminuye el tiempo de finalización de la prueba respecto al consumo individual de HCO (52,53,56).

En la tabla 1 se pueden observar algunos estudios que han buscado probar la eficacia de MTC para mejorar el rendimiento de resistencia y su efecto en los MGI. Cabe resaltar que la mayoría de los estudios han sido realizados con pruebas en bicicleta, siendo menor la información existente en corredores (9). Asimismo, la mayoría de la información respecto al tema está basada en estudios que utilizaron bebidas, por lo tanto, los estudios más recientes buscan probar las diferencias entre las distintas presentaciones de suministro de HCO.

Tabla 1. Resultados de intervenciones con MTC en el rendimiento y los malestares gastrointestinales en deportes de larga duración (≥ 2 h).

Artículo	Población (Sexo; Edad; VO ₂ ; deporte)	Diseño/Evaluación	Intervención	Resultados	
				Rendimiento	Malestar gastrointestinal
Currell & Jeukendrup (57)	8 H (32 \pm 7 años; VO _{2max} 64.7 \pm 3.9 ml/kg/min) Ciclistas	Aleatorizado, cruzado 120 min al 55% de W _{max} seguidos de una cantidad fija de trabajo \sim 1 h (0.75 * W _{max} * 3600 kJ) contrarreloj	EC \rightarrow Bebida (\sim 750 ml/h; aspartame) E1 \rightarrow Bebida (\sim 750 ml/h; Glu 108 g/h) E2 \rightarrow Bebida (\sim 750 ml/h; Glu: Fru 2:1, 108 g/h)	EC \rightarrow 67.03 min ^a E1 \rightarrow 60.68 min ^a E2 \rightarrow 56.12 min ^b	No evaluados
McGawley, Shannon & Betts (58)	6 H (26 \pm 8 años; VO _{2pico} 62.94 \pm 6.99 ml/kg/min) 4 M (24 \pm 5 años; VO _{2pico} 61.87 \pm 6.68 ml/kg/min) Triatletas	Aleatorizado, ciego, cruzado 1500 m de nado a velocidad constante y 40 km en bicicleta al 75% del MAP, seguidos de una prueba contrarreloj de 10 km corriendo	EC \rightarrow Bebida sabor a frutas (750 ml/h) E1 \rightarrow Bebida (750 ml/h; Glu: Fru 2:1, 108 g/h)	EC \rightarrow 40.37 \pm 1.30 min ^a E1 \rightarrow 38.72 \pm 1.17 min ^b	No hubo diferencias
Baur et al. (56)	8 H (25 \pm 6 años; VO _{2max} 62 \pm 6 ml/kg/min) Ciclistas/ Triatletas	Aleatorizado, doble ciego, cruzado 120 min al 55% de W _{max} seguidos de 30 km contrarreloj	EC \rightarrow Bebida (\sim 600 ml/h; splenda) E1 \rightarrow Bebida (\sim 600 ml/h; Glu 61.8 g/h) E2 \rightarrow Bebida (\sim 600 ml/h; Glu 93 g/h) E3 \rightarrow Bebida (\sim 600 ml/h; Glu:Fru 2:1, 93 g/h)	EC \rightarrow 52.9 \pm 3.7 min ^a E1 \rightarrow 51.1 \pm 2.4 min ^b E2 \rightarrow 52.0 \pm 3.7 min E3 \rightarrow 50.4 \pm 2.2 min ^b	Hubo baja incidencia de MGI en todos los ensayos.
Roberts et al. (52)	14 H (31.8 \pm 10 años; VO _{2max} 60.4 \pm 9.4 ml/kg/min) Ciclistas	Aleatorizado, doble ciego, cruzado 150 min al 50% de W _{max} seguidos de 60 km contrarreloj	EC \rightarrow Bebida (1080 ml/h; aspartame) E1 \rightarrow Bebida (1080 ml/h; MD 102 g/h) E2 \rightarrow Bebida (1080 ml/h; MD:Fru 2:1, 102 g/h)	EC \rightarrow 102.0 \pm 6.0 min ^a E1 \rightarrow 102.7 \pm 4.3 min ^a E2 \rightarrow 95.4 \pm 4.7 min ^b	La severidad de hinchazón y eructos fue considerablemente mayor en el E1 ^a en comparación con E2 y EC ^b Náuseas, problemas estomacales y ganas de vomitar o defecar se observaron solo en E1.

Wilson & Ingham (53)	14 H (35 ± 2.2 años; VO _{2pico} 58.7 ± 1.9 ml/kg/min)	Aleatorizado, doble ciego, cruzado	E1→ Bebida (~ 540 ml/h; MD:Glu ~ 78 g/h)	E1→28.8 ± 0.7 min	Durante el período submáximo, los eructos/regurgitación/reflujo, inflamación/plenitud y gas/flatulencia fueron probablemente menores en el E2.
	6 M (31.3 ± 2.9 años; VO _{2pico} 55.0 ± 2.4 ml/kg/min)	120 min corriendo al ~ 65% VO _{2pico} seguidos de 4 millas contrarreloj	E2→ Bebida (~ 540 ml/h; MD:Fru ~ 78 g/h)	E2→28.2 ± 0.7 min	
Sareban et al. (54)	9 H (38.8 ± 10.1 años; VO _{2pico} 58.6 ± 6.5 ml/kg/min)	Aleatorizado, cruzado 60 min de nado al 90% de la mejor marca personal en 400m, 180 min en bicicleta al 90% del umbral ventilatorio, y una carrera final de 60 min	E1→ Gel (MD:Fru ~ 67.2 g/h)+ agua (~ 780 ml/h)	E1→11.81 km	Siete participantes informaron MGI en el E1 ^a , y ningún atleta informó MGI en el E2 ^b
	Triatletas		E2→ Bebida (~ 840 ml/h; MD:Fru ~ 67.8 g/h)	E2→11.91 km	
King et al. (59)	11 H (30.3 ± 6.5 años; VO _{2max} 60.0 ± 4.3 ml/kg/min)	Aleatorizado, doble ciego, cruzado 180 min en bicicleta al 60% VO _{2max} , seguido de una prueba contrarreloj de 30 min	EC→ Bebida (1000 ml/h; aspartame)	EC→186 ± 37 W ^a	No evaluados
	Ciclistas		E1→ Bebida (1000 ml/h; Glu:Fru 2:1, 80 g/h)	E1→ 219 ± 32 W ^b	
			E2→ Bebida (1000 ml/h; Glu: Fru 2:1, 90 g/h)	E2→ 228 ± 37 W ^b	
Salvador et al. (60)	9 H y 3 M (30.6 ± 8.7 años, VO _{2pico} 60.7 ± 9.0 ml/kg/min)	Aleatorizado, cruzado 2 h al 60-85% del VO _{2pico} seguido de una prueba contrarreloj (6 kJ/kg de masa corporal)	EC→ Agua	EC→ 39.5 ± 7.9 min ^a	Niveles más altos de dolor abdominal, inflamación y malestar durante las últimas fases del desafío de ciclismo en el E1.
	Ciclistas		E1→ Puré de papa (Glu 60.7 g/h) + agua	E1→ 33.0 ± 4.5 min ^b	
			E2→ Gel (Glu:Fru 2:1 61.9 g/h) + agua	E2→ 33.0 ± 4.2 min ^b	

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). H, hombres; M, mujeres; VO_{2max}, consumo máximo de oxígeno; VO_{2pico}, consumo pico de oxígeno; W, potencia de salida; Wmax, potencia máxima; EC, ensayo control; E1, ensayo 1; E2, ensayo 2; E3, ensayo 3; HCO, hidratos de carbono; Glu, glucosa; Fru, fructosa; MD, maltodextrina; MGI, malestares gastrointestinales; MTC, hidratos de carbono de múltiples transportadores intestinales. Fuente: *Elaboración propia*

2.7 Recomendaciones de consumo de hidratos de carbono durante el ejercicio

La cantidad y el tipo de HCO recomendados es en función de la duración del ejercicio. En eventos con una duración menor a 1 h el efecto del consumo de HCO es similar a solo enjuagarse la boca con una bebida de HCO, lo que significa que los HCO actúan estimulando el sistema nervioso central y no necesariamente como fuente energética. Por otro lado, cuando el ejercicio es más prolongado (≥ 2 h), la ingesta de HCO exógenos como fuente de energía es esencial (61). En la tabla 2 se muestran las cantidades de HCO recomendadas según la duración del ejercicio.

Tabla 2. Recomendaciones de consumo de hidratos de carbono según la duración del ejercicio.

Duración del ejercicio	Ingesta recomendada	HCO recomendados
< 30 min	No se requiere	-
30-75 min	Enjuague bucal	Individuales o MTC
1-2 h	30 g/h (0.5 g/min)	Individuales o MTC
2-3 h	60 g/h (1 g/min)	Preferentemente MTC
> 2.5 h	90 g/h (1.5 g/min)	MTC

Nota: Estas pautas están destinadas a ejercicio de intensidad razonable (> 4 kcal/min). Si la intensidad es menor, las cantidades de ingesta deben ajustarse hacia abajo. HCO, Hidratos de carbono; HCO individuales hacen referencia a glucosa, maltosa, sacarosa, maltodextrina o amilopectina principalmente; MTC, hidratos de carbono de múltiples transportadores intestinales; se refiere al consumo de cualquiera de los HCO individuales en combinación con fructosa. Fuente: Jeukendrup (61)

2.8 Suplementos deportivos

El consumo de suplementos deportivos se ha vuelto una práctica popular y prevalece no solo entre los atletas sino también entre aquellos que practican la AF con fines recreativos (6). Según el marco jurídico para suplementos alimenticios en México (62) estos se definen como “Productos a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas,

adicionados o no, de vitaminas o minerales, que se puedan presentar en forma farmacéutica y cuya finalidad de uso sea incrementar la ingesta dietética total, complementarla o suplir alguno de sus componentes”.

Debido a las innovaciones científicas y tecnológicas han aparecido en el mercado una gran variedad de suplementos deportivos y alimentarios para mejorar el rendimiento físico (63). Sin embargo, la legislación sobre suplementos en la mayoría de los países es mínima o no se cumple, lo que permite la venta de productos con atributos no comprobados o que no cumplen con los estándares de etiquetado y composición (45).

El Instituto Australiano del Deporte (AIS) (64), con el objetivo de apoyar a las Organizaciones y Agencias Deportivas Nacionales a generar sus propias pautas y programas de suplementos deportivos, ha desarrollado un sistema de clasificación de suplementos que los divide en 4 grupos (ver tabla 3) de acuerdo con la evidencia científica y otras consideraciones prácticas que determinan si un producto es seguro, legal y efectivo para mejorar el rendimiento deportivo.

2.8.1 Suplementos de hidratos de carbono

Dentro del grupo A de la clasificación de suplementos del AIS se encuentran los alimentos deportivos, los cuales son productos especializados que se utilizan para proporcionar una fuente conveniente de nutrientes cuando no es práctico consumir alimentos cotidianos (64). Por los efectos comprobados del consumo de HCO en el rendimiento (2,9–13), muchos suplementos que los contienen se comercializan y se venden en todo el mundo, incluidas bebidas deportivas, geles, confitería y barras (9).

El enfoque convencional para el consumo de HCO durante el ejercicio es a través de la ingesta de bebidas deportivas (13), por lo que los efectos de los suplementos de HCO en el rendimiento de resistencia se han examinado casi exclusivamente en esta presentación (65).

Tabla 3. Sistema de clasificación de suplementos del Instituto Australiano del Deporte.

Categoría/Nivel de evidencia	Subcategorías (Ejemplos)
<p>Grupo A Evidencia científica sólida para su uso en situaciones específicas en el deporte utilizando protocolos basados en evidencia.</p>	<p>-Alimentos deportivos (bebidas deportivas, geles, confitería, barras; electrolitos; proteínas aisladas; suplementos mixtos de macronutrientes). -Suplementos médicos (hierro; calcio; multivitamínicos; vitamina D; probióticos). -Suplementos de rendimiento (cafeína; B-Alanina; bicarbonato; jugo de remolacha/nitrato; creatina; glicerol).</p>
<p>Grupo B Apoyo científico emergente, merecedor de más investigación. Considerado para su uso por atletas bajo un protocolo de investigación o situación de monitoreo manejado por un caso.</p>	<p>-Polifenoles alimentarios (cerezas, frutos rojos y grosellas negras; quercetina; EGCG; epicatequina y otros). -Otros compuestos con posibles beneficios (productos de soporte de colágeno; carnitina; HMB; suplementos de cetona; aceites de pescado; fosfato; curcumina). -Sick pack (Pastillas de zinc y vitamina C). -Aminoácidos (BCAA/Leucina; tirosina). -Antioxidantes (Vitamina C y E; N-acetil cisteína).</p>
<p>Grupo C La evidencia científica no respalda el beneficio entre los atletas o no se realizan investigaciones para guiar una opinión informada.</p>	<p>Productos de los grupos A o B usados fuera de los protocolos aprobados o productos que no se encuentran en los grupos A, B o D.</p>
<p>Grupo D Prohibido o con alto riesgo de contaminación con sustancias que podrían conducir a una prueba de dopaje positiva.</p>	<p>-Estimulantes (efedrina; estricnina; sibutramina; DMAA; DMBA; otros estimulantes herbales). -Prohormonas y potenciadores hormonales (DHEA; androstenediona; 19- norandrostentiona/ol; otras prohormonas; tribulus terrestris y otros potenciadores de testosterona; polvo de raíz de maca). -Péptidos y liberadores de hormona del crecimiento. -Agonistas Beta-2 (higenamina). -Otros (calostro: no recomendado por la AMA debido a la inclusión de factores de crecimiento dentro de su composición).</p>

Nota: EGCG, epigallocatequina-3-galato; HMB, Hidroximetil-Butirato; BCAA, aminoácidos de cadena ramificada; DMAA, metilhexanamina; DMBA, 1,3-dimetilbutilamina; DHEA, Dehidroepiandrosterona; AMA, agencia mundial antidopaje.

Las bebidas deportivas se comercializan con la finalidad principal de promover la hidratación, reemplazar los electrolitos y mantener la capacidad de rendimiento de resistencia, típicamente proporcionan una pequeña cantidad de HCO (6-8 g/100 ml)

y electrolitos (sodio, potasio, calcio, magnesio) (11,65,66). Sin embargo, depender únicamente de las bebidas deportivas como fuente de HCO no siempre es lo ideal, dado que los atletas deben ingerir volúmenes predeterminados para lograr su ingesta recomendada de HCO, sin considerar las diferencias individuales en la masa corporal, la tasa de sudoración y, por supuesto, las variaciones de la temperatura ambiente (10,13). Por lo que muchos atletas confían en un enfoque que se basa en una combinación de sólidos, semisólidos y líquidos para cumplir colectivamente sus objetivos exógenos personalizados de HCO (10).

Con las innovaciones en el empaquetado de suplementos se ha extendido el uso de otras presentaciones de HCO, como barras y geles energéticos. Las barras energéticas generalmente contienen entre 40-50 g de HCO además de proteínas y pequeñas cantidades de fibra y grasa, lo cual puede generar un retraso en el vaciado gástrico en comparación con el consumo único de HCO, por lo que se han asociado con un aumento de los MGI (65,66). Los geles energéticos suelen ser pequeños sobres de una sola porción que contienen alrededor de 25 g de HCO, pudiendo contener electrolitos, cafeína, taurina, inositol, pulpa de fruta o jugo y/o extractos de hierbas (66,67).

La evidencia reciente sugiere que la alimentación con HCO en forma de geles en combinación con la ingesta libre de líquidos que contienen electrolitos permite un enfoque más flexible para lograr simultáneamente el abastecimiento de HCO y la hidratación durante el ejercicio y, por lo tanto, mantener el rendimiento de resistencia (68).

Se debe considerar que la concentración, el tipo y/o la composición de los HCO consumidos pueden influir en la absorción, el vaciamiento gástrico, la administración de líquidos y los MGI (12). Por lo que, la presentación en la que se consume los HCO (barras, geles, bebidas) puede repercutir en la biodisponibilidad de los mismos y tener un efecto en el rendimiento, al modificar la tasa de absorción intestinal (10,65).

2.8.2 Consumo de suplementos en corredores

Con el enfoque específico de los atletas en mejorar su rendimiento, no es sorprendente que se informe una alta prevalencia del uso de suplementos en la mayoría de las encuestas (66). Solheim et al. (69) en un estudio realizado en Dinamarca reportaron que de los 79 atletas de deportes de resistencia en su muestra, incluidos corredores de fondo, el 87.8% consumía algún suplemento o ayuda no ergogénica (vitaminas, minerales y otros suplementos, como preparaciones de ácidos grasos) y 11.5% consumía suplementos o ayudas ergogénicas entre las que se incluyeron alimentos deportivos (proteínas en polvo, bebidas deportivas) y suplementos de rendimiento (bicarbonato, creatina, cafeína B-alanina).

Salgado et al. (6) en un estudio realizado en Brasil con una muestra de 817 corredores de ruta reportaron que el 28.3% consumía algún tipo de suplemento y encontraron que el consumo estaba fuertemente correlacionado con el volumen de entrenamiento semanal ($r = 0.97$), lo que indica que a mayor número de km recorridos a la semana mayor es el consumo de suplementos, cabe mencionar que el principal motivo del consumo de suplementos fue la mejora del rendimiento (71.8%) y en cuanto a los suplementos más consumidos se encontraron los HCO (52.2%).

Ibrahim (70) en una muestra de 172 jóvenes corredores de resistencia (18.5 ± 2.0 años) de Estados Unidos de América (EUA), encontró que el 77.5% consumía al menos un alimento deportivo, siendo las barras deportivas las más consumidas (64.7%), seguidas de las bebidas energéticas (41.6%), las bebidas proteicas (32.4%) y los geles energéticos/gomitas o polvo (13.9%). Por otro lado, Santana (71) en una muestra de 136 corredores de fondo de la Comunidad Autónoma de Canarias, España, encontró que el 64% consumía habitualmente suplementos con HCO, siendo los geles deportivos el producto de mayor consumo (36%), seguido de las barras (22.3%), mezclas caseras (19.1%) y bebidas deportivas (16%).

Generalmente el azúcar añadido a los productos comerciales se compone casi exclusivamente por HCO, carece de vitaminas, minerales, polifenoles y otras biomoléculas que podrían proporcionar efectos beneficiosos para la salud, por lo que se ha propuesto el uso de edulcorantes naturales como alternativa (14). El más estudiado en el contexto deportivo ha sido la miel (72), sin embargo, existen otros edulcorantes naturales poco estudiados como el jarabe de maple, el jarabe de arroz y el jarabe de agave.

2.9 Jarabe de agave

Los agaves son especies vegetales de importancia ecológica, sociocultural y económica en México, que se considera como centro de origen y diversificación de estas especies (73–75). Por su alta diversidad genética, el agave es aprovechado de diversas formas, uno de los principales productos derivados del agave es el aguamiel, que es un líquido rico en azúcares que se consume como bebida refrescante. Al someterse este producto a una hidrólisis térmica se obtiene el jarabe de agave por concentración de los azúcares, este proceso se realiza de manera artesanal en muchas regiones de México (76). Aproximadamente el 10% de la cosecha de agave se destina a la producción de jarabe de agave (77).

El jarabe de agave exhibe un contenido muy alto de HCO, con el componente principal siendo fructosa ($\geq 60\%$ del total de sólidos solubles), seguido de glucosa y con trazas de sacarosa (77,78). Por su composición de azúcares el jarabe de agave podría funcionar como una fuente de HCO en el deporte y sustituir a los azúcares refinados presentes en geles comerciales, fomentando la ingesta de biomoléculas funcionales.

Además de la fructosa y la glucosa, algunos fructooligosacáridos con efectos prebióticos están presentes en el jarabe de agave en cantidades muy pequeñas como resultado de la hidrólisis incompleta de agavina (78). Los prebióticos son resistentes a las acciones hidrolíticas de las enzimas intestinales, pero son

fermentables por los microorganismos intestinales, promoviendo el crecimiento de microorganismos beneficiosos como *Bifidobacterium* sp. y *Lactobacillus* sp. (79).

Entre los compuestos funcionales presentes en el jarabe de agave también se encuentran algunos con actividad antioxidante como compuestos fenólicos y taninos (78). Se ha sugerido que la suplementación con antioxidantes puede tener el potencial de contrarrestar de alguna manera los trastornos inmunes experimentados después del ejercicio (80), además, algunos hallazgos sugieren una mayor necesidad de antioxidantes nutricionales durante las primeras 24 h de recuperación del ejercicio intenso que dura varias horas (81). Aunque el impacto en las adaptaciones de entrenamiento a largo plazo con la suplementación de antioxidantes sigue sin estar claro, los atletas que buscan mantener la función inmune pueden considerar inicialmente un enfoque basado en el consumo de una gama de alimentos ricos en antioxidantes y fitoquímicos (80).

Por otro lado, el jarabe de agave contiene saponinas, glucósidos, terpenoides y esteroides que, junto con los flavonoides y taninos, han mostrado actividad antimicrobiana contra bacterias gram positivas y gram negativas. Así mismo, los compuestos fenólicos como los flavonoides, fenilpropanoides y polifenoles han demostrado efectos fungicidas y capacidad para inhibir la germinación de esporas patógenas, lo que podría reducir el uso de conservadores alimentarios en la elaboración de productos deportivos (15,17,82).

Otros beneficios atribuidos a los compuestos presentes en el jarabe de agave son respuestas glucémicas e insulinémicas bajas, efecto protector sobre esteatosis hepática, influencia positiva en el peso, control de la glucosa a largo plazo, efectos favorables en el metabolismo de lípidos y actividad antiinflamatoria, anticancerígena, antihiperensiva e inmunomoduladora (15–17,83).

3. JUSTIFICACIÓN

La participación en carreras de larga distancia se ha incrementado por las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a favor de la AF para detener la pandemia de enfermedades asociadas al síndrome metabólico y al sedentarismo como factor de riesgo independiente. Junto con el aumento en el número de corredores se ha visto un aumento en el consumo de suplementos.

En los deportes de resistencia una estrategia para mejorar el rendimiento cuyos beneficios están bien establecidos es el consumo de HCO, por lo que muchos suplementos deportivos con HCO se comercializan y se venden en todo el mundo, incluidas bebidas, geles, semisólidos, polvos y otros productos. La provisión de HCO en forma de geles energéticos se practica regularmente entre atletas de resistencia, sin embargo, las ventajas y desventajas de este formato de suministro aún no son muy claras, debido a que la mayoría de los estudios que han buscado probar la eficacia del consumo de HCO en el deporte de resistencia lo han realizado con bebidas. Otro punto importante, es que los efectos del consumo de HCO han sido principalmente probados en pruebas en bicicleta, y los MGI son más comunes durante la carrera.

Además, un número creciente de consumidores prefiere alternativas naturales que estén mínimamente procesadas y no contengan ingredientes artificiales. Generalmente los azúcares añadidos en los productos comerciales carecen de biomoléculas con efectos beneficiosos para la salud, por lo tanto, la sustitución de los azúcares por un edulcorante natural no procesado podría ser una alternativa para fomentar la ingesta de biomoléculas funcionales activas, lo que representa una elección de alimentos más saludable y que además podría conllevar a efectos beneficiosos en el rendimiento, como el mantenimiento de la glucosa plasmática por periodos más prolongados de tiempo.

Por lo que la finalidad de este estudio fue aportar evidencia sobre los efectos del consumo de MTC en corredores, así como, validar el uso de los HCO contenidos en el jarabe de agave como materia prima para la elaboración de geles deportivos.

4. HIPOTESIS

El consumo de un suplemento elaborado con jarabe de agave (SJA) en corredores de fondo disminuirá al menos 6.5% el tiempo de finalización de una prueba contrarreloj de 6.5 km (después de una carrera submáxima de 2 h al 80% del umbral anaeróbico), obteniendo resultados iguales o mejores respecto al consumo de un gel energético comercial (GEC). Además, el SJA reducirá la incidencia y/o el grado de MGI respecto al GEC.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar el efecto del consumo de un suplemento de jarabe de agave en el rendimiento de resistencia, así como en la incidencia y grado de malestares gastrointestinales en corredores de fondo y compararlo con un gel energético comercial.

5.2 Específicos

- a) Identificar los cambios en el rendimiento de los corredores según la fuente de hidratos de carbono utilizada.
- b) Conocer los efectos del consumo del suplemento de jarabe de agave y del gel energético comercial en las respuestas fisiológicas y en la percepción del esfuerzo.
- c) Evaluar la incidencia y el grado de malestares gastrointestinales según la fuente de hidratos de carbono utilizada.
- d) Comparar la aceptación sensorial del suplemento de jarabe de agave con el gel energético comercial.

6. METODOLOGÍA

6.2 Diseño

El diseño del estudio fue un ensayo clínico cruzado, doble ciego, aleatorizado. Se llevó a cabo en conjunto con la Facultad de Ciencias del Deporte (FCD) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y con el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (CEPROBI-IPN). Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Evaluación del Rendimiento de la FCD (1,927 m s.n.m) y en la Clínica de la Facultad de Nutrición (1,542 m s.n.m) de la UAEM, ubicadas en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Henri Dunant (anexo 1).

6.3 Población

El reclutamiento se realizó por redes sociales en grupos de corredores de la ciudad de Cuernavaca (anexo 2), se invitó a participar a todos los interesados que cumplieran los criterios de inclusión: hombres de 20 a 45 años de edad, que corrieran al menos 3 veces por semana, que acumularan un mínimo de 50 km de entrenamiento a la semana o que tuvieran capacidad de correr al menos 25 km en 1 sesión de entrenamiento. A todos los voluntarios se les aplicó un cuestionario en línea para verificar que cumplieran con los requisitos para participar en el proyecto (anexo 3) y se excluyó a aquellos que no cumplieran los criterios de inclusión, llevaban a cabo un régimen de alimentación especial, consumían drogas o sustancias que pudieran alterar el rendimiento, tenían problemas de salud (alteraciones cardiacas o metabólicas) o no contaban con disponibilidad de tiempo.

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con el programa G*Power 3.1 con base en los datos del estudio de Roberts et al. (52), donde se reportó que una disminución del 6.5% en el tiempo de una prueba contrarreloj fue significativo para evaluar los cambios en el rendimiento con el consumo de MTC. Al considerar los cambios en el rendimiento como resultado principal (tamaño del efecto de 6.5%),

con un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$) y poder estadístico del 80% la muestra necesaria fue de 8 sujetos, al incrementar el poder estadístico a 95%, la muestra ascendió a 12 sujetos (ver figura 2). Por lo que anticipando una tasa de abandono probable del 20% durante el curso del estudio, se buscó reclutar entre 10 y 15 sujetos. La figura 3 resume el diseño del estudio, el progreso de los participantes y las razones de abandono.

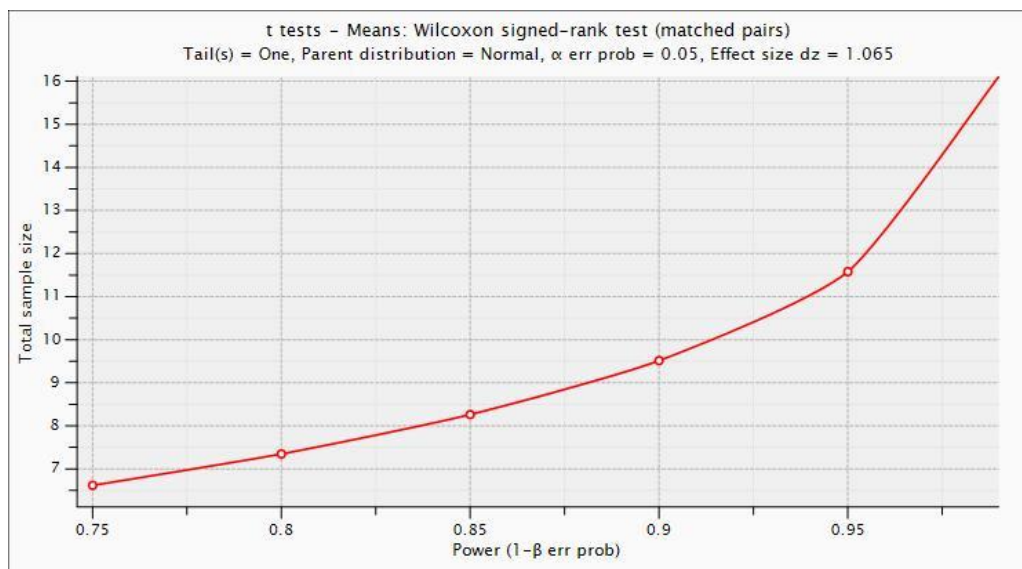


Figura 2. Cálculo del tamaño de la muestra.

Nota: En el eje horizontal se presenta el poder estadístico y en el vertical el tamaño requerido de la muestra. Cuando el número de sujetos requerido contiene decimales se redondea al entero próximo.

6.3 Resumen experimental

El proyecto constó de cinco fases de evaluación separadas por una semana (ver figura 3). La fase 1 fue para la firma de consentimiento informado, tamizaje de aptitud para el ejercicio, pruebas bioquímicas (glucosa, colesterol y triglicéridos), evaluación de AF, composición corporal, consulta nutricional para la elaboración de un plan de alimentación e indicaciones para las siguientes fases. En la fase 2 se realizó una prueba de esfuerzo con análisis de gases expirados para la determinación del umbral anaeróbico. Durante las fases 3, 4 y 5 se llevaron a cabo los ensayos experimentales con los distintos tratamientos durante un protocolo submáximo en caminadora seguido de una prueba contrarreloj.

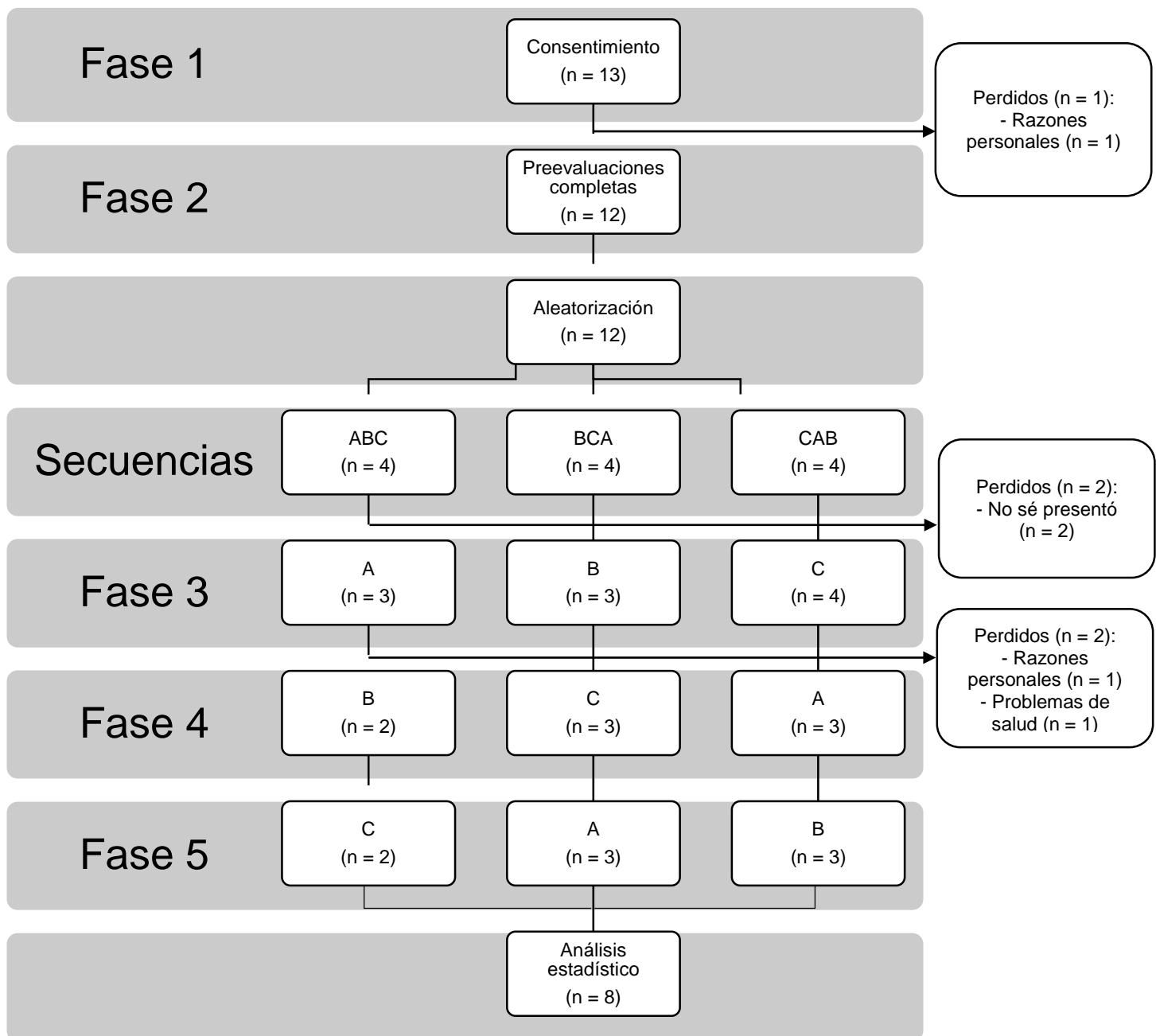


Figura 3. Diagrama de flujo que resume el diseño del estudio y el progreso de los participantes.

Nota: En paréntesis se muestra el número de participantes en cada fase y con flechas se señala las pérdidas durante el estudio y las razones de abandono. A, ensayo control; B, ensayo con gel energético comercial; C, ensayo con suplemento de jarabe de agave.

6.4 Tratamientos empleados durante los ensayos experimentales

De forma aleatoria durante las fases 3, 4 y 5 del estudio a los participantes se les asignaron las siguientes intervenciones: a) ensayo control (EC); b) GEC o c) SJA. Las características de las distintas intervenciones se describen en la tabla 4. El SJA se elaboró con jarabe de agave y maltodextrina 10 (Inamalt ® 110, IMSA) para ajustarse a las recomendaciones de la relación 2:1 de glucosa y fructosa (61). Para la elección del GEC se compararon 4 productos y se eligió el que se asemejaba más en características y composición de HCO al SJA. El GEC elegido fue Gu Energy Gel-strawberry banana cuyos ingredientes en la etiqueta se enlistan en el siguiente orden: maltodextrina, agua, fructosa, leucina, citrato de potasio, citrato de sodio, ácido cítrico, ácido málico, carbonato de calcio, sal marina, valina, sabores naturales, goma gellan, isoleucina, aceite de girasol, benzoato de sodio, sorbato de potasio, jugo de frutas y verduras. El tamaño y número de porciones fueron calculados para proporcionar una tasa de ingestión de HCO en línea con altas dosis recomendadas para ejercicios de larga duración (60-90 g/h; ver tabla 2).

Tabla 4. Características de las intervenciones.

	Tratamiento		
	A	B	C
	EC	GEC	SJA
Tamaño de la porción	-	~ 40 g	~ 40 g
Hidratos de carbono	-	28.22 g	33.74 g
Humedad	-	19.40%	26.80%
Cenizas	-	0.80%	0.73%
°Brix	-	76	67.5
Número de porciones	-	6	6

Nota: EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave.

6.5 Aleatorización y cegamiento

La aleatorización fue realizada por un investigador que no participó en la fase experimental, el cual fue responsable de asignar las intervenciones utilizando un

diseño de cuadrado latino para minimizar el número de secuencias utilizadas en el estudio (ABC, BCA y CAB) y reducir la aparición de efectos de fase (84). Los órdenes de secuencia de ABC, BCA y CAB permitieron que cada intervención se llevara a cabo en cada fase (ver figura 3). Los tratamientos fueron suministrados en sobres de polietileno metalizado para evitar visualizar el interior y fueron etiquetados con un código para que solo el encargado de la aleatorización conociera el contenido, permitiendo el cegamiento tanto del sujeto como de los responsables de las evaluaciones.

6.6 Fase 1

Al inicio de esta fase se explicó en qué consistía el proyecto, se aclararon las dudas de los sujetos y se pidió que firmaran la carta de consentimiento informado (anexo 4).

6.6.1 Evaluación de la aptitud para realizar ejercicio

Se aplicó el cuestionario Par-Q & You (85) y el cuestionario de evaluación pre-participación en programas de AF de la Asociación Americana del Corazón y el Colegio Americano de Medicina del Deporte (AHA/ACSM) para detectar problemas de salud o cardiovasculares, y determinar que los sujetos fueran aptos para participar en el proyecto (anexo 5).

6.6.2 Pruebas bioquímicas

Se evaluó la glucosa capilar por medio de tiras reactivas con el equipo Accu-Chek Active (Roche, Alemania) y el colesterol total y triglicéridos por medio de tiras reactivas del equipo Accutrend Plus (Roche, Alemania), que sirvieron como complemento para la determinación de la aptitud para realizar ejercicio (anexo 6).

6.6.3 Evaluación de la actividad física

Para conocer la AF habitual de los sujetos se aplicó el cuestionario de Laval (86), en el cual se registró de forma retrospectiva en periodos de 15 min el tipo de actividades y el tiempo destinado para realizarlas de un día entre semana y uno en

fin de semana. De igual forma se aplicó el Cuestionario Mundial de Actividad Física (GPAQ) (87), el cual ayudó a recopilar información sobre la AF y el comportamiento sedentario en tres campos: 1) actividad en el trabajo; 2) actividad al desplazarse, y 3) actividad en el tiempo libre (anexo 6).

6.6.4 Composición corporal

Se midió la estatura con un estadiómetro móvil de aluminio (Smartmet, México) con precisión de 0.1 cm, con los sujetos de pie, la cabeza en plano de Frankfurt, pies juntos y talones, nalgas y parte superior de la espalda apoyadas sobre el estadiómetro. Se tomó peso y composición corporal con un equipo de bioimpedancia (Inbody 770, Corea), los sujetos se encontraban en posición vertical, con los brazos separados del tronco, los pies descalzos, en ayuno y con ropa liviana sin objetos metálicos.

6.6.5 Plan de alimentación

Para finalizar la primera fase se brindó orientación nutricional y se proporcionó un plan de alimentación personalizado que debía seguirse durante todo el periodo de las evaluaciones. El requerimiento energético fue determinado de la siguiente forma: el gasto energético en reposo fue calculado con la ecuación de Cunningham ($\text{Masa libre de grasa} * 22 + 500$) (88,89), y el gasto energético por AF a través de equivalentes metabólicos (MET), asignando un valor de 1 MET al tiempo dedicado a actividades sedentarias, 4 MET al tiempo dedicado a actividades moderadas y 8 MET al tiempo dedicado a actividades vigorosas (90). El aporte de macronutrientes fue el siguiente: 5-7 g de HCO por kg de peso según el nivel de AF, 1-1.4 g de proteína por kg de peso y las kcal restantes fueron cubiertas por los lípidos (91). Además, se estandarizó la alimentación previa a cada evaluación (1 h antes de las pruebas) con 1 g de HCO por kg de peso corporal.

Para finalizar esta fase se entregó por escrito las indicaciones para asistir a las siguientes evaluaciones (anexo 7). Se pidió a los participantes no consumir bebidas alcohólicas o con cafeína 48 h previas a cada evaluación, ni realizar AF intensa al

menos 72 h previas. Para asegurar el correcto estado de hidratación, se pidió a los sujetos consumir 7 ml de agua por kg de peso 4 h antes de las evaluaciones y/o 5 ml por kg de peso corporal 2 h antes (92).

6.7 Fase 2

A la llegada al laboratorio se verificó el apego a las indicaciones y al plan de alimentación a través de un recordatorio de 24 h, se pidió a los sujetos recordar, describir y cuantificar la ingesta de alimentos y bebidas consumidas el día anterior, desde la primera toma de la mañana hasta los últimos alimentos o bebidas consumidas por la noche (93) (anexo 8). Se midió la presión arterial y FC en reposo. Se permitió a los sujetos pasar al baño en caso necesario para posteriormente pesarlos. Después de pesar se pidió que se cambiaran de ropa para realizar la prueba de esfuerzo.

6.7.1 Prueba de esfuerzo

Se realizó una prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh, monitoreo de gases por calorimetría (CardioCoachCO₂, KORR Medical Technologies, EUA) y monitoreo de FC (M400, Polar, Finlandia). El protocolo de Pugh se realizó en una caminadora (Life Fitness, EUA), con 1 grado de inclinación y una velocidad inicial de 4km/h con aumento de 2km/h en etapas sucesivas de 3 min cada una (anexo 9). Un cociente respiratorio (RER) igual a 1 fue considerado para determinar el umbral anaeróbico o VT₂ (26).

La prueba finalizó cuando se alcanzó la meta del 90% de la FC de reserva del sujeto, calculada como FC máxima ($FC_{max} = 208 - edad * 0.7$) (94) menos FC en reposo. Los criterios considerados para detener/cancelar la prueba de esfuerzo fueron:

- a) Que el sujeto no pudiera continuar la prueba por fatiga, dificultad respiratoria, sibilancias, calambres o claudicación de miembros inferiores.
- b) Que el sujeto presentara dolor torácico progresivo.
- c) Que el sujeto expresara no querer continuar la prueba.

- d) Dificultades técnicas que impidieran monitorear la FC o el intercambio de gases.
- e) Aparición de síntomas como mareo, náuseas o molestias gástricas.
- f) Signos de mala perfusión: cianosis, palidez(95).

Al finalizar la prueba de esfuerzo se pidió a los sujetos secarse el sudor y ponerse nuevamente la ropa con la que fueron pesados a su llegada, se tomó el peso nuevamente y se calculó su tasa de sudoración (92).

6.8 Fases 3, 4 y 5

Antes de dar inicio a las evaluaciones se verificó el apego al plan de alimentación a través de un recordatorio de 24 h y se tomó registro del entrenamiento realizado los 3 días previos (anexo 10). El recordatorio de 24 h y el registro de entrenamiento de la fase 3 fueron transcritos y entregados a los participantes con la indicación de repetir hábitos idénticos antes de cada fase posterior. Los recordatorios de 24 h fueron analizados con el programa Nutre.in de acceso libre en internet, el cual se basa en la información del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes 4^a edición (96), para determinar el aporte de energía y macronutrientes del día anterior y del desayuno previo a la llegada al laboratorio.

6.8.1 Ensayos experimentales

Los ensayos consistieron en un periodo submáximo seguido de una prueba contrarreloj, estas pruebas son las más utilizadas para evaluar el rendimiento en deportes de resistencia (52–54,56) debido a que han mostrado ser el protocolo más valido y confiable para este fin (18,20).

El periodo submáximo consistió en correr 120 min en caminadora (Tmx G6172, Trackmaster, EUA) a velocidad constante (80% del VT2) con 1 grado de inclinación. Después de 2 min de descanso se prosiguió con la prueba contrarreloj la cual consistió en completar 6.5 km en el menor tiempo posible donde los sujetos podían

modificar a voluntad la velocidad de la caminadora (ver figura 4). La variable de rendimiento fue definida como el tiempo empleado en min para finalizar los 6.5 km.

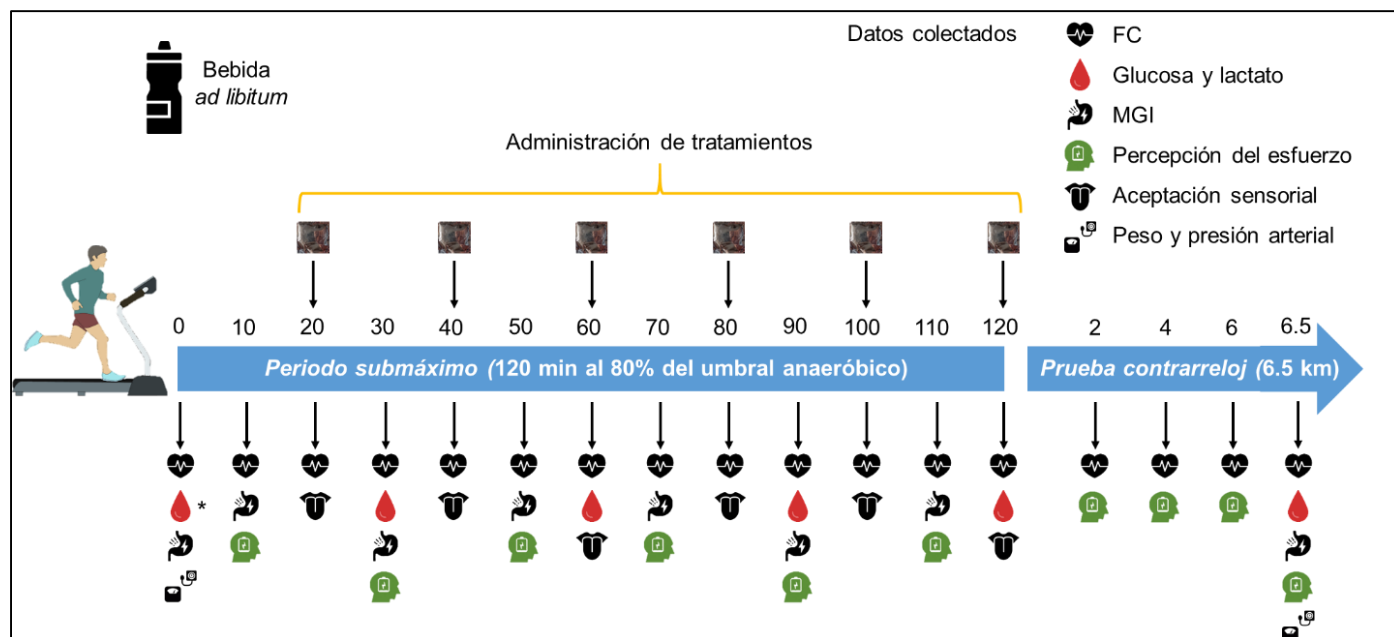


Figura 4. Diagrama del ensayo experimental.

Nota: FC, frecuencia cardíaca; MGI, malestares gastrointestinales. * La medición de lactato no se realizó al inicio del ensayo. La FC se evaluó cada km durante la prueba contrarreloj, pero para efectos ilustrativos no se muestran las mediciones de los km 1, 3 y 5.

Durante los ensayos se monitoreo la temperatura y humedad del ambiente con un termómetro digital con sensor de humedad (TER-150, Steren, China) cada 10 min durante el periodo submáximo y cada kilómetro durante la prueba contrarreloj, además se midieron algunas respuestas fisiológicas (presión arterial, FC, glucosa y lactato), la percepción del esfuerzo, los MGI y la aceptación sensorial de los tratamientos, que fueron registrados en un formato (anexo 11).

Los tres ensayos fueron realizados a la misma hora del día con la misma ropa y calzado. Durante los ensayos la interacción de los investigadores con los sujetos se limitó a proporcionar los tratamientos y obtener mediciones dependientes. Además, durante la prueba contrarreloj no se proporcionó estímulo verbal y los sujetos no recibieron ninguna retroalimentación (como el tiempo o velocidad) aparte de la distancia completada.

Los parámetros considerados para detener/cancelar la evaluación del rendimiento fueron los mismos que en la prueba de esfuerzo realizada en la fase 2 del estudio.

6.8.2 Suplementación e hidratación

Los sobres con el tratamiento correspondiente fueron entregados por el encargado de la aleatorización a los responsables de las evaluaciones en una bolsa de plástico. Al inicio de la intervención se pesó la bolsa con los sobres en una báscula digital (DC-BCD-5K-PLA, Silverline, China) con precisión en g. Durante el protocolo submáximo se administró un sobre en los min 20, 40, 60, 80, 100 y al finalizar (ver figura 4), dando a los sujetos aproximadamente dos min para consumir el contenido. Después de que los sujetos consumieron el contenido de los sobres, estos fueron recolectados nuevamente en la misma bolsa para pesarlos y determinar la cantidad de tratamiento consumida considerando los residuos en el sobre.

Con el objetivo de reponer los líquidos y electrolitos perdidos durante la prueba se permitió el consumo *ad libitum* de una bebida compuesta de sodio (60 mmol/L de agua), jugo de limón (20 g/L de agua) y endulzante no calórico (splenda, TC Heartland; 4 g/L de agua), la cantidad disponible fue determinada según la tasa de sudoración calculada en la fase 2 del estudio y la cantidad sobrante fue pesada con la báscula digital.

6.8.3 Porcentaje de pérdida de peso corporal

El peso corporal fue medido a la llegada al laboratorio con una báscula digital (TBF-300A, Tanita, Japón), posterior a la medición se pidió a los sujetos cambiarse de ropa para realizar el ensayo experimental y una vez concluido, se repitió la medición del peso corporal con la misma ropa de la primera medición (ver figura 4). Con estas dos mediciones fue calculado el porcentaje de pérdida de peso con la fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final}) * 100}{\text{peso inicial}}$$

6.8.4 Respuestas fisiológicas

La presión arterial fue evaluada con un baumanómetro manual (Genmed, EUA) al inicio y al final del protocolo de evaluación del rendimiento. La FC fue monitoreada con un pulsómetro (M400, Polar, Finlandia) al inicio, cada 10 min durante el periodo submáximo, cada km durante la prueba contrarreloj y al finalizar los 6.5 km (ver figura 4).

La glucosa capilar fue medida con tiras reactivas (Accu-Chek active, Roche, Alemania) al inicio y en los min 30, 60, 90 y 120 del periodo submáximo, así como al finalizar la prueba contrarreloj. El lactato capilar se midió con tiras reactivas (Accutrend Plus, Roche, Alemania) en los mismos periodos que la glucosa a excepción de la medición de inicio (ver figura 4). Para la medición de glucosa y lactato se realizaron punciones con lancetas desechables (Accu-Chek softclix, Roche, Alemania) en el borde lateral de los dedos después de haber limpiado la yema del dedo con algodón humedecido con alcohol etílico al 70%, se descartó la primera gota de sangre con algodón seco y se emplearon pipetas capilares recolectoras desechables de 40 μ L (PTS Collect, PTS Diagnostics, EUA) para obtener una muestra adecuada de sangre.

6.8.5 Percepción del esfuerzo

La percepción del esfuerzo se valoró a través de la escala de Borg de 20 puntos (anexo 12) (97) en los min 10, 30, 50, 70, 90 y 110 del periodo submáximo, así como en los km 2, 4, 6 y 6.5 de la prueba contrarreloj.

6.8.6 Malestares gastrointestinales

Se utilizaron escalas analógicas visuales de 0 a 10 puntos (anexo 12) para evaluar la plenitud estomacal (0 = nada lleno; 10 = completamente lleno) y los MGI (0 = sin síntomas; 10 = síntomas severos) al inicio del periodo submáximo y en los min 10, 30, 50, 70, 90 y 110 así como al final de la prueba contrarreloj (ver figura 4). Los

síntomas se clasificaron como ligeros cuando tenían un valor ≤ 3 , moderados de 4-6 e intensos ≥ 7 . Los MGI evaluados fueron: calambres abdominales o cólicos, inflamación, gases o flatulencias, ganas de defecar, náuseas, eructos, regurgitación o reflujo, acidez estomacal y mareos o dolor de cabeza.

6.8.7 Prueba de aceptación sensorial de los tratamientos

Con escalas analógicas visuales de 0 a 8 puntos (anexo 12) se evaluó la aceptación sensorial posterior al consumo de los sobres de tratamiento (ver figura 4): percepción de dulzura (0 = nada dulce; 8 = insoportablemente dulce) y simpatía con el sabor (0 = incomible; 8 = muy, muy agradable).

6.9 Consideraciones éticas

En cumplimiento de los principios establecidos en la declaración de Helsinki el proyecto obtuvo la aprobación del Comité de Ética en Investigación del Hospital Henri Dunant. Todos los participantes fueron informados del propósito y los métodos del estudio antes de su inscripción, y solo se incluyó a aquellos que firmaron de forma voluntaria el consentimiento informado.

En todo momento se consideró como prioridad la seguridad de los sujetos. El laboratorio donde se realizaron las pruebas cumplía con los requisitos marcados en el documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte sobre las pruebas de esfuerzo (95). Como medida de seguridad durante las pruebas en caminadora, fue requisito la presencia de al menos dos evaluadores capacitados, uno de ellos tenía como responsabilidad principal supervisar en todo momento al sujeto y contaba con la facultad de detener la prueba si observaba alguna anomalía por mínima que fuera (agujetas desabrochadas, dificultad del sujeto para mantenerse o mala postura, cambios en la coloración, dificultad para respirar, problemas con el equipo, alteraciones de la FC, etc.).

Además, durante las evaluaciones se realizó un periodo previo de adaptación al uso de la caminadora, donde se enseñó a los sujetos los métodos para detener por sí mismos las pruebas en caso de emergencia o si decidían no continuar. Las pruebas no fueron realizadas hasta que los sujetos mostraron plena confianza en el uso de la caminadora y habían comprendido los métodos de paro de emergencia.

Si bien, las pruebas fueron realizadas en personas físicamente activas y con bajo riesgo cardiovascular, durante cada prueba al menos uno de los investigadores responsables tenía conocimientos básicos de reanimación cardiopulmonar, además el Laboratorio de Evaluación del Rendimiento dispuso siempre de un pasante de medicina y contaba con equipo desfibrilador, así como con un teléfono para contactar al servicio médico de la universidad (777 329-7073 ext. 3183).

6.10 Análisis estadístico

El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico SPSS v.21 (IBM, EUA). Se calcularon valores medios y desviaciones estándar (DE) para todas las medidas. Se evaluó la normalidad de todas las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk y las variables no normales se transformaron logarítmicamente antes de los análisis. El esfuerzo percibido y los puntajes pico de MGI se transformaron en rangos de percentiles debido a la resistencia de los datos a ser transformados logarítmicamente.

La comparación de medias entre los ensayos se evaluó mediante análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA-MR). Además, se usó ANOVA-MR bidireccionales (tratamiento * tiempo) con corrección Greenhouse-Geisser por violaciones de la esfericidad para determinar las diferencias en puntos de tiempo específicos. La corrección de Bonferroni se realizó para pruebas de significación múltiple. Se utilizó la prueba *t* de Student para muestras relacionadas cuando se compararon dos tratamientos. Un valor $p < 0.05$ fue considerado para la significancia.

Complementariamente se utilizó un enfoque de estadística inferencial basado en la magnitud para evaluar los efectos principales del tratamiento en el rendimiento y los MGI. Este enfoque se ha utilizado en varios estudios recientes, que examinaron de manera similar los efectos de intervenciones nutricionales en el rendimiento del ejercicio (53,56,65,98).

En la inferencia basada en la magnitud, los intervalos de confianza definen el rango probable del valor de la población y se interpretan en relación con el efecto mínimo de importancia. Se calculan los efectos con un intervalo de confianza de 90% y se interpretan utilizando probabilidades de que el efecto verdadero (de la población) sea mayor, trivial o menor en relación con el efecto mínimo de importancia (99).

Los valores de umbral para un cambio sustancial en el rendimiento se calcularon como ± 0.2 DE del EC, lo que representa un efecto mínimo de importancia de ± 0.81 min en la prueba contrarreloj equivalente a una mejora del percentil 50 al 58 (56). Las diferencias en los puntajes pico de MGI se interpretaron utilizando un efecto Cohen, con umbrales establecidos en ± 0.2 . Los umbrales de probabilidad para las variables fueron acompañados por descriptores cualitativos: < 1%, casi con certeza ninguna posibilidad; 1-5%, muy improbable; 5-25%, poco probable; 25-75%, posible; 75-95%, probable; 95-99%, muy probable; y > 99%, casi seguro. Si las posibilidades de efectos mayores y menores fueron ambas > 5%, el efecto se consideró poco claro. Para el análisis los tiempos de rendimiento se transformaron en log natural (100). Los cálculos se realizaron utilizando la hoja de cálculo para estudios cruzados elaborada por Hopkins (101).

7. RESULTADOS

7.1 Características de la población

De los 13 sujetos que se registraron inicialmente en el proyecto, solo 8 concluyeron todas las evaluaciones, 2 sujetos abandonaron por razones personales, 2 no asistieron a las evaluaciones y 1 no pudo continuar por problemas de salud (ver figura 3).

Las características de los 8 sujetos se muestran en la tabla 5. La edad se encontró en un rango de 26 a 45 años con una media de 34 años. En promedio entrenaban 5 días/sem y corrían 43 km/sem. La media de estatura fue de 173 cm, mientras que la de peso fue de 71 kg. Si bien la media de IMC se encontró dentro de los valores normales ($< 25 \text{ kg/m}^2$), cabe mencionar que 4 sujetos tuvieron un ligero sobrepeso, lo que también se ve reflejado en el porcentaje de grasa corporal. En cuanto a la condición aeróbica, los sujetos tuvieron una media de 52 ml/kg/min lo cual está dentro de los valores esperados para atletas de nivel recreativo (102).

Tabla 5. Características de la población de estudio.

	n=8
	M \pm DE
Edad (años)	34.38 \pm 7.19
Días de entrenamiento (días/sem)	5.13 \pm 0.99
Recorrido durante entrenamiento (km/sem)	43.13 \pm 14.62
Peso (kg)	71.34 \pm 8.73
Estatura (cm)	173.19 \pm 9.37
IMC (kg/m ²)	23.79 \pm 2.36
MLG (kg)	55.38 \pm 8.12
Grasa corporal (%)	22.13 \pm 8.55
VO _{2pico} (ml/kg/min)	52.19 \pm 6.65

Nota: IMC, índice de masa corporal; MLG, masa libre de grasa; VO_{2pico}, consumo pico de oxígeno.

7.2 Indicadores evaluados antes, durante y después de los ensayos experimentales

En la tabla 6 se observa la comparación de la alimentación y otras variables medidas antes, durante y después de las evaluaciones del rendimiento en los diferentes ensayos. En los indicadores preevaluación, no se encontraron diferencias significativas en el consumo de energía y macronutrientes del día anterior y en la última comida realizada. Tampoco hubo diferencias significativas en las horas de sueño, siendo cercano a las 7 h en los tres ensayos. No se registraron cambios significativos en el peso corporal a lo largo de los 3 ensayos, lo que puede indicar que no hubo modificaciones en la alimentación y entrenamiento durante el periodo de estudio. De igual forma no hubo cambios en la presión arterial y en los niveles de glucosa sanguínea. Al comparar la FC inicial de las 3 condiciones no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, el análisis *post hoc* mostró diferencias significativas entre la condición de GEC y la de SJA ($p = 0.034$).

Respecto a los indicadores durante la evaluación, la temperatura ambiental fue similar en los 3 ensayos rondando los 23°C como media. Por otro lado, la humedad media fue mayor para la condición del SJA, pero sin mostrar diferencias significativas. A pesar de que no hubo diferencias significativas en la tasa de sudoración, el consumo *ad libitum* de líquidos fue significativamente mayor en el EC principalmente respecto al ensayo de SJA. En cuanto a la media de tratamiento consumido, esta fue significativamente mayor con el SJA, por lo que también hubo diferencias significativas en la tasa de suministro de HCO.

Por último, en cuanto a las mediciones posteriores a la evaluación no hubo diferencias significativas en el peso corporal, el porcentaje de pérdida de peso, la presión arterial y en los cambios en la presión arterial entre las condiciones.

Tabla 6. Comparativo de los indicadores evaluados antes, durante y después de los ensayos experimentales.

Variable		EC M ± DE	GEC M ± DE	SJA M ± DE	p
Preevaluación					
Alimentación día previo	Kcal	1879.44 ± 497.32	1947.04 ± 472.19	1901.30 ± 502.47	.707
	HCO (g)	251.89 ± 79.89	249.63 ± 74.30	261.74 ± 86.31	.739
	Prot. (g)	92.23 ± 23.78	93.34 ± 22.61	91.26 ± 25.61	.919
	Líp. (g)	59.06 ± 30.32	68.10 ± 23.20	58.84 ± 28.02	.260
Última comida	Kcal	554.63 ± 452.72	432.38 ± 229.55	410.40 ± 211.35	.343
	HCO (g)	82.09 ± 49.13	77.58 ± 42.88	76.26 ± 44.50	.439
	Prot. (g)	23.48 ± 29.62	15.54 ± 13.13	13.65 ± 8.87	.652
	Líp. (g)	15.75 ± 18.85	8.28 ± 5.85	7.88 ± 5.39	.436
Horas de sueño		6.67 ± 1.14	6.69 ± 1.45	6.99 ± 0.80	.716
Peso (kg)		71.96 ± 8.58	71.73 ± 8.29	71.53 ± 8.51	.222
PAS (mmHg)		115.00 ± 12.82	115.38 ± 5.37	121.63 ± 9.35	.062
PAD (mmHg)		71.25 ± 8.63	73.88 ± 8.20	73.25 ± 11.18	.535
FC (ppm)		58.88 ± 7.16	58.88 ± 3.98 ^a	55.75 ± 3.92 ^b	.139
Glucosa (mg/dl)		101.88 ± 14.17	104.88 ± 19.49	98.63 ± 15.32	.741
Durante la evaluación					
Condiciones ambientales	TA (°C)	23.61 ± 1.37	23.82 ± 1.58	23.44 ± 1.55	.449
	HR (%)	44.07 ± 8.73	44.60 ± 11.19	49.58 ± 12.53	.156
Tasa de sudoración (ml/h)		1127.54 ± 129.66	1087.38 ± 233.88	1036.14 ± 190.12	.186
Líquidos <i>ad libitum</i> (ml/h)		592.87 ± 237.30 ^a	498.06 ± 243.01	476.20 ± 232.01 ^b	.018
Tratamiento consumido (g/h)		-	107.75 ± 3.64	113.19 ± 3.87	.029
Tasa de suministro HCO (g/h)		-	76.03 ± 2.56	95.47 ± 3.27	.000
Post-evaluación					
Peso (kg)		70.59 ± 8.66	70.23 ± 8.32	70.08 ± 8.43	.127
Pérdida de peso (%)		1.96 ± 0.81	2.13 ± 0.64	2.04 ± 0.54	.553
PAS (mmHg)		98.75 ± 10.77	101.50 ± 11.19	102.75 ± 13.56	.648
Cambios PAS (mmHg)		- 16.25 ± 15.06	- 13.88 ± 10.20	- 18.88 ± 16.85	.643
PAD (mmHg)		62.13 ± 5.99	66.13 ± 6.47	66.25 ± 8.60	.170
Cambios PAD (mmHg)		- 9.13 ± 11.27	- 7.75 ± 7.27	- 7.00 ± 13.44	.853

Nota: EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave; Kcal, kilocalorías; HCO, hidratos de carbono; Prot., proteínas; Líp., lípidos; PAS, presión arterial sistólica; PAD, presión arterial diastólica; FC, frecuencia cardiaca; TA, temperatura ambiente; HR, humedad relativa. Prueba ANOVA-MR con corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples, significancia $p < 0.05$. Letras diferentes indican diferencias significativas en la comparación por pares. Para tratamiento consumido y tasa de suministro de HCO se utilizó *t* de Student para muestras relacionadas.

7.3 Rendimiento de carrera

El tiempo de finalización de la prueba contrarreloj fue similar con el GEC y el SJA (34.24 ± 5.14 min vs. 34.52 ± 5.45 min; $p = 0.820$), siendo menor en ambos casos respecto al EC (36.14 ± 4.03 min). En términos absolutos, el porcentaje de mejora en el tiempo total fue de 5.25% y 4.48%, para el GEC y el SJA respectivamente, sin embargo, las diferencias no fueron significativas entre las tres evaluaciones ($p = 0.293$).

A pesar de esto, al realizar el análisis de inferencia basada en la magnitud, se encontró que el efecto real (tiempo de finalización) a nivel poblacional es “probablemente” menor con ambos tratamientos respecto al EC, de igual forma, este enfoque mostró que no hay una diferencia clara entre el GEC y el SJA (ver tabla 7).

Tabla 7. Estadísticas inferenciales para el rendimiento en la prueba contrarreloj.

	Tratamiento			p	% de Diferencia (IC 90%)	Probabilidad de que el efecto real sea: mayor/ trivial/ menor	Interpretación
	EC M ± DE	GEC M ± DE	SJA M ± DE				
Tiempo de	36.14±4.03	34.24±5.14		.180	-5.7% (-12.4, 1.6)	4%/ 16%/ 80%	Probablemente menor
finalización	36.14±4.03		34.52±5.45	.223	-5% (-11.6, 2.1)	5%/ 20%/ 75%	Probablemente menor
(min)		34.24±5.14	34.52±5.45	.819	0.7% (-4.9, 6.7)	31%/ 52%/ 17%	Poco claro

Nota: Los valores medios estan indicados previo a la transformación logaritmica natural. Las probabilidades de que el efecto sea mayor, trivial o menor se basan en los valores de umbral para un cambio sustancial (± 0.2 DE del EC). Si las posibilidades de efectos mayores y menores fueron ambas > 5%, el efecto se consideró poco claro. EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave.

7.4 Respuestas fisiológicas

La media de FC en el periodo submáximo fue ligeramente menor en el EC (134.81 ± 15.15 ppm), respecto al GEC (138.11 ± 12.59 ppm; $p = 0.602$) y el SJA (137.14 ± 11.70 ppm; $p = 0.878$), sin diferencias significativas en ningún punto de la evaluación. Por otro lado, en la prueba contrarreloj se observó que la FC media fue significativamente mayor tanto con el GEC (169.90 ± 11.34 ppm) como con el SJA

(168.45 ± 9.17 ppm) en comparación al EC (158.75 ± 7.28 ; $p = 0.004$ y 0.029 , respectivamente). En la figura 5 se pueden observar gráficamente estas diferencias y se indican los puntos específicos de la prueba donde fueron más importantes.

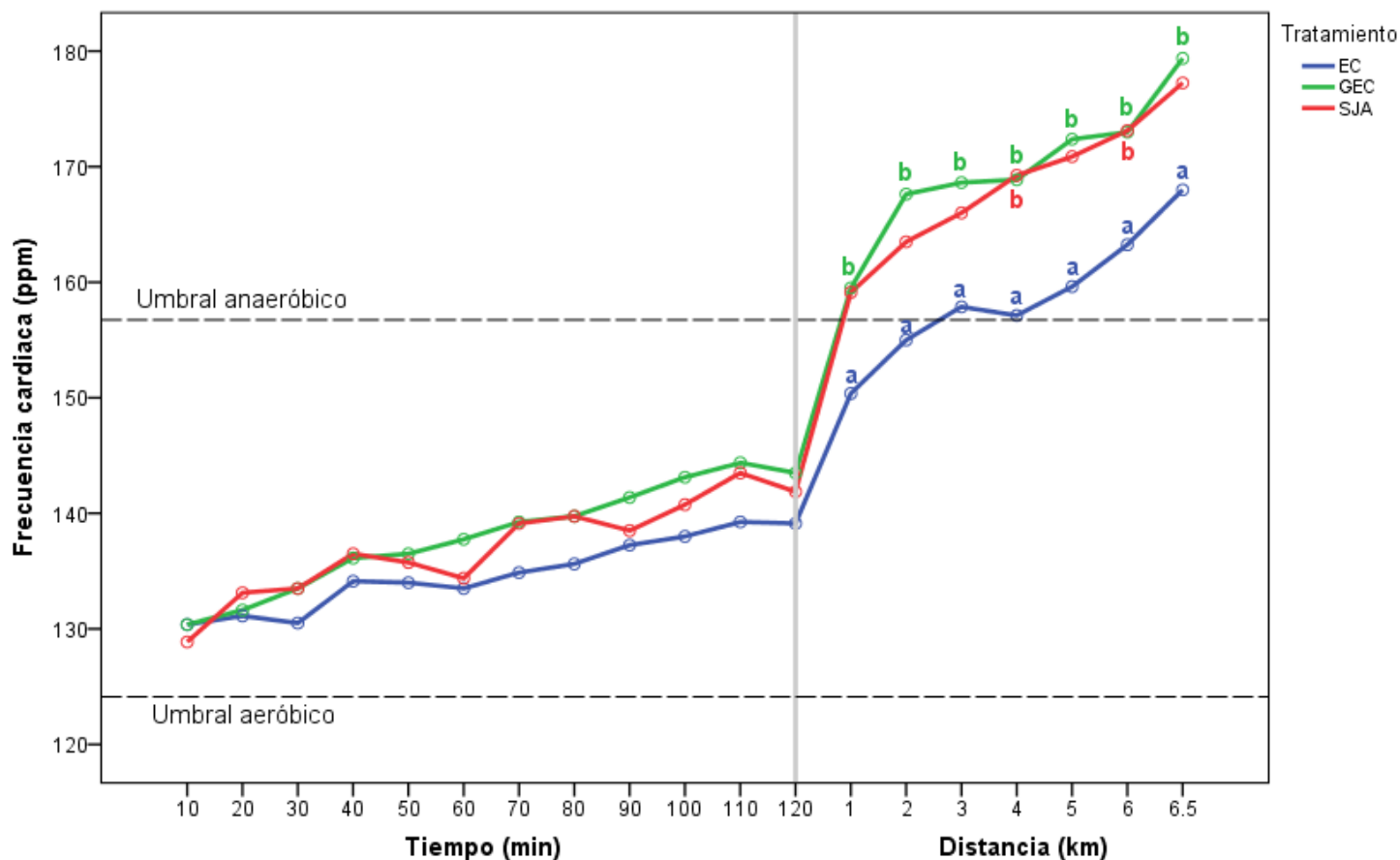


Figura 5. Seguimiento de la frecuencia cardiaca durante la evaluación del rendimiento.

Nota: La línea vertical en color gris indica el punto donde termina el periodo submáximo e inicia la prueba contrarreloj. Las líneas punteadas indican la media de frecuencia cardiaca donde se encuentran los umbrales aeróbico y anaeróbico de los sujetos de estudio. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave. Prueba ANOVA-MR con corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

La media de glucosa en sangre fue significativamente mayor con ambos tratamientos de prueba en comparación con el EC durante el periodo submáximo ($p = 0.001$), sin diferencias entre GEC y SJA (82.79 ± 9.79 vs. 93.93 ± 10.69 mg/dl vs. 94.84 ± 5.70 mg/dl, respectivamente). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en la glicemia al finalizar la prueba contrarreloj entre las tres

condiciones de prueba (EC = 82.13 ± 15.13 mg/dl; GEC = 96.13 ± 16.81 mg/dl; SJA = 96.75 ± 14.68 mg/dl; $p = 0.202$). La figura 6 muestra el comportamiento de la glucosa durante las evaluaciones con cada uno de los tratamientos. La concentración de glucosa disminuyó significativamente durante los primeros 30 min ($p = 0.003$), pero se mantuvo durante toda la evaluación en los 3 ensayos. No se encontraron diferencias significativas en ningún punto de evaluación entre el EC y el GEC, ni entre el GEC y el SJA, solo hubo diferencias significativas entre el SJA y el EC en los min 60 ($p = 0.016$), 90 ($p = 0.005$) y 120 ($p = 0.004$) del periodo submáximo.

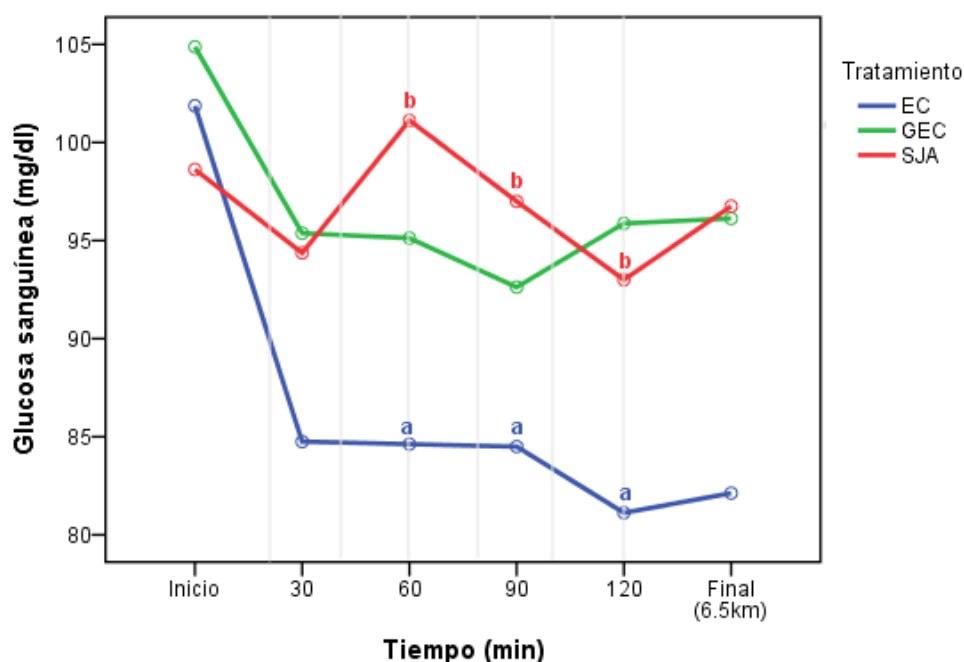


Figura 6. Comportamiento de la glucosa con los diferentes tratamientos.

Nota: Las líneas verticales de color gris indican los momentos en los que se administró el tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave. Prueba ANOVA-MR con corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

En cuanto al lactato, únicamente se obtuvieron mediciones completas de 3 sujetos, y no se encontraron diferencias en la media entre el EC, el GEC y el SJA durante el periodo submáximo (4.37 ± 0.81 mmol/L vs. 4.17 ± 0.86 mmol/L vs. 5.07 ± 1.10 mmol/L, respectivamente; $p = 0.183$) ni al finalizar la prueba contrarreloj (7.17 ± 4.33 , 11.47 ± 2.75 y 11.40 ± 4.49 , respectivamente; $p = 0.187$).

7.5 Percepción del esfuerzo

No se encontraron diferencias significativas en la media del esfuerzo percibido durante el periodo submáximo entre las tres evaluaciones (EC = 11.68 ± 2.10 ; GEC = 10.93 ± 2.00 ; SJA = 11.28 ± 1.55 ; $p = 0.689$), ni en ninguno de los puntos de evaluación. De igual forma no hubo diferencias significativas en la media del esfuerzo percibido durante la prueba contrarreloj entre las tres condiciones (EC = 16.89 ± 1.73 ; GEC = 16.53 ± 1.57 ; SJA 16.69 ± 1.30 ; $p = 0.482$) y tampoco en ninguno de los puntos de evaluación.

7.6 Malestares gastrointestinales

En la tabla 8 se muestra la incidencia de MGI durante las tres evaluaciones. Los MGI informados con mayor frecuencia durante el periodo submáximo fueron plenitud estomacal, eructos, inflamación, gases/flatulencias y ganas de defecar. La incidencia total de MGI en esta fase de evaluación fue similar para las 3 condiciones (EC = 27 casos; GEC = 32 casos; SJA = 26 casos). La incidencia de MGI moderados fue baja, con 1 solo caso en el EC, 3 con el GEC y 4 con el SJA. En cuanto a los MGI intensos únicamente se registró 1 caso con el GEC y 1 con el SJA, los cuales fueron reportados por el mismo sujeto, quien después de una pausa para ir al baño no volvió a presentar la molestia.

Durante la prueba contrarreloj los MGI más reportados fueron eructos, plenitud estomacal, gases/flatulencias e inflamación. La incidencia total de MGI en esta fase de evaluación fue mayor con el GEC (30 casos), seguido por el SJA (22 casos) y el EC (13 casos). Por otro lado, la incidencia de MGI moderados fue similar con el GEC (7 casos) y el SJA (5 casos), pero mayor respecto al EC (2 casos). En cuanto a los síntomas intensos solo se reportaron 4 casos con el GEC y 2 con el SJA. En general la incidencia de MGI fue mayor con el GEC (63 casos) respecto al SJA (48 casos) y el EC (40 casos).

Tabla 8. Incidencia de malestares gastrointestinales.

	Síntomas ligeros No. casos (%)			Síntomas moderados No. casos (%)			Síntomas intensos No. casos (%)		Total No. casos (%)	
	EC	GEC	SJA	EC	GEC	SJA	GEC	SJA		
<i>Periodo submáximo</i>										
Plenitud estomacal	8 (100)	5 (62.5)	7 (87.5)		1 (12.5)				21 (87.5)	
Calambres/cólicos		3 (37.5)	2 (25)						5 (20.8)	
Inflamación	4 (50)	3 (37.5)	5 (62.5)	1 (12.5)	1 (12.5)	1 (12.5)			15 (62.5)	
Gases/flatulencias	3 (37.5)	5 (62.5)	2 (25)			1 (12.5)			11 (45.8)	
Ganas de defecar	4 (50)	1 (12.5)	1 (12.5)				1 (12.5)	1 (12.5)	8 (33.3)	
Náuseas		2 (25)							2 (8.3)	
Eructos	5 (62.5)	6 (75)	3 (37.5)		1 (12.5)	2 (25)			17 (70.8)	
Regurgitación/reflujo	1 (12.5)	3 (37.5)							4 (16.7)	
Acidez	1 (12.5)	1 (12.5)	1 (12.5)						3 (12.5)	
Total	No. casos	26	29	21	1	3	4	1	1	86
<i>Prueba contrarreloj</i>										
Plenitud estomacal	2 (25)	2 (25)	2 (25)		2 (25)	1 (12.5)	2 (25)	1 (12.5)	12 (50)	
Calambres/cólicos	2 (25)		2 (25)		1 (12.5)	1 (12.5)			6 (25)	
Inflamación	1 (12.5)	2 (25)		1 (12.5)		2 (25)	1 (12.5)		7 (29.2)	
Gases/flatulencias	1 (12.5)	3 (37.5)	3 (37.5)		1 (12.5)				8 (33.3)	
Ganas de defecar	1 (12.5)	2 (25)							3 (12.5)	
Náuseas		2 (25)	1 (12.5)						3 (12.5)	
Eructos	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)		2 (25)	1 (12.5)			13 (54.2)	
Regurgitación/reflujo		2 (25)	2 (25)		1 (12.5)				5 (20.8)	
Acidez		1 (12.5)	1 (12.5)						2 (8.3)	
Mareos/dolor de cabeza		2 (25)	1 (12.5)	1 (12.5)			1 (12.5)	1 (12.5)	6 (25)	
Total	No. casos	11	19	15	2	7	5	4	2	65

Nota: Síntomas ligeros puntuación ≤ 3 ; moderados 4-6; intensos ≥ 7 . La columna del EC para síntomas intensos se omitió porque no hubo casos. EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave.

En la tabla 9 se muestra el análisis de inferencia basada en la magnitud para los MGI de mayor incidencia. Durante el periodo submáximo, al comparar el GEC con el EC, se encontró que la plenitud estomacal “muy probablemente” fue mayor y los gases/flatulencias “probablemente” fueron mayores. Al contrastar los efectos del SJA respecto al EC solo la plenitud estomacal fue “probablemente” mayor. Entre el

GEC y el SJA se encontró que la plenitud estomacal y los gases/flatulencias “probablemente” fueron menores con este último.

Durante la prueba contrarreloj la plenitud estomacal y los gases/flatulencias “muy probablemente” fueron mayores con el GEC respecto al EC y la inflamación “probablemente” fue mayor. Entre el EC y el SJA únicamente los gases/flatulencias “probablemente” fueron mayores con el tratamiento. Por último, en la comparación entre el GEC y el SJA solo hubo un efecto claro en la plenitud estomacal, la cual fue “probablemente” menor con el SJA. En los demás síntomas evaluados no hubo un efecto claro entre las 3 evaluaciones.

7.7 Aceptación sensorial de los tratamientos

En cuanto a la evaluación de dulzura, el SJA fue considerado ligeramente más dulce que el GEC, sin diferencias significativas ($p = 0.309$), siendo ambos tratamientos considerados como moderadamente dulces. Por otro lado, el sabor del GEC obtuvo un puntaje más alto pero las diferencias no fueron significativas ($p = 0.176$), con ambos tratamientos calificados como ligeramente agradables (ver figura 7).

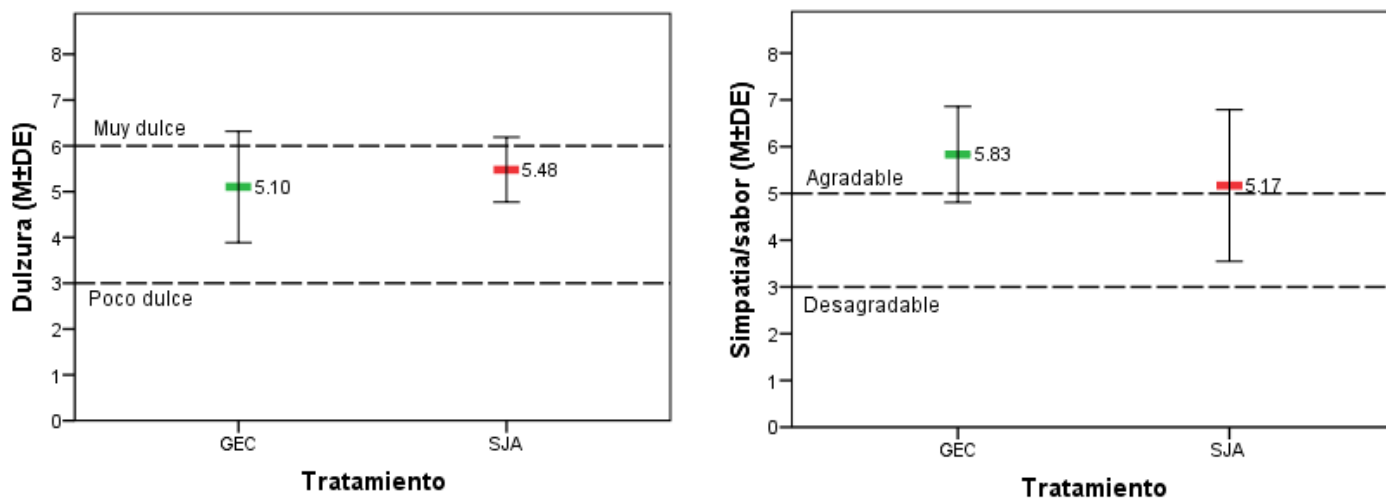


Figura 7. Percepción de dulzura y simpatía con el sabor de los tratamientos.

Nota: Dulzura (0 = nada dulce, 8 = insoportablemente dulce); Simpatía con el sabor (0=incomible, 8=muy, muy agradable). GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave. Prueba *t* de Student para muestras relacionadas.

Tabla 9. Estadísticas inferenciales para los malestares gastrointestinales.

	Tratamiento			<i>p</i>	Diferencia expresada como Cohen (IC 90%)	Probabilidad de que el efecto real sea: mayor/trivial/ menor	Interpretación
	EC M ± DE	GEC M ± DE	SJA M ± DE				
Periodo submáximo							
Plenitud estomacal	1.38 ± 0.52	2.38 ± 1.85		.049	1.45 (0.29, 2.61)	96%/ 2%/ 2%	Muy probablemente mayor
	1.38 ± 0.52		1.88 ± 1.13	.044	0.85 (0.19, 1.50)	95%/ 4%/ 1%	Probablemente mayor
		2.38 ± 1.85	1.88 ± 1.13	.095	-0.60 (-1.20, -0.01)	2%/ 10%/ 88%	Probablemente menor
Inflamación	1.50 ± 1.77	1.25 ± 1.58		.572	-0.15 (-0.64, 0.34)	11%/ 46%/ 43%	Poco claro
	1.50 ± 1.77		1.38 ± 1.41	1		50%/0%/50%	Poco claro
		1.25 ± 1.58	1.38 ± 1.41	.705	0.15 (-0.58, 0.89)	45%/ 35%/ 20%	Poco claro
Gases/ Flatulencias	0.50 ± 0.76	1.13 ± 1.13		.121	0.64 (-0.05, 1.33)	87%/ 11%/ 3%	Probablemente mayor
	0.50 ± 0.76		0.75 ± 1.39	.756	0.06 (-0.30, 0.43)	25%/ 64%/ 11%	Poco claro
		1.13 ± 1.13	0.75 ± 1.39	.149	-0.58 (-1.26, 0.10)	3%/ 13%/ 84%	Probablemente menor
Ganas de defecar	0.75 ± 1.04	1.13 ± 2.80		.519	-0.41 (-1.57, 0.74)	17%/ 19%/ 63%	Poco claro
	0.75 ± 1.04		1.25 ± 2.82	.482	-0.36 (-1.28, 0.56)	14%/ 23%/ 62%	Poco claro
		1.13 ± 2.80	1.25 ± 2.82	.887	0.05 (-0.64, 0.74)	35%/ 40%/ 25%	Poco claro
Eructos	1.13 ± 1.13	1.50 ± 1.41		.475	0.23 (-0.35, 0.80)	54%/ 36%/ 10%	Poco claro
	1.13 ± 1.13		1.63 ± 1.92	.613	0.16 (-0.42, 0.75)	45%/ 41%/ 14%	Poco claro
		1.50 ± 1.41	1.63 ± 1.92	.826	-0.07 (-0.61, 0.48)	19%/ 48%/ 33%	Poco claro
Prueba contrarreloj							
Plenitud estomacal	0.5 ± 1.07	3.25 ± 2.92		.047	1.42 (0.30, 2.55)	96%/ 2%/ 1%	Muy probablemente mayor
	0.5 ± 1.07		1.88 ± 2.90	.249	0.66 (-0.34, 1.65)	79%/ 13%/ 7%	Poco claro
		3.25 ± 2.92	1.88 ± 2.90	.116	-0.77 (-1.58, 0.04)	3%/ 8%/ 89%	Probablemente menor
Inflamación	0.63 ± 1.41	1.38 ± 2.50		.227	0.32 (-0.14, 0.78)	68%/ 28%/ 3%	Probablemente mayor
	0.63 ± 1.41		1.13 ± 2.10	.870	0.07 (-0.74, 0.89)	39%/ 34%/ 27%	Poco claro
		1.38 ± 2.50	1.13 ± 2.10	.429	-0.25 (-0.80, 0.31)	9%/ 35%/ 56%	Poco claro
Gases/ Flatulencias	0.25 ± 0.71	1.13 ± 1.46		.052	1.12 (0.21, 2.03)	95%/ 3%/ 1%	Muy probablemente mayor
	0.25 ± 0.71		0.75 ± 1.16	.176	0.75 (-0.19, 1.69)	85%/ 10%/ 5%	Probablemente mayor
		1.13 ± 1.46	0.75 ± 1.16	.303	-0.37 (-1.01, 0.26)	7%/ 25%/ 69%	Poco claro
Eructos	0.88 ± 1.13	2.00 ± 2.20		.286	0.54 (-0.34, 1.42)	75%/ 17%/ 8%	Poco claro
	0.88 ± 1.13		1.25 ± 1.58	.641	0.16 (-0.47, 0.80)	46%/ 39%/ 16%	Poco claro
		2.00 ± 2.20	1.25 ± 1.58	.305	-0.37 (-1.02, 0.27)	7%/ 24%/ 69%	Poco claro

Nota: Las medias se muestran previo a la transformación en rangos percentiles. Las probabilidades de que el efecto sea mayor, trivial o menor se basan en el tamaño de efecto Cohen (± 0.2). Si las posibilidades de efectos mayores y menores fueron ambas > 5%, el efecto se consideró poco claro. EC, ensayo control; GEC, gel energético comercial; SJA, suplemento de jarabe de agave.

8. DISCUSIÓN

Varios estudios han comparado la efectividad de diferentes dosis y combinaciones de HCO en el rendimiento en deportes de larga duración (> 2 h) (52,53,56,103), pero ningún estudio ha comparado dos tratamientos de composición similar con HCO provenientes de diferentes fuentes. En este estudio se comprobó la efectividad de un suplemento elaborado con jarabe de agave, mostrando resultados similares a los obtenidos con un GEC en la mejora del rendimiento en una prueba contrarreloj de 6.5 km después de 2 h de carrera submáxima, además de disminuir la incidencia de MGI y el grado de plenitud estomacal y gases/flatulencias respecto a este. Estos resultados deben interpretarse dentro del contexto del diseño de estudio y considerando las altas tasas de suministro de HCO (GEC ~ 76.03 g/h; SJA ~ 95.47 g/h).

A pesar de que no se cumplió la hipótesis planteada de que el SJA mejoraría el rendimiento al menos 6.5% respecto al EC, se observó un efecto “probablemente” beneficioso. Si bien las tasas de suministro de HCO difirieron significativamente entre los tratamientos ($p < 0.001$), debido en parte a las diferencias en los residuos causadas por una mayor densidad del GEC, se ha visto que el aumento del consumo de HCO más allá de 78 g/h no produce ninguna mejora adicional en el rendimiento (104), permitiendo la comparación entre los tratamientos. En este sentido Stocks et al. (103) al comparar tasas altas de ingestión de MTC (~ 144 g/h) contra tasas moderadas (~ 72 g/h) no observaron diferencias en el tiempo de finalización de una prueba de 30 km contrarreloj de técnica clásica de esquí de duración superior a 2 h.

Por otro lado, King et al. (59) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de una prueba contrarreloj de 30 min (posterior a un periodo submáximo de 3 h) entre tres ensayos con tasas de ingestión de MTC similares a las de este estudio (80 g/h, 90 g/h y 100 g/h), sin embargo, sus cálculos de inferencia basada en la magnitud indicaron un beneficio “probable” en la potencia de salida con tasas

de 90 g/h (228 ± 37 W) respecto a las otras dos condiciones experimentales (219 ± 32 W y 212 ± 48 W, para 80 g/h y 100 g/h respectivamente), pero mencionan que su interpretación debe tomarse con cautela.

Aunque es difícil comparar los datos entre investigaciones debido a las diferencias en los tipos de pruebas de rendimiento y formatos de suministro de HCO, nuestros resultados son consistentes con los hallazgos de otros autores que informan que la ingestión de HCO durante el ejercicio prolongado mejora el rendimiento (52,56–59).

El porcentaje de mejora en el tiempo de rendimiento fue de 5.25% y 4.48%, para el GEC y el SJA respecto al EC, resultados similares a los encontrados por Baur et al. (56) quienes obtuvieron una mejora de 4.73% ($p > 0.05$) en una prueba contrarreloj de 30 km (después de 2 h de ciclismo de carga constante) y a los de McGawley et al. (58) que reportaron una mejora del 4% ($p < 0.05$) en una prueba contrarreloj de 10 km de carrera (posterior a 1500 m de nado y 40 km en bicicleta) con bebidas de glucosa y fructosa (2:1) en comparación con bebidas placebo.

En contraste, Roberts et al. (52) reportaron una mejora del 6.5% ($p < 0.05$) en el tiempo de finalización de una prueba contrarreloj de 60km (con un periodo submáximo previo de 2.5 h) en ciclistas al utilizar una bebida con maltodextrina y fructosa (2:1) respecto a una bebida placebo endulzada con aspartame, sin embargo, a diferencia de los estudios citados anteriormente donde las evaluaciones se realizaron en estado postprandial, durante sus ensayos los sujetos se presentaron al laboratorio con un ayuno de 12 h, lo cual podría explicar el mayor efecto de tratamiento, ya que los ayunos prolongados (10-12 h) reducen las reservas de glucógeno, y esta bien documentado que los efectos de la alimentación con HCO sobre el rendimiento del ejercicio son más pronunciados cuando el ejercicio se inicia con una baja disponibilidad de glucógeno muscular (105,106)

Por otro lado, Currell & Jeukendrup (57) obtuvieron una mejora del 19% en una prueba contrarreloj de ~ 1 h (después de 2 h de ciclismo constante) con una bebida

de glucosa y fructosa (2:1) respecto a una bebida placebo, sin embargo, no mencionan el estado de alimentación de los sujetos, ni si dieron indicaciones de alimentación y ejercicio previo a las evaluaciones.

Las disparidades entre los estudios también pueden haber sido influenciadas por las diferencias en los protocolos de ejercicio. Por ejemplo, la duración total del ejercicio en los estudios de Roberts et al. (52) (> 4 h) y Currell y Jeukendrup (57) (~ 3 h) fueron mayores que las del presente estudio (~ 2.5 h). Hipotéticamente, el aumento en la duración y/o intensidad del ejercicio podría afectar el estado metabólico en mayor medida, lo que podría aumentar los posibles efectos ergogénicos de la ingestión de HCO durante el ejercicio.

Del mismo modo, las diferencias en las características de los sujetos entre los estudios (p. Ej., estado de entrenamiento, familiarización con los protocolos de ejercicio, etc.) pueden influir en la variabilidad dentro y entre los sujetos, lo que podría alterar la magnitud de los efectos del tratamiento entre los estudios (56). Las comparaciones con otros estudios realizados con corredores no son posibles debido a que los pocos estudios existentes no han realizado un EC con placebo en sus evaluaciones y/o la duración del ejercicio es menor a 2 h (53,68,107).

Las mejoras en el rendimiento con el consumo de HCO durante el ejercicio se han atribuido principalmente al mantenimiento de la glucosa sanguínea, mayores tasas de oxidación de HCO y a la conservación de las reservas de glucógeno del hígado y posiblemente del músculo esquelético (11,59). Además, la coingestión de polímeros de glucosa y fructosa puede aumentar aún más la oxidación total de HCO a través del metabolismo del lactato (49). Si bien en este estudio las mediciones necesarias para evaluar los efectos de los tratamientos en el metabolismo y la contribución a las tasas de oxidación de HCO no se incluyeron, si se observaron concentraciones mayores de glucosa y pequeños aumentos de lactato en sangre respecto al EC después del consumo de HCO, lo que puede haber llevado a un

aumento directo en la tasa de oxidación de HCO por parte de los músculos y explicar el tiempo de ejecución mejorado de 6.5 km con ambos tratamientos respecto al EC.

La glucosa en sangre fue mayor durante todo el protocolo con ambos tratamientos respecto al EC, con una media durante el periodo submáximo de 93.93 ± 10.69 mg/dl, 94.84 ± 5.70 mg/dl y 82.79 ± 9.79 mg/dl para el GEC, el SJA y el EC respectivamente ($p = 0.001$). Lo cual es consistente con estudios de diseño similar que han comparado el consumo de MTC con un placebo (52,56–59). Sin embargo, la glicemia al finalizar la prueba contrarreloj no difirió significativamente entre las tres condiciones de prueba (EC = 82.13 ± 15.13 mg/dl; GEC = 96.13 ± 16.81 ; SJA = 96.75 ± 14.68 ; $p = 0.202$), debido posiblemente a la mayor contribución del metabolismo anaeróbico para el suministro de energía.

Respecto a la evaluación de las concentraciones de lactato en sangre no se encontraron diferencias significativas en la media entre el EC, el GEC y el SJA durante el periodo submáximo (4.37 ± 0.81 mmol/L vs. 4.17 ± 0.86 mmol/L vs. 5.07 ± 1.10 mmol/L, respectivamente; $p = 0.183$), ni al finalizar la prueba contrarreloj (7.17 ± 4.33 , 11.47 ± 2.75 y 11.40 ± 4.49 , respectivamente; $p = 0.187$), sin embargo, aunque las diferencias no fueron significativas se observa una tendencia de niveles mayores de lactato con ambos tratamientos respecto al EC. Otros estudios han encontrado un aumento en las concentraciones de lactato al utilizar un tratamiento de MTC (56–58), lo cual puede atribuirse al metabolismo de la fructosa, que en el hígado a través de la fructoquinasa es transformada en fructosa-1-fosfato, y está a su vez, a través de la aldolasa B se convierte en triosas-fosfato que posteriormente se transforman en piruvato y finalmente en lactato que es liberado a la circulación sistémica (49,108).

En cuanto a la FC, al igual que en otros estudios en los que se comparó un tratamiento de MTC con un placebo (52,56,58,60), esta no varió entre las tres condiciones durante el periodo submáximo ($p = 0.336$), pero los valores fueron menores durante la prueba contrarreloj en el EC (158.75 ± 7.28 ppm) respecto al

GEC (169.90 ± 11.34 ppm, $p=0.004$) y el SJA (168.45 ± 9.17 ppm, $p = 0.029$). Una explicación a los valores más bajos de FC alcanzada en el EC durante la prueba contrarreloj puede ser el agotamiento de las reservas de glucógeno durante la fase submáxima de la evaluación, lo cual conduce a una disminución reversible de la capacidad de generación de fuerza y tasa de contracción del musculo, imposibilitando a los sujetos a mantener mayores intensidades de ejercicio (27).

La incidencia total de MGI durante el periodo submáximo fue similar entre las 3 condiciones (EC = 27 casos; GEC = 32 casos; SJA = 26 casos). Por otro lado, durante la prueba contrarreloj la incidencia total fue menor en el EC (13 casos) respecto al GEC (30 casos) y el SJA (22 casos), lo que representa 130.7% y 69.2% más riesgo de presentar MGI respecto al EC, y un 26.7% menos riesgo con el SJA en comparación al GEC.

En cuanto a la severidad de los síntomas, se observaron algunos posibles efectos negativos en la plenitud estomacal, gases/flatulencias e inflamación con el GEC respecto al EC. De igual forma, el SJA mostró posibles efectos negativos en la plenitud estomacal y en los gases/flatulencias respecto al EC. Por otro lado, hubo una posible disminución en la severidad de la plenitud estomacal y los gases/flatulencias con el SJA respecto al GEC.

Los MGI experimentados al correr se han atribuido a las sacudidas mecánicas involucradas en la carrera y a la disminución del flujo sanguíneo en el tracto gastrointestinal durante el ejercicio, lo cual puede afectar la absorción pasiva y activa de HCO y el suministro a la circulación sistémica (107), lo que explica el aumento en la incidencia y severidad de MGI con el consumo de ambos tratamientos de HCO. Así mismo, la intensidad del ejercicio juega un papel en la disminución del flujo sanguíneo al tracto gastrointestinal (107), a lo que se podría atribuir que en el periodo submáximo de la evaluación, la incidencia de MGI fue similar en las 3 condiciones, mientras que en la prueba contrarreloj la incidencia fue mayor con ambos tratamientos respecto al EC.

La incidencia de MGI severos fue baja con ambos tratamientos a pesar de las altas tasas de suministro de HCO. Una posible explicación a esto es que los sujetos evaluados exhibieran adaptaciones a un alto consumo de HCO en la dieta y tuvieran una mayor capacidad para absorber HCO, ya que se ha visto que una dieta alta en HCO puede aumentar la densidad y actividad de los transportadores de glucosa (SGLT1) en el intestino, permitiendo una mayor absorción y oxidación de HCO durante el ejercicio (109). Sin embargo, cabe mencionar que 1 sujeto presentó urgencia de defecar con ambos tratamientos durante el periodo submáximo, aun cuando antes de iniciar la evaluación había evacuado, lo cual no ocurrió en el EC, por lo que se puede especular que la tolerancia a los HCO de este sujeto era baja.

Otro factor a considerar en las causas de los MGI son las tasas de ingesta de HCO. Stocks, Betts y McGawley (103) encontraron un efecto significativo de la tasa de ingesta de HCO sobre los MGI ($p < 0.05$). Sin embargo, a pesar de la mayor tasa de suministro de HCO con el SJA respecto al GEC (~ 95.47 g/h vs. ~ 76.03 g/h; $p < 0.001$), se observó una menor incidencia de MGI y una posible disminución en la severidad de los gases/flatulencias y la plenitud estomacal, por lo que los efectos podrían estar mediados por otros compuestos presentes en los tratamientos. Por ejemplo, se ha observado que la absorción intestinal de goma gellan presente en el GEC es limitada y que esta es mayormente excretada por las heces (110), por lo que la acumulación en el tracto gastrointestinal podría influir en los MGI. Por otro lado, los flavonoides y saponinas presentes en el SJA también pueden afectar la absorción intestinal de glucosa (111,112). Sin embargo, se debe considerar que las cantidades exactas de estos compuestos en los tratamientos son desconocidas.

Por otro lado, a pesar de que el consumo *ad libitum* de líquidos fue mayor en el EC (592.87 ± 237.30 ml) respecto al GEC (498.06 ± 243.01 ml) y el SJA (476.20 ± 232.01 ml; $p = 0.018$), la plenitud estomacal fue posiblemente menor en el EC (1.38 ± 0.52 vs. 2.38 ± 1.85 vs. 1.88 ± 1.13 , respectivamente). Si bien la absorción de líquidos no fue evaluada en este estudio, Roberts et al. (52) mostraron una mayor absorción de líquidos con una bebida placebo respecto a una bebida de

maltodextrina y fructosa, lo que podría explicar la mayor plenitud estomacal observada con los tratamientos aun cuando el consumo de líquidos fue menor.

Al igual que en otros estudios (52,56–58), no se observaron diferencias en las calificaciones de esfuerzo percibido entre las distintas condiciones, aun cuando la intensidad alcanzada en la prueba contrarreloj fue mayor con ambos tratamientos respecto al EC, lo que confirma la capacidad de los HCO exógenos para reducir la percepción del esfuerzo durante la carrera de larga duración.

Finalmente, dado que el objetivo final de la investigación en nutrición deportiva es traducir las innovaciones a la práctica en el campo deportivo (105), es importante considerar las preferencias de los participantes para elegir un tratamiento. Si bien no hubo diferencias significativas en la evaluación de dulzura y simpatía con el sabor entre ambos tratamientos de HCO, el SJA fue calificado ligeramente más dulce y tuvo una menor simpatía. A pesar de esto, dado que el SJA mostró resultados similares en la mejora del rendimiento respecto al GC, además de una disminución probable de los MGI, este estudio proporciona pautas para seguir investigando los efectos de los HCO provenientes del jarabe de agave como alternativa a la ingesta de azúcares refinados presentes en productos comerciales.

Vale la pena señalar que la mayoría de los estudios recientes han demostrado los efectos del consumo de MTC en el rendimiento con pruebas en ciclistas (9). Sin embargo, el efecto de la ingesta de MTC durante la carrera de larga duración ha recibido muy poca atención de investigación a pesar de ser un deporte altamente practicado, lo cual es relevante dadas las diferencias fisiológicas entre el ciclismo y la carrera. Por lo que los resultados de este estudio se suman a la evidencia del efecto del consumo de MTC en la carrera de larga duración. Además, la mayoría de los estudios han utilizado bebidas como fuente de HCO, limitando la evidencia principalmente a ese formato de suministro y obligando a los sujetos a consumir cantidades predeterminadas de líquido, por lo que un punto fuerte de este estudio es el consumo *ad libitum* de líquidos, que recrea mejor las condiciones reales

durante una competencia. Si bien la ingesta de líquidos resultó significativamente mayor en el EC (lo cual podría atribuirse a la falta de tratamiento placebo en esa condición, siendo la bebida el único estímulo durante el ensayo), no se observaron diferencias en el porcentaje de pérdida de peso, además, se ha observado anteriormente que la ingesta de líquidos autoseleccionada no afecta el rendimiento de carrera (68).

De igual forma, se deben reconocer las limitaciones. No se realizó una prueba de familiarización, principalmente porque la carga de los participantes se habría incrementado a cuatro ensayos, y dado que la población de estudio se encontraba en edad económicamente activa, el reclutamiento y retenimiento de sujetos hubiera sido aún más complicado. Hubo una alta tasa de deserción (38.5%), ya que el tiempo que destinaban los sujetos a las evaluaciones se contraponía con sus actividades laborales. Otra limitación es la falta de datos sobre las tasas de vaciado gástrico y oxidación de HCO exógenos, lo cual fue imposible realizar por falta de equipos y materiales necesarios. Así mismo, nos limitamos a la evaluación de glucosa y lactato (este último parcialmente) y no pudimos evaluar otros metabolitos. Por último, forzamos a los participantes a consumir la cantidad de HCO establecida independientemente de sus preferencias, en este sentido, los deportistas que experimentan MGI a menudo ajustan la ingesta para mitigar los síntomas (53).

9. CONCLUSIONES

- a) La mejora del rendimiento fue de 4.48% con el SJA y del 5.25% con el GEC respecto al EC, sin diferencias entre tratamientos.
- b) No se encontraron diferencias significativas en la FC, glucosa y lactato entre el SJA y el GEC.
- c) La incidencia de MGI fue menor con el SJA respecto al GEC.
- d) Se observó una disminución de la severidad de la plenitud estomacal y gases/flatulencias con el SJA respecto al GEC.
- e) No hubo diferencias significativas en la evaluación de dulzura y simpatía con el sabor entre ambos tratamientos de HCO.

10. PERSPECTIVAS

La utilización de jarabe de agave en la formulación de suplementos de HCO mostró ser una opción viable para mejorar el rendimiento, mantener las concentraciones de glucosa y disminuir los MGI. Sin embargo, los mecanismos que modularon la menor incidencia y grado de MGI aún quedan por dilucidarse.

Cabe mencionar que estos resultados aplican a una población de corredores de fondo de nivel recreativo, y dado que la eficacia de cualquier intervención nutricional particular debe investigarse en la población específica para la cual se destinará en la práctica (105), se justifican estudios adicionales de los efectos ergogénicos del jarabe de agave en corredores de mayor nivel, así como la inclusión de mujeres y otros grupos de edad.

Además, los resultados de este estudio se limitan a la suplementación aguda con HCO durante el ejercicio, por lo que se desconocen los efectos que pudiera tener el consumo habitual de jarabe de agave en deportistas, lo cual sería relevante conocer dado las biomoléculas funcionales presentes en este.

11. REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Módulo de práctica deportiva y ejercicio físico 2013: MOPRADEF: Diseño conceptual/ Insituto Nacional de Estadística y Geografía. México; 2013.
2. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci.* 2011;29(1):91–9.
3. Run México. Reporte anual | 2018 Las carreras en México: Datos, números y estadísticas. México; 2019.
4. Ogueta-Alday A, García-López J. Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. *Rev Int Cienc Deporte.* 2016;45(12):278–308.
5. Zuñiga V, Trujillo I, Argüelles A, Bahamondes VV, Maureira F. Motivos para participar en competiciones de resistencia en corredores urbanos de Chile. *Cuad Psicol del Deport.* 2014;14(2):145–50.
6. Salgado JV, Lollo PC, Amaya-Farfan J, Chacon-Mikahil MP. Dietary supplement usage and motivation in Brazilian road runners. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(1):41.
7. Abadía S, Medina FX, Sánchez R, Bantulà J, Fornons D, Bastida N, et al. Entre el boom atlético y la cooperación social. Las carreras solidarias y el ejemplo de la Trailwalker España 2013. *Península.* 2014;9(1):105–23.
8. Association of International Marathons and Distance Races. World's Largest Marathons [Internet]. 2018 [citado el 5 de agosto de 2018]. Disponible en: http://aims-worldrunning.org/statistics/worlds_largest_marathons.html#2017
9. Wilson PB. Multiple transportable carbohydrates during exercise: current limitations and directions for future research. *J Strength Cond Res.* 2015;29(7):2056–70.
10. Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic Biol Med.* 2016;98:144–58.
11. Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, Taylor L, Nelson MT, Greenwood M,

- et al. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):1.
12. Ormsbee M, Bach C, Baur D. Pre-exercise nutrition: The role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. *Nutrients.* el 29 de abril de 2014;6(5):1782–808.
 13. Zhang X, O’Kennedy N, Morton JP. Extreme variation of nutritional composition and osmolality of commercially available carbohydrate energy gels. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* octubre de 2015;25(5):504–9.
 14. St-pierre P, Pilon G, Dumais V, Dion C, Dubois M, Dubé P, et al. Comparative analysis of maple syrup to other natural sweeteners and evaluation of their metabolic responses in healthy rats. *J Funct Foods.* 2014;11:460–71.
 15. Cerda KL. Evaluación del contenido de fenólicos, actividad antioxidante y efectos antidiabéticos de extractos de jarabes de agave (*A. atrovirens* Karw) [Tesis de maestría]. Tecnológico de Monterrey; 2011.
 16. Hooshmand S, Holloway B, Nemoseck T, Cole S, Petrisko Y, Hong MY, et al. Effects of agave nectar versus sucrose on weight gain, adiposity, blood glucose, insulin, and lipid responses in mice. *J Med Food.* 2014;17(9):1017–21.
 17. López-Romero JC, Ayala-Zavala JF, González-Aguilar GA, Peña-Ramos EA, González-Ríos H. Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *Sci Food Agric.* 2018;98(7):2461–74.
 18. Currell K, Jeukendrup AE. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sport Med.* 2008;38(4):297–316.
 19. Handelsman DJ. Performance Enhancing Hormone Doping in Sport. En: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, Chrousos G, Dungan K, Grossman A, et al., editores. *Endotext.* South Dartmouth, MA: MDTText.com, Inc; 2020. p. 441–54.
 20. Stevens CJ, Dascombe BJ. The reliability and validity of protocols for the assessment of endurance sports performance: an updated review. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2015;19(4):177–85.

21. Ogueta-Alday A, Morante JC, Rodríguez JA, Villa JG, García-López J. Factores que afectan a la economía de carrera en corredores de fondo y medio fondo. En: Martínez I, Cayero R, Calleja J, editores. Investigación e innovación en el deporte. 1a ed. Badalona, España: Editorial Paidotribo; 2012. p. 669–74.
22. Foster C, Lucia A. Running economy: the forgotten factor in elite performance. *Sport Med.* 2007;37(4–5):316–9.
23. Silva WA, Lira CAB De, Vancini RL. Hip muscular strength balance is associated with running economy in recreationally-trained endurance runners. 2018;1–18.
24. Burke LM, Jeukendrup AE, Jones AM, Mooses M. Contemporary nutrition strategies to optimize performance in distance runners and race walkers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(2):117–29.
25. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 10a ed. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M, editores. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health; 2018.
26. Nikooie R, Gharakhanlo R, Rajabi H, Bahraminegad M, Ghafari A. Noninvasive determination of anaerobic threshold by monitoring the %SpO2 changes and respiratory gas exchange. *J Strength Cond Res.* octubre de 2009;23(7):2107–13.
27. Black MI, Jones AM, Blackwell JR, Bailey SJ, Wylie LJ, McDonagh STJ, et al. Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. *J Appl Physiol.* 2017;122(3):446–59.
28. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sport Med.* 2004;34(7):465–85.
29. Li F, Newton RU, Shi Y, Sutton D, Ding H. Correlation of eccentric strength, reactive strength, and leg stiffness with running economy in well-trained distance runners. *J Strength Cond Res.* 2019;00(00):1–9.
30. Harber M, Trappe S. Single muscle fiber contractile properties of young competitive distance runners. *J Appl Physiol.* 2008;105(2):629–36.

31. Skovgaard C, Christiansen D, Christensen PM, Almquist NW, Thomassen M, Bangsbo J. Effect of speed endurance training and reduced training volume on running economy and single muscle fiber adaptations in trained runners. *Physiol Rep.* 2018;6(3):e13601.
32. Bean A. *The complete guide to sports nutrition.* 8a ed. London, UK: Bloomsbury Publishing; 2017. 379 p.
33. Hunter SK, Stevens AA. Sex differences in marathon running with advanced age: physiology or participation? *Med Sci Sport Exerc.* 2013;45(1):148–56.
34. Wilber RL, Pitsiladis YP. Kenyan and ethiopian distance runners: what makes them so good? *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7(2):92–102.
35. Knechtle B, Nikolaidis PT, Onywera VO, Zingg MA, Rosemann T, Rüst CA. Male and female Ethiopian and Kenyan runners are the fastest and the youngest in both half and full marathon. *Springer Plus.* 2016;5(1):1–33.
36. Kulmala J-P, Kosonen J, Nurminen J, Avela J. Running in highly cushioned shoes increases leg stiffness and amplifies impact loading. *Sci Rep.* 2018;8(1):1–7.
37. Baxter C, Mc Naughton LR, Sparks A, Norton L, Bentley D. Impact of stretching on the performance and injury risk of long-distance runners. *Res Sport Med.* 2016;25(1):78–90.
38. Pizzuto F, Fonseca C, Amorim TS, Rago V, Silva G, Oliveira J. Relationship between running economy and kinematic parameters in long-distance runners. *J Strength Cond Res.* 2019;33(7):1921–8.
39. Vihma T. Effects of weather on the performance of marathon runners. *Int J Biometeorol.* 2009;54(3):297–306.
40. Montain SJ, Ely MR, Chevront SN. Marathon performance in thermally stressing conditions. *Sport Med.* 2007;37(4):320–3.
41. Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. *Adv Physiol Educ.* 2015;39:139–48.
42. Ely MR, Chevront SN, Roberts WO, Montain SJ. Impact of weather on marathon-running performance. *Med Sci Sport Exerc.* 2007;39(3):487–93.

43. Bonet JB, Magalhães J, Viscor G, Pagès T, Javierre C, Torrella JR. High-intensity interval versus moderate-intensity continuous half-marathon training programme for middle-aged women. *Eur J Appl Physiol*. 2020;
44. Rønnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sport*. 2014;24:603–12.
45. Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. Nutrición para el entrenamiento y la competición. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2012;23(3):253–61.
46. Kellett GL, Brot-Laroche E, Mace OJ, Leturque A. Sugar absorption in the intestine: the role of GLUT2. *Annu Rev Nutr*. 2008;28(1):35–54.
47. Jeukendrup AE. Multiple transportable carbohydrates and their benefits. *Sport Sci Exch*. 2013;26(108):1–5.
48. Peniche C. Hidratos de carbono. En: de León J, García NL, editores. *Nutrición aplicada al deporte*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Educación; 2011. p. 13–37.
49. Tappy L, Rosset R. Fructose metabolism from a functional perspective: implications for athletes. *Sport Med*. 2017;47(1):23–32.
50. O'Brien WJ, Rowlands DS. Fructose-maltodextrin ratio in a carbohydrate-electrolyte solution differentially affects exogenous carbohydrate oxidation rate, gut comfort, and performance. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2011;300(1):G181–G189.
51. Stellingwerff T, Cox GR. Systematic review: Carbohydrate supplementation on exercise performance or capacity of varying durations. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;39(9):998–1011.
52. Roberts JD, Tarpey MD, Kass LS, Tarpey RJ, Roberts MG. Assessing a commercially available sports drink on exogenous carbohydrate oxidation, fluid delivery and sustained exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(1):8.
53. Wilson PB, Ingraham SJ. Glucose-fructose likely improves gastrointestinal comfort and endurance running performance relative to glucose-only. *Scand J Med Sci Sport*. 2015;25(6):e613–20.

54. Sareban M, Zügel D, Koehler K, Hartveg P, Zügel M. Carbohydrate intake in form of gel is associated with increased gastrointestinal distress but not with performance differences compared with liquid carbohydrate ingestion during simulated long-distance triathlon. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2016;26(2):114–22.
55. de Oliveira EP, Burini RC. Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. *Nutrients.* 2014;6(10):4191–9.
56. Baur DA, Schroer AB, Luden ND, Womack CJ, Smyth SA, Saunders MJ. Glucose–fructose enhances performance versus isocaloric, but not moderate, glucose. *Med Sci Sport Exerc.* 2014;46(9):1778–86.
57. Currell K, Jeukendrup AE. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sport Exerc.* 2008;40(2):275–81.
58. McGawley K, Shannon O, Betts J. Ingesting a high-dose carbohydrate solution during the cycle section of a simulated Olympic-distance triathlon improves subsequent run performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012;37(1):664–71.
59. King AJ, O'Hara JP, Arjomandkhah NC, Rowe J, Morrison DJ, Preston T, et al. Liver and muscle glycogen oxidation and performance with dose variation of glucose–fructose ingestion during prolonged (3 h) exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2019;119(5):1157–1169.
60. Salvador AF, McKenna CF, Alamilla RA, Cloud RMT, Keeble AR, Miltko A, et al. Potato ingestion is as effective as carbohydrate gels to support prolonged cycling performance. *J Appl Physiol.* 2019;127:1651–1659.
61. Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sport Med.* 2014;44(1):25–33.
62. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Marco jurídico para suplementos alimenticios. México; 2016.
63. Colls C, Gómez-Urquiza JL, Cañadas-De la Fuente GA, Fernández-Castillo R. Uso, efectos y conocimientos de los suplementos nutricionales para el deporte en estudiantes universitarios. *Nutr Hosp.* 2015;32(2):837–44.

64. Australian Institute of Sport. The AIS Sports Supplement Framework. 2019.
65. Guillochon M, Rowlands DS. Solid, gel, and liquid carbohydrate format effects on gut comfort and performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27(3):247–54.
66. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018;52(7):439–55.
67. Diamantini G, Pignotti S, Antonini E, Chiarabini A, Angelino D, Ninfali P. Assessment of antioxidant capacity of energy drinks, energy gels and sport drinks in comparison with coffee and tea. *Int J Food Sci Technol.* enero de 2015;50(1):240–8.
68. Lee M, Hammond K, Vasdev A, Poole K, Impey S, Close G, et al. Self-selecting fluid intake while maintaining high carbohydrate availability does not impair half-marathon performance. *Int J Sports Med.* el 21 de agosto de 2014;35(14):1216–22.
69. Solheim SA, Nordsborg NB, Ritz C, Berget J, Kristensen AH, Mørkeberg J. Use of nutritional supplements by Danish elite athletes and fitness customers. *Scand J Med Sci Sport.* 2016;27(8):801–808.
70. Ibrahim AT. Prevalence and frequency of supplement use and sports foods: a comparison between collegiate and high school endurance runners. California State University; 2019.
71. Santana M. Hábitos de consumo de suplementos de hidratos de carbono en corredores canarios: estudio de investigación cuantitativo. Universitat Oberta de Catalunya; 2018.
72. Hills SP, Mitchell P, Wells C, Russell M. Honey supplementation and exercise: a systematic review. *Nutrients.* el 12 de julio de 2019;11(7):1586.
73. Cruz H, Enríquez-del Valle JR, Velasco VA, Ruiz J, Campos GV, Aquino DE. Nutrimientos y carbohidratos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc. *Rev Mex Ciencias Agrícolas.* 2013;6:1161–73.
74. García-Herrera JE, Méndez-Gallegos de JS, Talavera-Magaña D. El genero

- agave spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Rev Salud Pública y Nutr.* 2010;5(73):109–29.
75. Velázquez-Martínez J, González-Cervantes R, Hernández-Gallegos M, Mendiola R, Aparicio A, Ocampo M. Prebiotic potential of agave angustifolia haw fructans with different degrees of polymerization. *Molecules.* el 19 de agosto de 2014;19(8):12660–75.
 76. Espíndola-Sotres V, Andrea T-MM, Adela L-VA, Ramírez-Ortíz ME. Estandarización del proceso de elaboración de jarabe a partir de aguamiel. *Investig y Desarro en Cienc y Tecnol Aliment.* 2018;3:515–21.
 77. Willems JL, Low NH. Major carbohydrate, polyol, and oligosaccharide profiles of agave syrup. Application of this data to authenticity analysis. *J Agric Food Chem.* el 5 de septiembre de 2012;60(35):8745–54.
 78. Velázquez IO, González-García G, Mellado-Mojica E, Veloz RA, Dzul JG, López MG, et al. Phytochemical profiles and classification of Agave syrups using ¹H-NMR and chemometrics. *Food Sci Nutr.* 2019;7(1):3–13.
 79. Singh SP, Singh J, Narnoliya LK, Pandey A. Prebiotic oligosaccharides: special focus on fructooligosaccharides, its biosynthesis and bioactivity. *Appl Biochem Biotechnol.* 2017;183:613–35.
 80. Peake JM, Neubauer O, Walsh NP, Simpson RJ. Recovery of the immune system after exercise. *J Appl Physiol.* el 1 de mayo de 2017;122(5):1077–87.
 81. Neubauer O, Reichhold S, Nics L, Hoelzl C, Valentini J, Stadlmayr B, et al. Antioxidant responses to an acute ultra-endurance exercise: impact on DNA stability and indications for an increased need for nutritive antioxidants in the early recovery phase. *Br J Nutr.* el 28 de octubre de 2010;104(8):1129–38.
 82. López-Romero JC, Ayala-Zavala JF, Peña-Ramos EA, Hernández J, González-Ríos H. Antioxidant and antimicrobial activity of Agave angustifolia extract on overall quality and shelf life of pork patties stored under refrigeration. *J Food Sci Technol.* 2018;55(11):4413–4423.
 83. Leal-Díaz AM, Noriega LG, Torre-Villalvazo I, Torres N, Alemán-Escondrillas G, López-Romero P, et al. Aguamiel concentrate from Agave salmiana and its

- extracted saponins attenuated obesity and hepatic steatosis and increased Akkermansia muciniphila in C57BL6 mice. *Sci Rep*. 2016;6:34242.
84. Harris JE, Raynor HA. Crossover designs in nutrition and dietetics research. *J Acad Nutr Diet*. 2017;117(7):1023–30.
 85. Adams R. Revised Physical Activity Readiness Questionnaire. *Can Fam Physician*. 1999;45:992.
 86. López-Alvarenga JC, Reyes-Díaz S, Castillo-Martínez L, Dávalos-Ibáñez A, González-Barranco J. Reproducibilidad y sensibilidad de un cuestionario de actividad física en población mexicana. *Salud Publica Mex*. 2001;43(4):306–12.
 87. Bull FC, Maslin TS, Armstrong T. Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ): Nine Country Reliability and Validity Study. *J Phys Act Heal*. noviembre de 2009;6(6):790–804.
 88. Thompson J, Manore MM. Predicted and measured resting metabolic rate of male and female endurance athletes. *J Am Diet Assoc*. enero de 1996;96(1):30–4.
 89. ten Haaf T, Weijs PJM. Resting energy expenditure prediction in recreational athletes of 18–35 Years: Confirmation of Cunningham equation and an improved weight-based alternative. Alemany M, editor. *PLoS One*. el 2 de octubre de 2014;9(10):e108460.
 90. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Tudor-Locke C, et al. 2011 Compendium of Physical Activities. *Med Sci Sport Exerc*. agosto de 2011;43(8):1575–81.
 91. Martínez-Sanz JM, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J. Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *Mot Eur J Hum Mov*. 2013;30:37–52.
 92. American College of Sports Medicine. Position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sport Exerc*. febrero de 2007;39(2):377–90.
 93. Salvador G, Serra L, Ribas-Barba L. ¿Qué y cuánto comemos? El método Recuerdo de 24 horas. *Rev Española Nutr Comunitaria*. 2015;21(1):42–4.

94. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153–6.
95. Manonelles P, Franco L, Naranjo J, Brotons D, Calabuig J, Calderón C, et al. Pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med del Deport.* 2016;33(1):5–83.
96. Perez AB, Palacios B, Castro AL, Flores I. Sistema mexicano de alimentos equivalentes. 4a ed. México: Fomento de Nutrición y Salud A.C., Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubiran, Ogali; 2014.
97. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc.* 1982;14(5):377–81.
98. Rowlands DS, Houltham SD. Multiple-transportable carbohydrate effect on long-distance triathlon performance. *Med Sci Sport Exerc.* 2017;49(8):1734–44.
99. Batterham AM, Hopkins WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006;1(1):50–7.
100. Hopkins WG. A Spreadsheet for Analysis of Straightforward Controlled Trials. *Sportscience.* 2003;7.
101. Hopkins WG. Spreadsheets for analysis of controlled trials, crossovers and time series. *Sportscience.* 2017;21(1):1–4.
102. Pauw K De, Roelands B, Cheung SS, de Geus B, Rietjens G, Meeusen R. Guidelines to classify subject groups in sport-science research. *Int J Sports Physiol Perform.* marzo de 2013;8(2):111–22.
103. Stocks B, Betts JA, McGawley K. Effects of carbohydrate dose and frequency on metabolism, gastrointestinal discomfort, and cross-country skiing performance. *Scand J Med Sci Sport.* 2016;26(9):1100–8.
104. Smith JW, Pascoe DD, Passe DH, Ruby BC, Stewart LK, Baker LB, et al. Curvilinear dose-response relationship of carbohydrate (0-120 g/h-1) and performance. *Med Sci Sport Exerc.* 2013;45(2):336–41.
105. Close GL, Kasper AM, Morton JP. From paper to podium: quantifying the

- translational potential of performance nutrition research. *Sport Med.* el 22 de febrero de 2019;49(S1):25–37.
106. Rollo I, Williams C. Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution before and during a 1-hour run in fed endurance-trained runners. *J Sports Sci.* 2010;28(6):593–601.
 107. Too BW, Cicai S, Hockett KR, Applegate E, Davis BA, Casazza GA. Natural versus commercial carbohydrate supplementation and endurance running performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:27.
 108. Gonzalez JT, Betts JA. Dietary sugars, exercise and hepatic carbohydrate metabolism. *Proc Nutr Soc.* 2019;78(2):246–56.
 109. Jeukendrup AE. Training the Gut for Athletes. *Sport Med.* 2017;47(s1):101–10.
 110. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Maged Y, Aggett P, Aguilar F, Crebelli R, Filipic M, et al. Re-evaluation of gellan gum (E 418) as food additive. *EFSA J.* 2018;16(6):e05296.
 111. Hanhineva K, Törrönen R, Bondia-Pons I, Pekkinen J, Kolehmainen M, Mykkänen H, et al. Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. *Int J Mol Sci.* el 31 de marzo de 2010;11(4):1365–402.
 112. Singh B, Singh JP, Singh N, Kaur A. Saponins in pulses and their health promoting activities: A review. Vol. 233, *Food Chemistry.* Elsevier Ltd; 2017. p. 540–9.

12. ANEXOS

Anexo 1. Carta de aprobación del comité de ética



HOSPITAL
Henri Dunant



Cuernavaca, Morelos; a 17 de junio de 2019

ASUNTO:

DICTAMEN DE EVALUACIÓN DE PROTOCOLO

L.N. RICARDO LÓPEZ SOLÍS
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN NUTRICIÓN
FACULTAD DE NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS (UAEM)
PRESENTE

Por este conducto hacemos de su conocimiento que el protocolo de investigación con título: **Uso de jarabe de agave como fuente de hidratos de carbono en el deporte de resistencia**, con nombre de archivo: "03_Protocolo extenso (2)", ha sido evaluado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Henri Dunant (CEI-HHD). Junto con el protocolo se revisaron también los siguientes documentos:

- 02_Resumen de protocolo
- 04_Consentimiento informado
- 05_Cronograma de actividades
- 06_Compromisos

Le informamos que después de una revisión minuciosa la decisión unánime del Dictamen es: **APROBADO**, con fecha de reunión el día 12 de junio de 2019.

A este documento, se anexan los requerimientos y observaciones hechos por los integrantes de este Comité.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

M. en C. Manuel Alejandro Martínez Nolasco
Presidente CEI-HH

C.c.p Archivo del Comité de Ética en Investigación

Anexo 2. Carteles empleados durante el periodo de reclutamiento



¿TE GUSTA CORRER?

¡TE INVITAMOS A CONOCER TU ESTADO FÍSICO Y DE SALUD!

Participa en un proyecto de investigación para probar un suplemento a base de jarabe de agave.



REQUISITOS

- Sexo masculino
- De 18 a 45 años de edad
- Capacidad para trotar/correr 2.5 horas.
- *Vivir en Cuernavaca o tener facilidad para asistir (5 veces).

INFORMES

Nutriólogo Ricardo López Solís
Teléfono: 📞 (045) 7151470132
Correo: nut.ricardo.lopez@gmail.com

Invita a tus amigos a participar!!

SIN COSTO

¿QUÉ VENTAJAS TENDRÁS POR PARTICIPAR?

- Medición de glucosa, triglicéridos, colesterol y presión arterial.
- Evaluación de tu condición aeróbica y zonas de entrenamiento.
- Composición corporal completa (porcentaje de grasa y músculo).
- Asesoría nutricional (con plan de alimentación).
- Y practicarás un esquema de suplementación para competencias.



FASES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Es importante si estas interesado en participar, saber que tendras que asistir al laboratorio **1 vez por semana durante un mes** (5 citas en total)

FASE 1 (Lugar: Facultad de Ciencias del Deporte, UAEM)



1. Medición de glucosa, colesterol y triglicéridos



2. Composición corporal con equipo de alta tecnología



3. Consulta de nutrición y plan de alimentación

FASE 2 (Lugar: Facultad de Nutrición, UAEM)



1. Prueba de esfuerzo

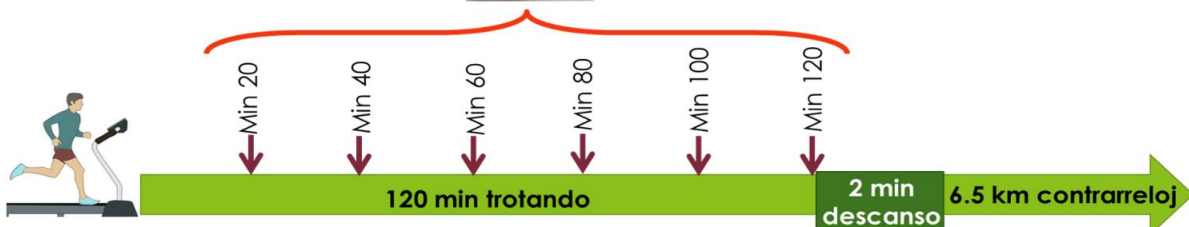
Prueba en caminadora en la que aumenta la velocidad cada 3 minutos hasta alcanzar tu máximo esfuerzo (Duración aproximada 20 min, dependiendo el nivel de entrenamiento). Ayuda a evaluar tu **condición física aeróbica** y permite determinar las metas o **zonas de entrenamiento**.

2. Evaluación de la tasa de sudoración por pérdida de peso

FASES 3, 4 y 5 (Lugar: Facultad de Ciencias del Deporte, UAEM)



1. Prueba para evaluar el rendimiento



Prueba en caminadora donde tendrás que correr 6.5 km lo más rápido posible después de haber trotado 120 min. Durante la prueba se te dará un sobre de jarabe cada 20 min. **Esta prueba se realiza 3 veces con una semana de separación**, el jarabe que se dará en cada prueba será de diferente sabor.

Anexo 3. Cuestionario de tamizaje en línea

5/12/2019

Proyecto de nutrición deportiva

Proyecto de nutrición deportiva

Este cuestionario tiene como objetivo recabar algunos datos para determinar si cumple con los requisitos para participar en el proyecto de investigación que se llevará a cabo en la Facultad de Ciencias del Deporte y en la Facultad de Nutrición de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. El objetivo del proyecto es conocer el efecto del consumo de jarabe de agave en el rendimiento de resistencia en corredores de maratón.

Por favor, tenga en cuenta que no existen respuestas buenas o malas, tampoco se trata de una prueba de velocidad, le pedimos tome su tiempo para responder y contarnos cuál ha sido su experiencia. La información que nos proporcione no será usada para criticarlo o juzgarlo, por lo que le pedimos que conteste con la mayor sinceridad posible. Si tiene duda de cómo contestar, escriba un mensaje al LN. Ricardo López Solís por medio del correo nut.ricardo.lopez@gmail.com o al número 7151470132. La participación en este estudio es completamente voluntaria, en caso de que no desee participar, por favor no conteste el cuestionario.

***Obligatorio**

1. Dirección de correo electrónico *

Datos personales

2. Nombre(s) *

3. Apellido paterno *

4. Apellido materno

5. Sexo *

Marca solo un óvalo.

Mujer

Hombre

6. Fecha de nacimiento *

Ejemplo: 15 de diciembre de 2012

7. Edad *

8. Número de celular (10 dígitos)

9. Estado de residencia *

Deslice las opciones hasta encontrar su respuesta
Marca solo un óvalo.

- Aguascalientes
- Baja California
- Baja California Sur
- Campeche
- Chihuahua
- Chiapas
- Ciudad de México
- Coahuila
- Colima
- Durango
- Estado de México
- Guanajuato
- Guerrero
- Hidalgo
- Jalisco
- Michoacán
- Morelos
- Nayarit
- Nuevo León
- Oaxaca
- Puebla
- Queretaro
- Quintana Roo
- San Luis Potosí
- Sinaloa
- Sonora
- Tabasco
- Tamaulipas
- Tlaxcala
- Veracruz
- Yucatán
- Zacatecas

10. Ciudad o municipio *

11. Dirección (Calle, número y colonia)

12. ¿Cuál es su último grado de estudios concluido? **Marca solo un óvalo.*

- Kinder o sin estudios
- Primaria
- Secundaria
- Nivel medio superior, preparatoria o bachillerato técnico
- Superior (Licenciatura o ingeniería)
- Posgrado (Especialidad, maestría o doctorado)

Antecedentes de salud**13. ¿Fuma o ha fumado? ****Marca solo un óvalo.*

- Sí, actualmente
- Nunca he fumado
- Ya lo dejé

14. Si solía fumar ¿hace cuanto tiempo lo dejó?*Marca solo un óvalo.*

- Nunca he fumado
- Menos de 1 mes
- En los últimos 6 meses
- Entre 6 y 12 meses
- Más de un año

15. ¿Padece alguna enfermedad crónica? **Puede seleccionar más de una opción**Selecciona todos los que correspondan.*

- Ninguna
- Diabetes
- Problemas del corazón
- Hipertensión
- Cáncer
- Osteoporosis
- Dislipidemias (colesterol y/o triglicéridos)
- Otro: _____

16. ¿Qué medicamentos consume?

Dejar en blanco si no consume medicamentos

17. ¿Por qué motivo consume esos medicamentos?

Dejar en blanco si no consume medicamentos

18. ¿Alguna vez su médico le ha dicho que tiene algún problema del corazón, y que solo debería realizar actividad física recomendada por un doctor? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
 No

19. ¿Siente dolor en el pecho cuando hace actividad física? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
 No

20. En el último mes, ¿ha tenido dolor en el pecho cuando no está haciendo actividad física? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
 No

21. ¿Pierde el equilibrio debido a mareos, o alguna vez ha perdido el conocimiento? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
 No

22. ¿Tiene problemas en los huesos o articulaciones (por ejemplo, en la espalda, rodillas o cadera) que pudieran agravarse al aumentar la actividad física? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
 No

23. **¿Actualmente su médico le prescribió medicamentos (por ejemplo, diuréticos) para la presión arterial o problemas con el corazón? ***

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

24. **¿Conoce alguna otra razón por la cual no debería realizar actividad física? ***

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Tal vez

Datos deportivos

25. **¿Qué deporte(s) practica? ***

*Puede seleccionar más de una opción
Selecciona todos los que correspondan.*

- No hago deporte
 Soy corredor
 Triatlón
 Ciclismo
 Natación
 Artes marciales
 Deportes de equipo
 Gimnasio
 Otro: _____

26. **¿Por qué motivo(s) realiza ejercicio? ***

*Puede seleccionar más de una opción
Selecciona todos los que correspondan.*

- No hago ejercicio
 Mejorar su estado de salud
 Por estética
 Acompañar a conocidos o amigos
 Para socializar
 Como actividad recreativa
 Para evitar el estrés
 Por diversión
 Trabaja como instructor/entrenador
 Es profesional o compite
 Otro: _____

27. ¿Cuántos años tiene corriendo? *

Si no corre marque 0

Marca solo un óvalo.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 años o más
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. ¿Cuántos días a la semana entrena actualmente? *

Marca solo un óvalo.

0	1	2	3	4	5	6	7
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. ¿Cuántos km corre a la semana? *

Si no corre marque 0

30. ¿Cuál es la distancia máxima que corre en un entrenamiento (en km)? *

Si no corre marque 0

31. ¿De cuántos kilómetros es la carrera más larga en la que ha participado?

32. ¿Cuál fue su marca en esa competencia?*Ejemplo: 4:03:32 (4 horas, 3 minutos, 32 segundos)***33. ¿Ha participado en algún maratón (42 km) o en competencias más largas? ***

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No *Pasa a la pregunta 39.*

Datos de Maratón**34. ¿Cuántas competencias de maratón (42 km o más) ha concluido? ***

35. ¿Cuándo fue su última competencia de Maratón (42 km)? *

Si no recuerda la fecha exacta ponga una aproximada

Ejemplo: 15 de diciembre de 2012

36. ¿Cuál fue su marca en esa última competencia de Maratón? *

Si no lo recuerda exactamente ponga un aproximado

Ejemplo: 4:03:32 (4 horas, 3 minutos, 32 segundos)

37. ¿Tiene algún comprobante de su marca? *

Si la respuesta es sí, favor de enviar el documento, imagen o captura al correo nut.ricardo.lopez@gmail.com y mencionar que has llenado el formulario.

Marca solo un óvalo.

- Sí (Favor de enviar comprobante al correo nut.ricardo.lopez@gmail.com)
- No
- De la última competencia no, pero sí de otra (favor de enviar comprobante)

38. ¿Cuál ha sido su mejor marca en Maratón (42 km)?

Ejemplo: 4:03:32 (4 horas, 3 minutos, 32 segundos)

39. ¿Hace cuánto tiempo que logró su mejor marca?

Marca solo un óvalo.

- En el último medio año
- En el último año
- En los últimos 2 años
- Más de 2 años

Alimentación

40. ¿Tiene algún régimen especial de alimentación? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

41. Si practica alguna dieta especial, describa brevemente en que consiste

42. ¿Quién le prescribió esta dieta o régimen de alimentación?

Marca solo un óvalo.

- No practico ninguna dieta
- Médico
- Nutriólogo
- Otro personal de salud
- Entrenador
- Amigos o familiares
- Lo vi en Internet o televisión
- Otro: _____

43. ¿Consumes algún suplemento nutricional? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

Suplementación

44. ¿Qué suplementos consume y con qué frecuencia? *

Seleccione 1 de las 5 opciones de frecuencia en cada suplemento, si contesta en el celular gire su pantalla horizontalmente para que aparezcan todas las opciones.

Selecciona todos los que correspondan.

	Nunca	Diariamente	Una o varias veces por semana	Ocasionalmente (en el último año)	Solo en competencias
Geles o barras energéticas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bebidas energéticas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vitaminas y/o minerales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proteína	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mezcla de proteínas e hidratos de carbono	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aminoácidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Probióticos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cafeína	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creatina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nitrato	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Glicerol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antioxidantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carnitina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Glutamina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colágeno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estimulantes (Efedrina, estircina, sibutramina, metilhexanamina, 1,3-dimetilbutilamina)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prohormonas u hormonas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Extractos de Hierbas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ácidos grasos u omegas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

45. Mencione los nombres o marcas comerciales de los suplementos que consume *

46. ¿Por qué motivo(s) consume esos suplementos? *

Puede seleccionar más de una opción
Selecciona todos los que correspondan.

- Mejorar mi rendimiento
- Bajar de peso
- Mantener mi salud y/o evitar enfermedades
- Mejorar la inmunidad
- Reducir la fatiga
- Mejorar la fuerza
- Porque mi dieta es inadecuada o insuficiente
- Incrementar masa muscular
- Para tratar una enfermedad
- Proteger huesos o articulaciones
- Otro: _____

47. ¿Quién le recomendó el consumo de esos suplementos? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Amigos o familiares
- Médico
- Nutriólogo
- Otro personal de salud
- Entrenador
- Lo vi en internet o televisión
- Otro: _____

Anexo 4. Carta de consentimiento informado



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



Título del proyecto: "Uso de jarabe de agave como fuente de hidratos de carbono en el deporte de resistencia".

Investigadores Titulares:

Dra. María Araceli Ortiz Rodríguez. Facultad de Nutrición, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).
L.N. Ricardo López Solís. Facultad de Nutrición, UAEM.

Colaboradores:

Dr. Josep Antoni Tur Mari. Universitat de les Illes Balears, España (UIB).
Mtro. Rodrigo Meza Segura. Facultad de Ciencias del Deporte, UAEM.
Mtro. Eduardo Quintín Fernández. Facultad de Ciencias del Deporte, UAEM.

Sede donde se realizará el estudio: Facultad de Ciencias del Deporte de la UAEM.

Dirigido al paciente: Se le invita a participar en un estudio de deporte y nutrición. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

Justificación del estudio. Se realiza este estudio con la finalidad de evaluar el jarabe de agave como una alternativa natural que proporciona los hidratos de carbono necesarios para mantener el rendimiento y retrasar la fatiga en deportes de resistencia.

Objetivo del estudio. A usted se le está invitando a participar en un estudio que tiene como objetivo: Conocer el efecto del consumo de jarabe de agave en el rendimiento de resistencia en corredores de maratón.

Beneficios del estudio. Con este estudio usted conocerá su estado de salud, capacidad aeróbica y composición corporal. Además, recibirá asesoría nutricional sin costo y un plan de alimentación personalizado.

Procedimientos del estudio. En caso de aceptar participar en el estudio; se le realizarán algunas preguntas relacionadas a su actividad física, alimentación, datos socioeconómicos y antecedentes familiares de salud. Además, se le realizarán las siguientes mediciones: peso, estatura, pliegues cutáneos, composición corporal por bioimpedancia, electrocardiograma en reposo, espirometría y se le tomará una muestra de sangre para conocer sus niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa. También se le realizará una prueba de esfuerzo y tres pruebas en caminadora para evaluar su rendimiento, en las que se le administrará de forma oral un jarabe a base de hidratos de carbono.

Riesgos asociados con el estudio. Algunos de los procedimientos del estudio señalados anteriormente pueden hacerlo sentir incómodo. Por ejemplo, posterior a la toma de sangre se puede presentar: Dolor en el área donde se le tomará la muestra de sangre, se puede llegar a formar un moretón (el cual desaparecerá en aproximadamente una semana y media), se puede presentar mareo y riesgo bajo de infección. En las pruebas en la caminadora el uso de mascarilla puede ser incómodo y existe el riesgo de caídas. Sin embargo, se tomarán las medidas adecuadas al momento de realizar las evaluaciones para disminuir estos riesgos.

Aclaraciones. Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación. Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, bastará con informar las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad. No recibirá pago por su participación. En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo. Los datos personales obtenidos en este estudio serán utilizados con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores y únicamente con fines académicos y de investigación. En caso de que tenga dudas sobre sus derechos como participante del estudio puede solicitarlos a: Dra. María Araceli Ortiz Rodríguez y L.N. Ricardo López Solís de la Facultad de Nutrición, UAEM. Email: araceli.ortiz@gmail.com Teléfono: +52 (777) 100 0505/ (777) 315 0435. **Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado.**

¿Comprendió la información presentada con anterioridad? 0.- No [] 1.- Sí []

Firmas de aceptación:

Nombre y firma del participante

Nombre y firma del testigo 1

Nombre y firma del testigo 2

/ /
día mes año

Nombre, firma del
Investigador principal responsable

Nombre y firma
He explicado al participante la
naturaleza de este estudio

Anexo 5. Cuestionarios de aptitud para realizar ejercicio

Physical Activity Readiness
Questionnaire - PAR-Q
(revisado 2002)

PAR-Q & YOU

(Un Cuestionario para Personas de 15 a 69 años)

La actividad física regular es saludable y sana, y más personas cada día están comenzando a estar más activas. Ser más activo es seguro para la mayoría de las personas. Sin embargo, algunos individuos deben consultar a un médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física.

Si usted está planeando participar en programas de ejercicio o de actividad física, lo recomendado es que responda a las siete preguntas descritas más abajo. Si usted tiene entre 15 y 69 años de edad, el cuestionario PAR-Q le indicará si necesita consultar a su médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física. Si usted tiene más de 69 años de edad, y no está acostumbrado a estar activo, consulte a su médico.

El sentido común es la principal guía para contestar estas preguntas. Favor de leer las preguntas con cuidado y responder cada una honestamente; Marque SÍ o NO.

SÍ	NO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. ¿Alguna vez su médico le ha indicado que usted tiene un problema cardiovascular, y que solamente puede llevar a cabo ejercicios o actividad física si lo refiere un médico.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. ¿Sufre de dolores frecuentes en el pecho cuando realiza algún tipo de actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. ¿En el último mes, le ha dolido el pecho cuando no estaba haciendo actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. ¿Con frecuencia pierde el equilibrio debido a mareos, o alguna vez ha perdido el conocimiento?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. ¿Tiene problemas en los huesos o articulaciones (por ejemplo, en la espalda, rodillas o cadera) que pudiera agravarse al aumentar la actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. ¿Al presente, le receta su médico medicamentos (por ejemplo, pastillas de agua) para la presión arterial o problemas con el corazón?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. ¿Existe alguna otra razón por la cual no debería participar en un programa de actividad física?

Si

usted

contestó

SÍ a una o más preguntas:

Hable con su médico por teléfono o en persona ANTES de empezar a estar más activo físicamente, o ANTES de tener una evaluación de su aptitud física. Dígame a su médico que realizó este cuestionario y las preguntas que usted respondió que SÍ.

- Usted puede estar listo para realizar cualquier actividad que desee, siempre y cuando comience lenta y gradualmente. O bien, puede que tenga que restringir su actividad a las que sea más segura para usted. Hable con su médico sobre el tipo de actividades que desea participar y siga su consejo.
- Busque programas en lugares especializados que sean seguros y beneficiosos para usted.

No todas preguntas:

Si usted contestó NO honestamente a todas las preguntas, entonces puede estar razonablemente seguro que puede:

- Comenzar a ser más activo físicamente, pero con un enfoque lento y que se progrese gradualmente. Esta es la manera más segura y fácil.
- Formar parte de una evaluación de la aptitud física; esta es una manera excelente para determinar su aptitud física de base, lo cual le ayuda a planificar la mejor estrategia de vivir activamente. También, es muy recomendable que usted se evalúe la presión arterial. Si su lectura se encuentra sobre 144/94, entonces, hable con su médico antes de ser más activo físicamente.

DEMORE EL INICIO DE SER MÁS ACTIVO:

- Si usted no se siente bien a causa de una enfermedad temporera, tal como un resfriado o fiebre, entonces lo sugerido es esperar hasta que se recupere por completo; o
- Si usted está o puede estar embarazada, hable con su médico antes de comenzar a estar físicamente más activa.

POR FAVOR: Si un cambio en su salud lo obliga a responder SÍ a cualquiera de las preguntas, es importante que esta situación se le informe a su médico o entrenador personal. Pregunte si debe modificar su plan de ejercicio o actividad física.

Uso Informado de PAR-Q: La Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio, y sus agentes, no asumen ninguna responsabilidad legal para las personas que realizan ejercicio o actividad física; en caso de duda después, de completar este cuestionario, consulte primero a su médico.

No se permiten cambios. Se puede fotocopiar el PAR-Q, únicamente si se emplea todo el formulario.

NOTA: Si se requiere administrar el PAR-Q antes que el participante se incorpore a un programa de ejercicio/actividad física, o se someta a pruebas de aptitud física, esta sección se puede utilizar para propósitos administrativos o legales:

"Yo he leído, entendido y completado el cuestionario. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción."

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

FIRMA DEL PARIENTE: _____

TESTIGO: _____

o TUTOR (para participantes menores edad)

NOTA: Este cuestionario es valido hasta un máximo de 12 meses, a partir de la fecha en que se completa. El mismo se invalida si su estado de salud requiere contestar SÍ en alguna de las siete preguntas.

NOTA. Obtenido de: The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q & YOU, por Canadian Society for Exercise Physiology, 2002. Copyright 2002 por Canadian Society for Exercise Physiology, www.csep.ca/forms. Recuperado de <http://www.csep.ca/cmfiles/publications/para/par-q.pdf>

Cuestionario de Evaluación Pre-participación de la AHA/ACSM para Instalaciones de Salud/Aptitud Física

Evalúe su estado de salud al *marcar* todos los renglones que mejor describan su problema de salud

Historial

Usted ha tenido:

- un ataque cardíaco
- cirugía en el corazón
- cateterización cardíaca
- angioplastia coronaria (PTCA)
- marcapaso/implantable cardíaco
- desfibrilador/disturbios del ritmo
- enfermedad de las válvulas de corazón
- fallo cardíaco
- trasplante del corazón
- enfermedad cardíaca congénita

Si ha marcado cualquiera de las opciones de esta sección, tiene que consultar a su médico, o cualquier otro proveedor para el cuidado de la salud, antes de realizar ejercicio. Puede que necesite visitar a un **personal cualificado médicamente**.

Síntomas

- Siente molestia en el pecho cuando realiza esfuerzos.
- Experimentas dificultades en la respiración sin razón alguna.
- Experimentas mareos, se ha desmayado o perdido el conocimiento.
- Tiene hinchazón en el tobillo.
- Tiene la sensación incómoda de un pulso fuerte o rápido.
- Tomas medicamentos para el corazón.

Otros posibles problemas de salud

- Tienes diabetes.
- Tienes asma o cualquier otra enfermedad pulmonar.
- Tienes sensación de quemazón o calambres en tus piernas cuando caminas distancias cortas.
- Tienes problemas óseo-musculares que limitan su actividad física.
- Tiene inquietudes sobre la seguridad de los ejercicios.
- Toma medicamentos prescritos.
- Está embarazada.

Factores de riesgo cardiovasculares

- Usted es un hombre ≥ 45 años de edad.
- Usted es una mujer ≥ 55 años de edad, y tuvo una histerectomía, o está en etapa de post-menopausia.
- Usted fuma, o dejó de fumar, en los últimos seis meses.
- Su presión arterial es $\geq 140/90$ mm Hg.
- No conoce cuál es su presión arterial.
- Toma medicamentos para la presión arterial.
- Su nivel de colesterol sanguíneo es ≥ 200 mg/dL.
- No conoce su nivel de colesterol sanguíneo.
- Tiene un familiar cercano que ha sufrido un ataque al corazón antes de los 55 años de edad (padre o hermano), o antes de los 65 años de edad (madre o hermana).
- Usted es una persona sedentaria (i.e., hace <30 minutos de actividad física mínimo 3 veces por semana).
- Tiene un índice de masa corporal ≥ 30 kg/m².
- Tiene una diabetes latente (pre-diabetes).
- No sabe si tiene una diabetes latente.

Si ha marcado dos o más opciones en esta sección, debe consultar a su médico o el proveedor para el cuidado de la salud apropiado, antes de hacer ejercicio. Podría obtener beneficios si asiste a un lugar que tenga **personal preparado** para que guíe su programa de ejercicio.

- Ninguna de las anteriores

Puedes ser capaz de realizar ejercicios de manera segura, sin tener que consultar a un médico, en cualquier instalación que cumpla con las necesidades de su programa de ejercicio.

Anexo 6. Datos bioquímicos y cuestionarios de actividad física



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



I.1. ID: _____	I.2. Fecha de medición: _____ / _____ / _____ (dd/ mm / año)
I.3. Nombre: _____ Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)	
I.4. Fecha de nacimiento: _____ / _____ / _____ (dd/ mm / año)	

PARÁMETROS BIOQUÍMICOS Y CLÍNICOS

Glucosa: _____ mg/dL

Presión arterial: _____ / _____ mmHg

Colesterol: _____ mg/dL

Frecuencia cardiaca: _____ ppm

Triglicéridos: _____ mg/dL

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

Cuestionario de Actividad Física - Laval

Necesitamos conocer las actividades que realiza en un día en fin de semana y un día entre semana. Comencemos con el día entre semana.

¿En un día regular entre semana, a qué hora se duerme? ¿A qué hora se despierta? Marca con una línea las horas que la persona responda. ¿Cuándo se despierta y levanta de la cama que cosa realiza? ¿A qué hora termina esa actividad? Indica en el formato.

USA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS PARA INDAGAR LAS ACTIVIDADES DURANTE EL DÍA:

¿Después que actividad realiza? ¿A qué hora termina esa actividad?



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



CADA RECTÁNGULO SITUADO A LA DERECHA DE LA COLUMNA DE HORAS CORRESPONDE A UN PERIODO DE 15 MINUTOS. CADA HORA ESTÁ FRACCIONADA EN CUATRO PERIODOS DE 15 MINUTOS. SI UNA ACTIVIDAD ES PRACTICADA DURANTE UN LARGO PERIODO (POR EJEMPLO DORMIR) SE PUEDE HACER UN TRAZO HORIZONTAL CONTINUO EN LOS RECTÁNGULOS QUE SIGUEN, HASTA QUE SE CAMBIE LA ACTIVIDAD.

ENTRE SEMANA

Hora	Minutos			
	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60
0 a.m.				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12 p.m.				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



Ahora necesitamos saber qué haces en un día típico en fin de semana. ¿En un día regular de fin de semana, a qué hora se duerme? ¿A qué hora se despierta? ¿Cuándo te despiertas y levantas de la cama que cosa realizas? ¿A qué hora terminas esa actividad?

USAR LAS SIGUIENTES PREGUNTAS PARA INDAGAR LAS ACTIVIDADES DURANTE EL DÍA:

¿Después que actividad realizas? ¿A qué hora terminas esa actividad?

FIN DE SEMANA

Hora	Minutos			
	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60
0 a.m.				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12 p.m.				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				



GPAQ-WHO (Cuestionario Mundial sobre Actividad Física)			
Actividad física			
<p>Ahora te voy a preguntar por el tiempo que pasas realizando diferentes tipos de actividad física. Te pido que intentes contestar a las preguntas aunque no te consideres una persona activa.</p> <p>Piensa primero en el tiempo que pasas en tu ocupación principal, incluyendo el trabajo que hagas por un pago o salario, y también las cosas que haces aunque no recibas algún pago, por ejemplo, estudiar, arreglar o limpiar tu casa o de buscar trabajo. En estas preguntas, las actividades físicas intensas se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico importante y que causan una gran aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco. Por otra parte, las actividades físicas de intensidad moderada son aquellas que implican un esfuerzo físico moderado y causan una ligera aceleración de la respiración.</p>			
	Pregunta	Respuesta	Código
En el trabajo			
VI.1	¿En tu ocupación realizas alguna actividad física intensa que provoca que tu respiración o los latidos de tu corazón se aceleren? Por ejemplo, realizas actividades como levantar objetos pesados. Sólo considera las actividades que duren por lo menos 10 minutos consecutivos	1. SI 0. No ⇒ P4	P1
VI.2	En una semana típica, ¿Cuántos días realizas esas actividades físicas intensas en tu ocupación?	Número de días _____	P2
VI.3	En uno de esos días en los que realizas actividades físicas intensas, ¿Cuánto tiempo sueles dedicar a esas actividades?	Horas: minutos ____/____ : ____/____ hrs min	P3a : P3b
VI.4	¿En tu ocupación realizas alguna actividad de intensidad moderada que provoca una ligera aceleración de tu respiración o de los latidos de tu corazón. Por ejemplo, caminas deprisa o levantas objetos livianos. Sólo considera las actividades que duren por lo menos 10 minutos consecutivos?	1. SI 0. No ⇒ P7	P4
VI.5	En una semana típica, ¿En tu ocupación cuántos días realizas actividades de intensidad moderada?	Número de días _____	P5



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



VI.6	En uno de esos días en los que realizas actividades físicas de intensidad moderada, ¿Cuánto tiempo sueles dedicar a esas actividades?	Horas: minutos $\frac{ / }{ \text{hrs} } : \frac{ / }{ \text{min} }$	P6a: P6b
Para desplazarse			
Ya te pregunté sobre las actividades en tu ocupación. Ahora me gustaría saber cómo te desplazas o mueves de un sitio a otro, es decir, como te transportas. Por ejemplo, cómo vas al trabajo, de compras, al mercado o a la escuela.			
VI.7	¿Para ir de un lugar a otro, caminas o usas una bicicleta en trayecto que dura por lo menos 10 minutos consecutivos?	1. SI 0. No \Rightarrow P10	P7
VI.8	En una semana típica, ¿cuántos días caminas o usas la bicicleta al menos 10 minutos consecutivos para ir de un lugar a otro?	Número de días _____	P8
VI.9	En un día típico, ¿Cuánto tiempo pasas caminando o en bicicleta para ir de un lugar a otro?	Horas: minutos $\frac{ / }{ \text{hrs} } : \frac{ / }{ \text{min} }$	P9a: P9b
En el tiempo libre			
Para responder las siguientes preguntas NO consideres la actividad física en tu ocupación y la que realizas para ir de un lugar a otro, sobre las cuales que ya me has comentado. Ahora las preguntas serán sobre deportes, acondicionamiento físico que practicas en tu tiempo libre.			
VI.10	¿En tu tiempo libre, practicas algún deporte, ejercicio o acondicionamiento físico que haga que tu respiración o los latidos de tu corazón se aceleren?. Por ejemplo, corres o juegas fútbol o nadas vigorosamente durante al menos 10 minutos consecutivos?	1. SI 0. No \Rightarrow P13	P10
VI.11	En una semana típica, ¿Cuántos días practicas deporte, ejercicio o haces acondicionamiento físico intensos en tu tiempo libre?	Número de días _____	P11



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



VI.12	En uno de esos días en los que practicas deporte, ejercicio o haces acondicionamiento físico intensos, ¿cuánto tiempo sueles dedicar a esas actividades?	Horas: minutos $\frac{\quad}{\text{hrs}} : \frac{\quad}{\text{min}}$	P12
VI.13	¿En tu tiempo libre practicas alguna actividad de intensidad moderada que produce una ligera aceleración de tu respiración o de los latidos de tu corazón. Por ejemplo, caminas deprisa, andas en bicicleta, nadas o juegas voleibol durante al menos 10 minutos consecutivos?	1. SI 0. No \Rightarrow P17	P13
VI.14	En una semana típica, ¿Cuántos días practicas esas actividades físicas de intensidad moderada en tu tiempo libre?	Número de días _____	P14
VI.15	En uno de esos días en los que practicas actividades físicas de intensidad moderada, ¿Cuánto tiempo sueles dedicar a esas actividades?	Horas: minutos $\frac{\quad}{\text{hrs}} : \frac{\quad}{\text{min}}$	P15a : P15b
Comportamiento sedentario			
La siguiente pregunta se refiere al tiempo que sueles pasar sentado o recostado durante todo el día. Entonces, por favor, cuenta cuánto estas sentado o recostado en tu ocupación, en tu casa, cuando vas de un lugar a otro o cuando estás con tus amigos. Incluye el tiempo que pasas sentado frente a un escritorio o mesa de trabajo, con los amigos, viajando en un autobús o en auto, jugando cartas o viendo televisión. No cuentes el tiempo que duermes.			
VI.16	¿Cuánto tiempo sueles pasar sentado o recostado en un día típico?	Horas: minutos $\frac{\quad}{\text{hrs}} : \frac{\quad}{\text{min}}$	P16a : P16b

Anexo 7. Formato de indicaciones para los sujetos



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE NUTRICIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



Proyecto: Uso de Jarabe de agave como fuente de hidratos de carbono en el deporte de resistencia

INDICACIONES PARA ASISTIR A LAS PRUEBAS

Primera cita. Cuestionarios, bioquímicos y composición corporal. (__/__/__)

1. Presentarse al laboratorio en ayuno de 8 horas en el horario establecido.
2. Asistir con ropa deportiva (de preferencia short o licra) sin objetos metálicos.
3. No tomar bebidas alcohólicas ni ingerir alimentos con alto contenido de grasa mínimo 72 horas antes de la cita.

Segunda cita. Prueba de esfuerzo. Hora: _____ (__/__/__)

1. Presentarse al laboratorio después de haber seguido las recomendaciones de alimentación e hidratación.
2. Asistir con ropa deportiva (de preferencia short o licra) sin objetos metálicos, con tenis para correr, y con una toalla de mano o facial. **Traer un cambio de ropa extra (ropa interior, short y playera)** y una toalla para secarse el sudor posterior a la prueba.
3. No haber tomado un baño de vapor 1 día antes.
4. No haber realizado ejercicio extenuante 72 horas previas a la cita.
5. No haber consumido café, refrescos u otras bebidas con cafeína, ni haber fumado o bebido alcohol 48 horas antes.
6. Vaciar vejiga e intestinos antes de las pruebas.
7. Se recomienda cargar un lunch o refrigerio para después de la prueba de esfuerzo. La comida o bocadillo después del ejercicio tiene como objetivo promover su recuperación y normalizar los niveles de glucosa en sangre, por lo que un tiempo de comida recomendable debe de:
 - Aportar suficientes líquidos para promover su rehidratación.
 - De fácil digestión y ricos en energía. Por ejemplo: arroz al vapor, pan blanco, cereal, tortillas, bolillo o espagueti.
 - Incluir alguna fruta y/o verdura.
 - Incluir huevo, carne, pescado o quesos bajos en grasa.
 - Ser bien tolerada por usted.

Tercera cita. Prueba de rendimiento. Hora: _____ (__/__/__)

1. Presentarse al laboratorio después de haber seguido las recomendaciones de alimentación e hidratación.
2. Asistir con ropa deportiva, con tenis para correr, y con una toalla de mano o facial.
3. No haber realizado ejercicio extenuante al menos 72 horas antes.
4. No haber consumido café, refrescos y alcohol al menos 48 horas antes.
5. Vaciar vejiga e intestinos antes de la prueba.
6. Se recomienda cargar un lunch o refrigerio para después de la prueba.

Cuarta cita. 2ª Prueba de rendimiento. Hora: _____ (__/__/__)

1. Presentarse al laboratorio después de haber seguido las recomendaciones de alimentación e hidratación.
2. Asistir exactamente con la misma ropa y calzado utilizados en la tercera cita y con una toalla de mano o facial.
3. No haber realizado ejercicio extenuante al menos 72 horas antes.
4. No haber consumido café, refrescos y alcohol al menos 48 horas antes.
5. Vaciar vejiga e intestinos antes de la prueba.
6. Se recomienda cargar un lunch o refrigerio para después de la prueba.

Quinta cita. 3er Prueba de rendimiento. Hora: _____ (__/__/__)

1. Presentarse al laboratorio después de haber seguido las recomendaciones de alimentación e hidratación.
2. Asistir exactamente con la misma ropa y calzado utilizados en la tercera cita y con una toalla de mano o facial.
3. No haber realizado ejercicio extenuante al menos 72 horas antes.
4. No haber consumido café, refrescos y alcohol al menos 48 horas antes.
5. Vaciar vejiga e intestinos antes de la prueba.
6. Se recomienda cargar un lunch o refrigerio para después de la prueba.



Anexo 9. Formato de la prueba de esfuerzo

PROTOCOLO DE PUGH PARA PRUEBA DE ESFUERZO

Fecha (dd/mm/aaaa): ____/____/____ Tª y Humedad (ambiente): ____ °C ____ % ID: _____

Nombre: _____ Fecha de nacimiento (dd/mm/aaaa): ____/____/____ F.C. máx: _____ bpm

Estatura: ____ cm Peso inicial: ____ kg Peso final: ____ kg Agua inicial: ____ ml Agua final: ____ ml Tasa de sudor: ____ ml

Etapas	Tiempo de la prueba (min)	Velocidad (km/h)	Inclinación (%)	Presión arterial (mmHg)	Frecuencia cardíaca (lpm)	VO2 max Estimado/Medido (ml / Kg / min)	Lactato (mmol/L)
Sentado				/			
Parado				/			
Etapa 1	1	4	1	/		10.6	
	2			/			
	3			/			
Etapa 2	4	6	1	/		17	
	5			/			
	6			/			
Etapa 3	7	8	1	/		25.2	
	8			/			
	9			/			
Etapa 4	10	10	1	/		32.6	
	11			/			
	12			/			
Etapa 5	13	12	1	/		39.9	
	14			/			
	15			/			
Etapa 6	16	14	1	/		47.2	
	17			/			
	18			/			
Etapa 7	19	16	1	/		54.5	
	20			/			
	21			/			
Etapa 8	22	18	1	/		61.8	
	23			/			
	24			/			
Etapa 9	25	20	1	/		69.1	
	26			/			
	27			/			
Etapa 10	28	22	1	/		76.4	
	29			/			
	30			/			



ETAPA DE ENFRIAMIENTO					
Tiempo	Velocidad (km/h)	Inclinación (%)	Presión arterial (mmHg)	Frecuencia cardíaca (bpm)	Lactato (mmol/L)
1 minuto	4	1	/		
2 minutos	4	1	/		
3 minutos	4	1	/		
4 minutos	4	1	/		
5 minutos	4	1	/		

Se logró el objetivo Angina de pecho Terminó el protocolo Dolor o cansancio de piernas
 Dificultad con el procedimiento

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GASES

Valores máximos F.C. (bpm): VO2 (ml/min): VO2 (ml/kg/min): Lactato
 Umbral Aeróbico (VT) VO2: F.C.: Umbral Anaeróbico (AT) VO2: F.C.:

SIGNOS Y SÍNTOMAS DURANTE LA PRUEBA

- Disnea
- Palpitaciones
- Palidez
- Mareo
- Angina
- Cianosis
- Ataxia
- Vértigo

CAMBIOS EN EL ECG:

OBSERVACIONES:

Anexo 10. Formato de registro de entrenamiento



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS
 FACULTAD DE NUTRICIÓN
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE


Proyecto: Uso de Jarabe de agave como fuente de hidratos de carbono en el deporte de resistencia

REGISTRO DE ENTRENAMIENTO

Nombre: _____ Fecha (dd/mm/aaaa): ____/____/____ ID: _____


Día de la semana y fecha	Lugar	Calentamiento	Entrenamiento	Enfriamiento	Duración total

Anexo 11. Formato de registro del ensayo experimental



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO



FACULTAD DE
NUTRICIÓN

Fecha (dd/mm/aaaa): ____/____/____ Hora: ____:____/____:____ Sustrato (Código): _____ ID: _____

Nombre: _____ Tª y Humedad (ambiente): ____ °C ____ % Durmió: ____ Despertó: ____

Líquido: ____ ml/h ____ ml totales Líquido sobrante: 1^{er} h ____ ml 2^a h ____ ml 3^{er} h ____ ml Total sobrante ____ ml Peso inicial sobres: ____ g Peso final sobres: ____ g

P.A. inicial: ____ mmHg P.A. final: ____ mmHg Idas al baño (min:seg-min:seg): ____:____:____ Total consumido: ____ ml

Peso inicial: ____ kg Peso final: ____ kg Pérdida de peso: ____ kg % Velocidad del período sub-umbral: ____ km/hora Distancia sub-umbral: ____ km

Período sub-umbral													
Minuto/ Km	Tiempo parciales	Ta y Humedad	Frecuencia Cardíaca	Glucosa	Lactato	Esfuerzo	Simpatía/ sabor	Dulzura	Molestias gastrointestinales			Mareos/ dolor de cabeza	
									Plenitud	Calambres/ cólicos	Inflamación		Gases/ flatulencia
Initial													
10													
20													
30													
40													
50													
60													
70													
80													
90													
100													
110													
120													
Prueba contrareloj													
1 km	:												
2 km	:												
3 km	:												
4 km	:												
5 km	:												
6 km	:												
6.5 km	:												
Recuperación 1 min													
Recuperación 2 min													
Recuperación 5 min													

Tiempo de finalización 6.5 km (min:seg): ____:____:____

Anexo 12. Escalas analógicas visuales

PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO

6	Sin esfuerzo	
7	Muy, muy ligero	
8		
9	Muy ligero	
10		
11	Ligero	
12		
13	Algo duro	
14		
15	Duro	
16		
17	Muy duro	
18		
19	Muy, muy duro	
20	Máximo esfuerzo	

PLENITUD

0	Nada lleno	
1	Muy poco lleno	
2		
3	Ligeramente lleno	
4		
5	Medianamente lleno	
6		
7	Lleno	
8		
9	Muy lleno	
10	Completamente lleno	

SABOR

0	Incomible	
1	Muy, muy desagradable	
2		
3	Muy desagradable	
4		
4	Ni agradable, ni desagradable	
5		
5	Ligeramente agradable	
6		
6	Agradable	
7		
7	Muy agradable	
8		
8	Muy, muy agradable	

SINTOMAS GASTROINTESTINALES

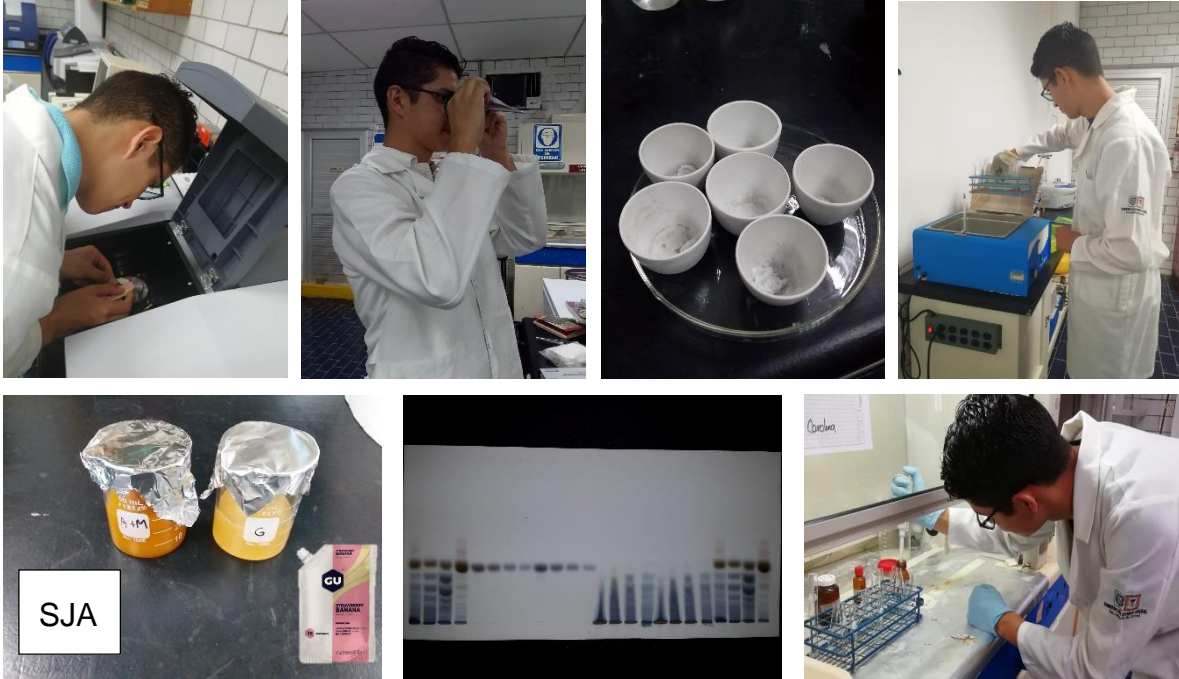
0	Sin síntomas	
1	Muy ligero	
2		
3	Ligero	
4		
5	Moderado	
6		
7	Intenso	
8		
9	Muy intenso	
10	Severo	

DULZURA

0	Nada dulce	
1	Muy poco dulce	
2		
3	Ligeramente dulce	
4		
4	Suficientemente dulce	
5		
5	Moderadamente dulce	
6		
6	Muy dulce	
7		
7	Extremadamente dulce	
8		
8	Insoportablemente dulce	

Anexo 13. Evidencias fotográficas

Análisis de la composición de los tratamientos



Pruebas de esfuerzo



Anexo 14. Reconocimiento de primer lugar en concurso de carteles en congreso internacional



UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA, A.C.

Otorga la presente

CONSTANCIA

a

López Solís Ricardo, Ortiz Rodríguez María Araceli, Tur Mari Josep Antoni, Martínez Ramírez Ollin Celeste, Camacho Díaz Brenda Hideliza y Ramos Ibáñez Norma

por haber obtenido el **1er lugar** en la presentación del Protocolo de investigación en modalidad **CARTEL**

Uso de jarabe de agave como fuente de hidratos de carbono en el deporte de resistencia

En el **4to. Congreso Internacional de Nutrición Clínica**

"LA CULTURA AL SERVICIO DEL PUEBLO"
Puebla, Pue. 11 y 12 Octubre 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Madrazo'.

Dr. José Manuel Madrazo Cabo
Decano de Ciencias de la Salud

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. de L. Silva'.

M.Cs. María de Lourdes Silva Fernández
Directora de Facultad de Nutrición

Anexo 15. Ponencia oral en congreso internacional



MARIA ARACELI ORTIZ RODRIGUEZ
RICARDO LÓPEZ SOLÍS
EDUARDO QUINTÍN FERNÁNDEZ
BRENDA HILDELIZA CAMACHO DÍAZ
Por su participación con la ponencia:

EFFECTO DEL CONSUMO DE HIDRATOS DE CARBONO EN LOS DEPORTES DE RESISTENCIA

Durante el Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos, CICA 2019, edición internacional, llevado a cabo los días 19 y 20 de septiembre de 2019 en Guanajuato, Gto.



Mtro. Alejandro Sánchez García
Rector



Anexo 16. Publicación de artículo



RENIECYT - LATINDEX - RESEARCH GATE - DULCINEA - CLASE - SUDOC - HISPANA - SHERPA
UNIVERSIA - E-REVISTAS - GOOGLE SCHOLAR - DOI - REDIB - MENDELEY - DIALNET - ROAD - ORCID

CDMX, December - 2019

LÓPEZ-SOLÍS, Ricardo

ORCID: 0000-0002-6619-8772, CVU CONACYT ID: 922259

CAMACHO-DÍAZ, Brenda Hildeliza

ORCID: 0000-0001-5562-0782, Researcher ID Thomson: C-1034-2018, CVU CONACYT ID: 205272

CAMPOS-MENDIOLA, Roberto

ORCID: 0000-0002-7810-2459, CVU CONACYT ID: 210184

ORTÍZ-RODRÍGUEZ, María Araceli

ORCID: 0000-0003-0847-0261, Researcher ID Thomson: T-3707-2018, CVU CONACYT ID: 449164

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Instituto Politécnico Nacional

PRESENT:

Through this letter we state that **LÓPEZ-SOLÍS, Ricardo, CAMACHO-DÍAZ, Brenda Hildeliza, CAMPOS-MENDIOLA, Roberto and ORTÍZ-RODRÍGUEZ, María Araceli** has been published in Revista de Didáctica Práctica with an article entitled "**Efecto del consumo de hidratos de carbono en los deportes de resistencia**", with keywords "Endurance sports, carbohydrates, sport nutrition" in Volume 3 Number 9 with ISSN: **2523-2444**, at pages 1-7 segment. Research Journal edited by ECORFAN-Mexico, S.C. Holding Republic of Peru. (2019). DOI: 10.35429/JPD.2019.9.3.1.7.

This article is classified in:

Area: Humanities and Behavioral Sciences

Field: Pedagogy

Discipline: Organization and planning of education

Subdiscipline: Organization and management of educational institutions

This research is published in:

http://www.ecorfan.org/republicoperu/research_journals/Revista_de_Didactica_Practica/vol3num9/Revista_de_Did%C3%A1ctica_Pr%C3%A1ctica_V3_N9_1.pdf

The Research Journal is Arbitrated by peer review is Indexed and deposited in Databases:

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

We issue this certificate for the purposes of science, technology and innovation

Regards.

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.
CIO-ECORFAN-México, S.C.
CONACYT-RENIECYT: 1702902

ECORFAN-México, S.C.
244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 | 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Mexico
Bolivia
Spain
Ecuador
Peru

Holdings

Colombia
Cameroon
El Salvador
Taiwan
Nicaragua
Guatemala
Democratic
Republic
of Congo
Paraguay

Efecto del consumo de hidratos de carbono en los deportes de resistencia**Effect of carbohydrate consumption on endurance sports**

LÓPEZ-SOLÍS, Ricardo†, CAMACHO-DÍAZ, Brenda Hildeliza, CAMPOS-MENDIOLA, Roberto y ORTÍZ-RODRÍGUEZ, María Araceli*

Facultad de Nutrición, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Avenida Universidad 1001, Chamilpa, 62209. Cuernavaca, Mor.

Instituto Politécnico Nacional-Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (IPN-CEPROBI). Carr Yautepec - Jojutla s/n, San Isidro, Mor.

ID 1^{er} Autor: Ricardo López-Solis / ORC ID: 0000-0002-6619-8772, CVU CONACYT ID: 922259

ID 1^{er} Coautor: Brenda Hildeliza, Camacho-Díaz / ORC ID: 0000-0001-5562-0782, Researcher ID Thomson: C-1034-2018, CVU CONACYT ID: 205272

ID 2^{do} Coautor: Roberto, Campos-Mendiola / ORC ID: 0000-0002-7810-2459, CVU CONACYT ID: 210184

ID 3^{er} Coautor: María Araceli, Ortiz-Rodríguez / ORC ID: 0000-0003-0847-0261, Researcher ID Thomson: T-3707-2018, CVU CONACYT ID: 449164

DOI: 10.35429/JPD.2019.9.3.1.7

Recibido 12 de Julio, 2019; Aceptado 28 de Septiembre, 2019

Resumen

El objetivo de esta revisión es resumir los efectos del consumo de hidratos de carbono (HCO) en los deportes de larga duración. Debido a la promoción de la actividad física por parte de las autoridades en salud, la participación en los deportes de resistencia va en aumento. Independientemente del nivel, los atletas buscan formas de optimizar su rendimiento mediante el entrenamiento y la nutrición. En consecuencia, la investigación en nutrición deportiva se ha centrado en aquellas estrategias que pueden mejorar el rendimiento. La fatiga durante el ejercicio prolongado se asocia con depleción de glucógeno muscular y reducción de las concentraciones de glucosa en sangre. Por lo tanto, la alimentación con HCO durante el ejercicio ha demostrado que puede mejorar la capacidad y el rendimiento, debido a que ayuda a mantener los niveles de glucosa en sangre, así como, a aumentar las tasas de oxidación de hidratos de carbono y preservar el glucógeno, encontrándose mejores resultados cuando se consumen HCO dependientes de distintos transportadores intestinales para su absorción (p.ej. fructosa y glucosa), ya que de esta forma es posible aumentar las tasas de absorción, el vaciado gástrico y la absorción de líquidos, además de disminuir las molestias gastrointestinales.

Deportes de resistencia, hidratos de carbono, nutrición deportiva

Abstract

The aim of this review is to summarize the effects of carbohydrate consumption on endurance sports. Due to the promotion of physical activity by health authorities, participation in endurance sports is increasing. Regardless of the level, athletes look for ways to optimize their performance through training and nutrition. In consequence, research in the field of sports nutrition has focused on those strategies that can improve performance. Fatigue during prolonged exercise is associated with depletion of muscle glycogen and reduced blood glucose concentrations. Therefore, carbohydrate feeding during exercise has shown that it can improve capacity and performance, because it helps maintain blood glucose levels, as well as, increase carbohydrate oxidation rates and preserve glycogen, finding better results when are consumed multiple-transportable carbohydrates for absorption (e.g., fructose and glucose), since in this way is possible to increase absorption rates, gastric emptying and fluid absorption, in addition to decrease gastrointestinal distress.

Endurance sports, carbohydrates, sport nutrition

Citación: LÓPEZ-SOLÍS, Ricardo, CAMACHO-DÍAZ, Brenda Hildeliza, CAMPOS-MENDIOLA, Roberto y ORTÍZ-RODRÍGUEZ, María Araceli. Efecto del consumo de hidratos de carbono en los deportes de resistencia. Revista de Didáctica Práctica. 2019. 3-9: 1-7.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: araceli.ortiz@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

Voto Sinodal.

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por Ricardo Lopez Solis, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10022630, y que lleva por título **“INTERVENCIÓN NUTRICIONAL CON UN SUPLEMENTO DE JARABE DE AGAVE SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LOS MALESTARES GASTROINTESTINALES DE CORREDORES”**, ha sido revisado a satisfacción, me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el jurado de examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva darle a la presente.

A t e n t a m e n t e

Juan José Acevedo Fernández
SINODAL PRESIDENTE .



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JUAN JOSE ACEVEDO FERNANDEZ | Fecha:2020-10-23 12:19:50 | Firmante

U0+OM/SyP/chsnJrwwvxvUYT+5mS0NAteu+AMheRzhStP9RgLL6bPQ/qBvCo8PtZWcd9pIGkpAxaz0+HAUiMeNBS6/G5NHxJiCvsbl5xBRICYpo8GtFW6T/9H7dUG3EaTa1jYU
ngn/xWnSvmLP+GGA01Tng194zRoCS9ynZ2b9TxCLy1SgjZJXXx8gzs2tis8A6L/f6990Avhf4cPbBO6eyQQT7ewcxdeJjR2sV70ltpGAnaFNCyal/GHVXVFXAXn3NpYv2vG14nN5
5EEz14a/jAo7pEdAkh3X5fPPcc1WoxuWvvpEnvrZ1Gw6MC1Uw/5wf1EhqldawDO7Y1RYgA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[AaUmfZ](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8ohn0wJn19TZpduyiaCFTG7yoXc71fhU>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

Voto Sinodal.

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por Ricardo Lopez Solis, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10022630, y que lleva por título **“INTERVENCIÓN NUTRICIONAL CON UN SUPLEMENTO DE JARABE DE AGAVE SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LOS MALESTARES GASTROINTESTINALES DE CORREDORES”**, ha sido revisado a satisfacción, me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el jurado de examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva darle a la presente.

A t e n t a m e n t e

Delia Vanessa López Guerrero
SINODAL SECRETARIO .



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

DELIA VANESSA LOPEZ GUERRERO | Fecha:2020-11-02 15:49:21 | Firmante

lI0f2v7gHLMe32+u2BRz/FOJIE2OBwbY3yxB0gZr43x+0TJd0NNBoUoybqWmfCeFMmB3b+c/75M6EstWifVlb+RlnsdPn7ldQ+l4qt48ipro7sDcxDeHDV1nRBxrMhfqhg3X1iYf4pViqo
jLbDrM+7LEwC9QUZR1E9PnUYGxyZpt2OKaHz0Buo+o+PxY3exaBE6bWZIF9+10y37UzNacre124O5+386SVJln57tafZ1NTHTW6MtBRrYX2j1LGYuEaTYgi2T8Rcy0fe/73G0CF
8ktrehNX8q9SRIPtYbrC/NCbgnnxHkmVYmzaxB1raJ/+FQiahHbeGhLB1Z6ZJcFtQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[SGIDcv](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/3sOfc06guG8fBX5U5ITdlo2mj6kcdzfK>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

Voto Sinodal.

COMISIÓN ACADÉMICA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN PRESENTE

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por Ricardo Lopez Solis, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10022630, y que lleva por título **“INTERVENCIÓN NUTRICIONAL CON UN SUPLEMENTO DE JARABE DE AGAVE SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LOS MALESTARES GASTROINTESTINALES DE CORREDORES”**, ha sido revisado a satisfacción, me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el jurado de examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva darle a la presente.

A t e n t a m e n t e

Brenda Hildeliza Camacho Díaz.
SINODAL VOCAL .



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

BRENDA HILDELIZA CAMACHO DÍAZ | Fecha:2020-11-02 20:28:09 | Firmante

d7W+LpHjC7EJ1tWt0X0jWeFvY4i5OI8oeQM4GyFU+M8T/hQMUrNqvE/o8mrcu4mbpckelErrdoEDx2yMKd8teTk/ullKolJ6z8YXQh/EXB468zM0yogMU2crHb6XVJiPaLXOk93lhqQ
ggWPUEmWCccfVXUK6Z79P5EktM58TIX3zw6E/HLptxvwzSI9cb2OCKGSRmFA3g0xQZ+ytxof93Q2B5D5SNnbu5OTDaOI/JAdNFJuijvJXnt/RVdDMLB0NU9RZNem1N2Qy0NIK
+QBUWUf0eLilUwrKDYbRApAwyPvBRmXdhK7RWq2bXvyLGY6PYjiUmX8bic4Fa9JI/+Gddw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



GFvMRy

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/z3iafyz8W2c33SNI2jg1nqH0fOvPQkpu>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

Voto Sinodal.

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por Ricardo Lopez Solis, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10022630, y que lleva por título **“INTERVENCIÓN NUTRICIONAL CON UN SUPLEMENTO DE JARABE DE AGAVE SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LOS MALESTARES GASTROINTESTINALES DE CORREDORES”**, ha sido revisado a satisfacción, me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el jurado de examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva darle a la presente.

A t e n t a m e n t e

Josep Antoni Tur Mari
SINODAL Suplente .



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

TUR MARI JOSEP ANTONI | Fecha:2020-11-02 05:15:33 | Firmante

Pwx5C/i1HjinAz0gG/nLG2wjUF8t2OeDJLNTH14fxjVniiOvzi7DK32XCjQ2I+AmkVknNonY6cS/sUxdQvMryL/laS3MwoH9iG8VFL09G5lR8IXaiqUOeeHf6xHJWO5y8e7zl0vO5cszJvH8OtWU/eEssgARMA5dy41Hgbjby8dR5zGDv/GRg0ig70ajfzepwaEr+pIHVXENyQ0GvDp31cl6vMcnEQDdeflwqE8eEvRTZ1fpSPu7OKou0PtvqdZFz3z7rJoFwTiCZoQr+i7R80tW5f24SlgYjirQoH41Xk4zBaiMnDVOngP5ifES2P8o+7k77zkxWaKs9PyzsoQQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



vTFoxC

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/59UEfkcd77eAgeAsWpYybZaKi01koO8f>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

Voto Sinodal.

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por Ricardo Lopez Solis, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10022630, y que lleva por título **“INTERVENCIÓN NUTRICIONAL CON UN SUPLEMENTO DE JARABE DE AGAVE SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LOS MALESTARES GASTROINTESTINALES DE CORREDORES”**, ha sido revisado a satisfacción, me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el jurado de examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva darle a la presente.

A t e n t a m e n t e

Maria Araceli Ortiz Rodríguez
SINODAL Suplente .



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA ARACELI ORTIZ RODRIGUEZ | Fecha:2020-10-15 22:23:41 | Firmante

DMZA8+1x7RiUbYqSYIquomqkes2cx/NqocQCGYQgUwOmoKMyQoKk7LyfqNL2ISGMDskB0kdMN+hzGGGDMwzxIveNDJKPNcOqpH3hRQwbBBwstx2I9fOalzSjQLN4HJEI3IS
JbdACN1/Lf+ey2rxxkt0/ejWq3PK4LNrNo+psN2gLPqHLkOGOY4sATfjfy2t7GwVss74WBPsfEBcP8URmivqC96sHAB4T1Wqqb5SxxxBNyJVC/Q5DbkUs+BvXzmmkRJLD6hchB
FB/1JdK/XZ0jB4vfCilGn0sbxbEu7X4VG0ODsZTTYUT1CVwLhExcSII5A9xCn1Ki7FK2fOk/OVYA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[1yaOMp](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/2gMPiO8CZSQANouot9shePIroOg5WyPb>

