



## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

**EFFECTO DEL CONSUMO DE GEL DE HIDRATOS DE CARBONO SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA REDUCCION DEL TIEMPO DE EJECUCION EN LA PRUEBA DE 200M LIBRES DESPUES DE 1000M LIBRES AL 80% DEL UMBRAL ANAERÓBICO EN NATACIÓN.**

**TESINA**

**Que para obtener el grado de:**

**ESPECIALIDAD EN ENTRENAMIENTO Y  
DESARROLLO DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO**

**PRESENTA**

**LEF. Juan Manuel Ghandi Mejía Juárez**

**DIRECTOR DE TESINA  
Mtro. Rodrigo Meza Segura**

**Cuernavaca, Morelos**

**Agosto, 2020**



## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

"Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte"

Cuernavaca Mor; a 24 de agosto del 2020

**MTRO. EDUARDO QUINTÍN FERNÁNDEZ  
COORDINADOR DE LA ESPECIALIDAD  
EN ENTRENAMIENTO Y DESARROLLO  
DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO  
PRESENTE.**

Por medio de la presente le informamos el dictamen de la revisión escrita de la tesina titulada:

**Efecto del consumo de gel de hidratos de carbono sobre el rendimiento en la reducción del tiempo de ejecución en la prueba de 200m libres después de 1000m libres al 80% del umbral anaeróbico en natación**, presentada por el alumno **Juan Manuel Ghandi Mejía Juárez** con número de matrícula **100196998**, quien cursó la Especialidad en Entrenamiento y Desarrollo del Rendimiento Deportivo en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Sirva lo anterior para que dicho dictamen permita continuar con los trámites administrativos correspondientes para su titulación y de esta manera obtener su Diploma.

**ATENTAMENTE  
COMISIÓN REVISORA**

No.	NOMBRE	VOTO
1.-	PhD. Santiago Andrés Henao Morán	<b>Aprobado</b>
2.-	M en C D Juan Salvador Gómez Miranda	<b>Aprobado</b>
3.-	Mtro. Eduardo Quintín Fernández	<b>Aprobado</b>
4.-	PhD. Marco Fredy Jaimes Laguado	<b>Aprobado</b>
5.-	Mtro. Rodrigo Meza Segura	<b>Aprobado</b>





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

**MARCO FREDY JAIMES LAGUADO** | Fecha:2020-08-24 20:47:59 | Firmante

qGxH1leWZNF000ebiKUCo8BivjTP8V5db3VmdJcCXLe/gXYuRoqixUgGqQUFpM98qh/M2SMwo4aAwdA1zfHsIXNIZaaQkdJ2J6HW9pDG3hW5XqNT/wML3iso5XKyzUG/U4h3k5r8N3wNUKh9IAC/ZqW5LkPMEcm17Y7VviPj72Yv3dvYOITZKrdv7sAUOP82ptQZlnX2fRHQigE5K5Garbc7IEYk6pkySL8ig2GDZZUP+hSnRnzGmkWjff5Wfey9APKtW/7p5PBcbOc+p5h9kt69axkwTuuEgUKuezr/vMhlnKWnjvjt78Da3z2HxoiZs8TbnPj97gQ==

**SANTIAGO ANDRES HENAO MORAN** | Fecha:2020-08-24 21:04:20 | Firmante

FhJcMs9kOZgoRQYsIM9KxpXbNjou9FaZAILsYlZb5IuXhrP0f+7Smjr74DCWZR/CoKlIEPwplpatQ4gaki2Ryx1czlJ1/TLPI8MHTWN1dau1y8RUv594igKjrS6mobGzAydZl0s/yKyq/r5Ci/Sapn7G1SSIAKquELLmgbvy06VmbvjUwn8QjnEyoOJRWt5LxaAX8oWKKHJAwGPzBDILrCTsvTmZpX3yxPrtjczTCPJbJ0kP5aTt99e1NeOK8TKZwh2sEVCJr4wxPMvYdbUtGr1KlucYgBEzoOvl2DagDynMwzHKvnxnqUqsHaMAvMYT5KwE3NeO3F3L0eVg==

**JUAN SALVADOR GOMEZ MIRANDA** | Fecha:2020-08-24 21:20:53 | Firmante

OgGr1/SIYjNOgRZcL54pU2rc69IAC3gqTLrKd1z4ozvx24aHEIE248+cE16I6MCRNW1+GdKPPxPuv1WmtzV24f6nHqDgzf5IH9Lc7rcG87M2LXbkPmspjwUuf0eTrlx/5bCapvaaRoSKWWtSymbFnFWAu6gKYZRdsRNsoBuDlMMyPkmbaOJfmlVjxmCkBYgpinHBQO+16B64rptf9wqGeM2Dzb9iW9+Qgns3sZ19EoLzSGOuEVRj9giXVwJzVubgZ7KQOm772cnHxDaJbsizy5UUYg0JKufx2laDz5bG+PQsqwZBV6O+B3VITEJrgINZgyifil25TbQSQg==

**EDUARDO QUINTIN FERNANDEZ** | Fecha:2020-08-24 21:34:45 | Firmante

HQdtpWjHRv7BW04EL8UzOkXMMWwqG6J+07NxjqUo3+Rr/97W/Why7yYVrqwUkiwUkwusNKbnLEmyyY0Sokpw6FqPZqwwOtrQDVRxvSGrr7N5cKRgsc2m50ayrh1yiw/cUSBv5XxmTTqkwbjzDTF/xLyWx6lBF0hYI28c8v58V2IFVT1usZ4g1ztQDZrjITvBI3xxkvWiw/Y8oC2mc1HMG/uzGvX7Wwc82cY3d1nY+DKzd1EewKIF3LNPtHJINCJ1cXa/fvmUsoaqlJQGF4bh1TEFxaewclXYfXlQlbiwFe1nFLPA1gM0TQ9DbvY04K78iaAFgO1WqxP4ZfeA==

**RODRIGO MEZA SEGURA** | Fecha:2020-08-24 21:35:05 | Firmante

QezFOid7kd6IHjLUjclYKK5o+naoku7IC4PSTO9nj57oxmZuFgdkK549NjS/Op8OEInvLXGAP5IWErs9FTTB9xgcLmrHRGL+ZwK9RFup6KbPbfyLXDapJ70zqw0PbSGE6Rnmv3j6ERm3cBokxITG69LFU1b0pbkuN05UDPUSIGuY/RHNAVdaLJ8+2mzNjoge2nyN32HMTD+sWiIRFwlvWelpMaAzwwdNdl/8gpmZ1aZEIHdxtng/4km72wixNErmmS/O9x7F7mkHoK3gxJg6frTRqbF4sLRKEY8qeBEE5vZfXukzsJp/vbYa/FPIOcJZDLAAoXl9+3g==

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



HJZgrk

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/9V1gij42H1GszepPihvrtlwj2SHyb>

UA  
EM

Una universidad de excelencia

RECTORÍA  
2017-2023

# Índice

## Contenido

Introducción.....	7
Planteamiento del problema.....	8
Pregunta de investigación.....	9
Justificación.....	9
Objetivo general.....	11
Objetivos específico.....	11
Marco teórico.....	12
1. Natación.....	12
2. Rendimiento deportivo.....	12
3. Nutrición del nadador y metabolismo.....	13
3.1 Obtención de energía.....	14
3.2 Los hidratos de carbono.....	14
4. Vías o Rutas metabólicas.....	15
5. Continuum energético.....	17
6. Glucógeno.....	19
7. Umbral Anaeróbico.....	21
8. Test Sweetenham.....	22
9. Efectos de la ingesta de carbohidratos sobre el rendimiento deportivo.....	23
9.1 Importancia del consumo de hidratos de carbono en la natación.....	25
9.2 Ayudas nutricionales.....	26
9.3 Gel deportivo de carbohidratos.....	28
Hipótesis.....	29
Metodología.....	29
Diseño del estudio.....	29
Selección de la muestra.....	29
Criterios de inclusión.....	29
Criterios de exclusión.....	30
Diseño de la intervención.....	30
<i>Evaluación de la composición corporal.....</i>	<i>30</i>
<i>Evaluación dietética antes de las pruebas y estandarización de la dieta.....</i>	<i>32</i>

<i>Alimentación y ejercicio previo a las pruebas</i> .....	32
<i>Gel deportivo</i> .....	33
<i>Evaluación del rendimiento</i> .....	34
<i>Plan de análisis estadístico</i> .....	35
<i>Aspectos éticos</i> .....	35
<i>Recursos humanos</i> .....	36
<i>Recursos Materiales</i> .....	36
<i>Recursos físicos</i> .....	36
Resultados.....	37
Discusión .....	41
Conclusión .....	45
Referencias Bibliográficas.....	46
Anexos .....	52

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Efectos de la intensidad y duración del ejercicio en la utilización de los sustratos metabólicos. (Adaptado de Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE, 2011). .....	20
Ilustración 2 Requerimientos de hidratos de carbono por temporalidad de la actividad física. ....	25
Ilustración 3 Clasificación de los suplementos según el IAS (Astralia Institute of Sport) daptado de Jensen TE, Richter EA 2012). ....	28

## Índice de Tablas

Tabla 1 Información nutricional gel go® energía isotónica Adaptado de Science in Sport PLC. (1992), History of Science in Sport PLC, visto el 11 de abril de 2019. <a href="https://www.scienceinsport.com/es/gel-go-isotonico-energia-paquete-de-30-naranja#extra-info-wrapper">https://www.scienceinsport.com/es/gel-go-isotonico-energia-paquete-de-30-naranja#extra-info-wrapper</a> .....	33
Tabla 2 Distribución de calorías obtenidos por el recordatorio de 24 horas previo a la prueba (Adaptado de los resultados obtenidos y registrados por el equipo de trabajo de este estudio) .....	37
Tabla 3 Resultados de la composición corporal y tiempos de las pruebas físicas.....	39
Tabla 4 Parámetros corporales por Martínez-Sanz, Mielgo-Ayusoc y Urdampilleta .....	39

## Anexos

Anexo 1 Carta de consentimiento informado. ....	52
Anexo 2 Ficha antropométrica .....	57
Anexo 3 Cuestionario registro de consumo de alimentos.....	58

## Introducción

En la actualidad se sabe que la natación es una actividad deportiva que demanda, un gran desgaste físico y mental, por lo que los deportistas que realizan esta actividad deben poseer un adecuado estado nutricional el cual es vital para dicha práctica, es aquí donde el soporte nutricional juega un papel importante, ya que puede maximizar el desempeño físico. (Latorre, R., Herrador Sánchez, J. y Jiménez Lara, M, 2003). En este contexto, podemos decir que las ayudas nutricionales no son determinantes para el estado de nutrición, pero si pueden mejorar el rendimiento deportivo y de salud. (Urdampilleta A, Martínez-Sanz J, Cejuela R, 2012).

Una inadecuada alimentación afecta de manera indirecta el rendimiento deportivo, así mismo, la literatura científica sobre entrenamientos y nutrición deportiva ha registrado una dualidad, donde las ayudas nutricionales pueden perjudicar o favorecen el rendimiento de los nadadores (Bean A, 2013). Todas las variables dentro de la alimentación deben ser tomadas a consideración de una forma individualizada de acuerdo con cada deporte. La masa corporal, composición corporal, almacén de glúcidos y el rendimiento físico son componentes los cuales pueden ayudar en la progresión de la carrera atlética de un sujeto, existen relaciones entre la composición corporal, las ayudas nutricionales y el rendimiento deportivo los cuales se han investigado en deportistas cuyos deportes requieren un gran gasto calórico como el realizado por Rowlands, Thorburn, Thorp, Broadbent, & Shi, (2008) a ciclistas entrenados y el de Rivera A, Macías J, Ochoa P, Castellanos A. (2016) a corredores de fondo y gran fondo donde llegan a la conclusión de que es posible obtener una mejora en el rendimiento deportivo gracias al uso de ayudas nutricionales, las cuales se pueden considerar de forma segura dentro de la preparación de un atleta. (Rowlands, Thorburn, Thorp, Broadbent, & Shi, 2008) (Rivera A, Macías J, Ochoa P, Castellanos A, 2016).

Por lo tanto, las ayudas nutricionales para deportes de alto esfuerzo son variables deben de estipularse cuidadosamente dentro de un programa deportivo de acuerdo

con el cronograma establecido y a la sensibilidad del atleta. (Rivera A, Macías J, Ochoa P, Castellanos A, 2016). Por esa razón y debido a la escasa información relacionada con el rendimiento de nadadores mexicanos y su relación con el consumo de ayudas nutricionales, durante la presente investigación se evalúa el uso de un gel de hidratos de carbono (glucosa y sacarosa) en nadadores del Centro de Alto Rendimiento CNAR, ubicado en la Ciudad de México pertenecientes a selecciones nacionales mexicanas, con la finalidad de determinar el efecto de su consumo sobre la reducción de tiempo de ejecución en la prueba de 200m libres a máxima velocidad después de un nado de 1000m al 80% umbral anaeróbico. (Urdampilleta A, Martínez-Sanz J, Cejuela R, 2012).

## Planteamiento del problema

La natación a nivel competitiva es uno de los deportes de mayor exigencia que existen, por lo que se busca alcanzar un rendimiento deportivo alto. (Navarro, 2006). Las investigaciones más recientes en los últimos años señalan que los nadadores deben pasar por diversas etapas biológicas y psicológicas para desarrollar las características específicas de cada estilo, según lo señala Latorre, R., Herrador Sánchez, J. y Jiménez Lara, M, (2003). (Navarro, 2004).

El consumo de suplementos para la mejora el rendimiento físico siempre ha sido de interés para los deportistas. (Bulgakova, 2000) Gracias a esto, en los últimos años se ha visto un aumento en el número y temas de publicaciones. (Marines, Salazar, Arroyo, & Perez, 2006) Autores como Lengo Egocheaga & Del valle, (2000) mencionan que las ayudas nutricionales en dosificaciones correctas son favorables al momento de la práctica de las cargas de entrenamientos, (Bulgakova, 2000) (Lengo Egocheaga & Del valle, 2000).

El uso de ayudas nutricionales hoy en día es muy extendido en los deportistas sin embargo no todos estos cuentan con estudios que los respalden, pero si se ha visto que su uso en deportes de gran demanda calórica, pueden facilitar que el deportista llegue a un óptimo rendimiento con una mayor facilidad (Cortegaza L, Luong Cao

D, 2015). Por ende, el uso de ayudas nutricionales durante la preparación física potencializa los efectos deseados, mejorando la condición física para la adaptación a otros estímulos consecuentes. (Nicolaus, 2004) Por lo que se recomienda el estudio de las ayudas nutricionales de forma específica tomando en cuenta el alto grado de individualidad del deportista. (Cortegaza L, Luong Cao D, 2015).

Tomando en cuenta lo anterior el objetivo de este tema es determinar si el uso de geles de carbohidratos, pueden ser utilizados con un beneficio demostrado para los nadadores, evitando así errores metodológicos, teniendo en cuenta para la aplicación de cualquier nutricional es necesario la comprensión de las necesidades nutricionales y los efectos fisiológicos del ejercicio. (Byrne y McLean, 2001).

### Pregunta de investigación.

¿Cuál es el efecto en el tiempo de ejecución al consumir un gel de hidratos de carbono antes de una prueba de 200m de nado libre a máxima velocidad después de realizar un nado 1000m libres al 80% del umbral anaeróbico?

### Justificación

En general, una ayuda nutricional se define como la aplicación de cualquier método o maniobra, la cual puede ser de tipo nutricional, físico, psicológico o incluso farmacológico, estas se realizan con el fin de mejorar la capacidad de realizar un mejor físico determinado, aumentando el rendimiento deportivo. (Dascombe, B.J., Karunaratna, M., Cartoon, J., Fergie, B., & Goodman, C, 2010).

Para un deportista de alto nivel es esencial asegurar un óptimo consumo de energía, con el fin de mejorar su rendimiento durante el entrenamiento y los resultados competitivos. (Nissen SL, Sharp RL, 2003). Como bien se sabe las necesidades de energía en los nadadores son muy variables, tomando en cuenta el desgaste de cada estilo de nado o modalidad (como relevos) y cada distancia a recorrer, los retos

a los que se enfrenta cada atleta son muy desgastantes, las jornadas de entrenamiento son prolongadas y de gran desgaste físico. (Burke, L, 2007). Por lo que los requerimientos nutricionales son tanto particulares como diferentes durante el entrenamiento y la competencia. (Dascombe, B.J., Karunaratna, M., Cartoon, J., Fergie, B., & Goodman, C, 2010).

Los requerimientos nutricionales durante el entrenamiento son similares a los de atletas de resistencia, con una alta demanda calórica, mientras que durante las competencias las exigencias cambian, los atletas se enfrentan a esfuerzos totalmente diferentes, generalmente el número de competencias varía de 2 a 3 al año, por lo que la disminución en el volumen de entrenamiento y alimentación es notable. (Froiland, K., Koszewski, W., Hingst, J., & Kopecky, L, 2004). Sin embargo, tomar en cuenta que en la competencia es muy importante el almacén ideal de energía, además de la recuperación entre cada competencia al esperar su turno y volver a competir soportando más de una prueba competitiva durante dos o incluso más de tres días seguidos.

Por esta razón se pretende que este estudio permita generar información sobre los efectos que genera un gel de hidratos de carbono para apoyar a prevenir la fatiga glucolítica durante la preparación física del atleta y en la competencia (Erdman, K.A., Fung, T.S., & Reimer, R.A, 2006), y establecer el uso del gel de hidratos de carbono como una ayuda nutricional con segura y eficaz, para maximizar los resultados a nivel competitivo. (Nissen SL, Sharp RL, 2003).

## Objetivo general

Determinar el efecto de un gel de hidratos de carbono en el tiempo de ejecución en la prueba de 200m libres después de nadar 1000m al 80% del umbral anaeróbico en nadadores entrenados.

## Objetivos específico

- Determinar la velocidad del umbral anaeróbico en los deportistas mediante la prueba de Sweetenham (Umbral anaeróbico).
- Determinar el tiempo obtenido en un nado de 200m libres con y sin el uso de un gel deportivo posterior a un nado de 1000 m libres a una velocidad correspondiente al 80% del umbral anaeróbico.
- Analizar la diferencia en el tiempo de ejecución de nado, entre los resultados obtenidos en la prueba de 200m a máxima velocidad con el consumo de un gel de hidratos de carbono.

## Marco teórico

### 1. Natación

La natación es conocida como una habilidad, la cual permite al ser humano la posibilidad de desplazarse en el agua, dicha habilidad es lograda gracias a la acción propulsora realizada por los miembros superiores e inferiores del organismo de una manera rítmica, repetitiva y coordinada, permitiendo así mantenerse en la superficie y vencer la resistencia que ejerce el agua. (Salvador L. y col. 2012).

El ser humano no realiza esta acción muscular de manera natural a diferencia de otros animales terrestres quienes utilizan el medio acuático como una actividad para la supervivencia, es una habilidad la cual debe ser aprendida, la cual ha evolucionado al punto de convertirse en una actividad de exhibición y deportiva, durante su historia se han desarrollado una serie de técnicas sistematizadas y estructuradas, que hoy en día se han avalado por la federación internacional de natación en 4 estilos diferentes (crol, dorso, pecho y mariposa). (Salvador L. y col. 2012). De esta manera es como surge la natación como deporte. La enseñanza y el aprendizaje básico tienen como finalidad la prevención y mantenimiento físico de cada persona. (Llana S, Pérez P, Del Valle Cebrián A, Sala P, 2011).

### 2. Rendimiento deportivo

Para distintos autores el rendimiento deportivo está constituido como un tema central dentro de la teoría del entrenamiento, en donde distintos factores como el aspecto físico, la anatomía funcional, la fisiología, la cinesiología, entre otros desarrollan una estructura completa para el rendimiento deportivo. (José Pardo, 2010).

José Pardo postula en el artículo titulado “Las claves del rendimiento deportivo” que el rendimiento deportivo es la capacidad que tiene todo deportista para poner en marcha todos sus recursos, bajo condiciones determinadas de competición. Es por

esta razón que entre más aspectos se trabajen, más probabilidades se tendrán para conseguir los resultados deportivos deseados. (José Pardo, 2010).

El rendimiento deportivo cuenta con factores multifactoriales los cuáles se deben de abordar con la finalidad de hacer un análisis exhaustivo y obtener un seguimiento para del deportista, en una determinada temporalidad. Urdampilleta A, (2012 citado en Platonov VN, 1991). Es muy importante detectar los indicadores del rendimiento deportivo para aumentar la función psico-biológica del deportista al máximo. Urdampilleta A, (2012 citado en Houmard et al 1990).

El estado de nutrición y la alimentación del deportista son factores que deben tomarse en cuenta para la obtención de un aumento del rendimiento deportivo, así como, para adquirir una buena salud de manera constante. (Urdampilleta A, Martínez-Sanz J, Cejuela R, 2012).

### 3. Nutrición del nadador y metabolismo

La alimentación del deportista es el proceso voluntario y consciente por el cual se eligen alimentos durante un periodo de 24 hrs, existen muchas formas de realizarla y es responsabilidad del deportista el saber elegir de forma correcta los alimentos para una adecuada salud y que influyan de una forma positiva en su rendimiento físico. (Palacios N, Montalvo Z, Ribas A, 2009).

Una buena nutrición, contiene diversas características particulares, las cuales son individualizadas para cada organismo, una dieta adecuada, se debe de visualizar en términos de cantidad y calidad, antes, durante y después de los entrenamientos y de la competición. (Harvey, R, 2013).

A partir de la ingesta da inicio el metabolismo, el cual se define como el conjunto de todas las reacciones químicas catalizadas por enzimas que ocurren en la célula, se realiza a fin de cumplir funciones específicas para la obtención de energía química, a partir de la degradación de moléculas ricas en energía (carbohidratos,

lípidos y proteínas) y formar y/o degradar las biomoléculas necesarias para las funciones especializadas de las células. (Appleton, A. Vanbergen, Olivia, 2013) (Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. 2011)

### 3.1 Obtención de energía

La energía es definida como la capacidad para realizar un trabajo. El organismo humano requiere energía para realizar funciones vitales tales como la contracción muscular. (McArdle W, Katch F, Katch V, 2005). La liberación y abastecimiento necesaria de energía para la ejecución de la contracción muscular es un factor esencial para un buen funcionamiento durante el ejercicio. Urdampilleta A, (2012 citado en Houmard et al 1990). Durante la actividad física, el músculo esquelético es el principal consumidor de energía. La tensión que desarrolla el músculo esquelético solo es posible gracias a la energía derivada de la hidrólisis del adenosín-trifosfato (ATP). (McArdle W., Katch F, Katch V, 2005).

Los Hidratos de Carbono (HC) son la principal fuente de obtención de ATP para la obtención de energía para el cuerpo durante el ejercicio. (Urdampilleta A, Martínez-Sanz J, Cejuela R, 2012). Gracias al metabolismo de estos, se obtiene el combustible necesario para mantener una adecuada contracción muscular durante ejercicio. Su producción energética depende de varios factores, como la frecuencia, la duración, la intensidad del ejercicio y el nivel de entrenamiento. (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C, 2012).

### 3.2 Los hidratos de carbono

El rendimiento energético brindado por los (HC) es de 4 kcal/gramo, con algunas diferencias entre ellos: los monosacáridos proporcionan 3.74 kcal/g; disacáridos 3.95 kcal/g y almidón 4.18 kcal/g. (Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Gonçalves C, Rodrigues AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. 2008). La glucosa proporciona la mayoría de la energía que utiliza el cerebro diariamente para su

correcto funcionamiento. Esta puede ser almacenada en el organismo como glucógeno hepático y muscular, este último el cual suministran aproximadamente la mitad de toda la energía que los músculos necesitan. (Peinado, Rojo-Tirado, & Benito, 2013). El papel que juegan los carbohidratos en el metabolismo energético durante el ejercicio pone de manifiesto la importancia de analizar su adecuada ingesta de estos para la obtención de una fuente inmediata de energía o como una forma de reserva (glucógeno muscular). (Burke LM, Kiens B, Ivy JL. 2004).

#### 4. Vías o Rutas metabólicas

Una ruta metabólica es un conjunto de reacciones químicas que llevan a la transformación de una molécula X en una molécula Y, por medio de metabolitos o sustratos. Las rutas metabólicas tienen lugar en la célula del organismo, las cuales se encuentran conectadas unas con otras. Es decir, no se encuentran aisladas en algún sitio en específico, las rutas más importantes comparten metabolitos en ellas con la finalidad de regular el estado de homeostasis del organismo bajo condiciones normales o también bajo condiciones de estrés como durante actividad física de alta intensidad. (Müller-Esterl, W, 2008).

Bajo criterios bioenergéticos las rutas se pueden dividir en:

**Sistema de fosfógenos** o anaeróbico aláctico, este produce la mayor tasa de resíntesis de ATP en una baja unidad de tiempo, por lo que es ideal para todas las actividades musculares de máxima intensidad, por debajo de un minuto de duración. (Müller-Esterl, W, 2008). Se sabe que la creatina, a diferencia de los  $\alpha$ -aminoácidos no puede formar parte de las proteínas o péptidos, por tanto, el organismo humano la utiliza en la reacción de la creatina quinasa (CK) para la resíntesis del ATP. (Müller-Esterl, W, 2008).

**Sistema glucolítico o glucólisis** es una ruta que utiliza la degradación de la glucosa hasta dos moléculas de ácido pirúvico para la producción de moléculas de ATP. Dentro de este sistema la producción enzimática puede ocurrir en presencia

de oxígeno, en donde las moléculas terminarían su oxidación en la cadena respiratoria o bien, en ausencia de este, produciendo una fermentación, en esta vía energética se produce lactato y/o piruvato, los cuales ingresan a las mitocondrias para generar la síntesis de Acetil CoA liberando energía en el ciclo de Krebs y cadena respiratoria. (Poortmans, J.R. 2004).

Al producir la síntesis de Acetil CoA obtenida por cada mol de glucosa se promueve la resíntesis de 36 moles de ATP. Viana-Montaner B.H. y Gómez-Puerto J.R (2012) citado de Margaria y sus colaboradores 1963), quien propuso la teoría de “movilización en serie” que, durante un trabajo de contracción muscular de 10 segundos, la fosfocreatina (PCr) es el único sustrato encargado en la resíntesis de ATP, por lo que pasando este tiempo la PCr se agotaba por completo, iniciando la glucólisis. Esta teoría fue usada y mantenida durante muchos años, hasta que Poortmans (2004 citado de Hultaman y cols. 1983), documentó que solo se necesita una sola contracción muscular de 1 a 3 segundos de duración para dar inicio a la glucólisis resintetizando ATP junto a la PCr, solo que a menor tasa que la PCr y que el trabajo se puede mantener dependiendo las reservas del sustrato, en este caso es el glucógeno, el cual es un polisacárido de reserva energética, formado por cadenas ramificadas de glucosa las cuales son almacenadas en el hígado y en el músculo esquelético. No obstante, debido a la mayor masa muscular distribuida en el cuerpo humano el almacén de glucógeno en este es de tres a cuatro veces más grande que la del hígado. Poortmans (2004 citado de Hultaman y cols. 1983)

**La gluconeogénesis** es la vía de síntesis de glucosa, a partir principalmente de aminoácidos, ocurre primordialmente en el hígado. Es considerada vital en situaciones de ayuno, ya que el cuerpo puede seguir obteniendo glucosa, la activación de esta ruta está ligada con la alimentación de cada persona. Las dietas elevadas en (CH) inhiben la activación de esta ruta, sin embargo, las dietas pobres en glucosa requieren de actividad de una forma significativa. (Voet, D., & Voet, J. G. 2006).

**Sistema Aeróbico** utiliza como combustibles de larga duración, las grasas y el piruvato proveniente de la glucólisis, son oxidados a nivel mitocondrial para producir el intermediario metabólico denominado Acetil CoA con la cual se produce energía durante esfuerzos leves y moderados de contracción muscular con una larga duración y está compuesto por las siguientes rutas. (Poortmans, J.R. 2004).

**Ciclo de Krebs** es la ruta central del metabolismo de los seres orgánicos, tiene la finalidad de unificar el metabolismo de las moléculas más importantes, proteínas, grasas y CH, para la liberación de energía almacenada en la molécula de acetil coenzima A, la cual entra a un proceso de diez pasos enzimáticos donde se producen CO<sub>2</sub> e iones de hidrogeno que se utilizaran en la cadena de transporte de electrones. (Mougios, V. 2006).

**Cadena transportadora de electrones** está formada por una serie de transportadores de iones de hidrogeno, anclados en la membrana de la célula. La cual genera energía en forma de ATP mediante un gradiente electroquímico gracias al flujo de electrones, el cual es un proceso crucial para la síntesis de energía. (Voet, D., & Voet, J. G. 2006).

**Beta oxidación de los ácidos grasos** es el proceso de degradación de ácidos grasos el cual se logra mediante cuatro pasos, la oxidación por FAD, hidratación, oxidación por NAD<sup>+</sup> y tiólisis. Para su degradación y obtención de energía el ácido graso necesita ser activado mediante la integración de la coenzima-A, la cual ingresar al ciclo de Krebs, el rendimiento energético depende de la longitud de cada cadena del ácido graso, la cual puede poseer hasta 16 carbonos y produce en total 106 moléculas de ATP. (Mougios, V. 2006).

## 5. Continuum energético

Dentro del organismo se producen constantemente las rutas metabólicas para la liberación de energía sin embargo el continuum energético nos presenta en qué

momento y bajo qué circunstancias el organismo escoge la ruta indicada para la producción y la resíntesis del ATP. (Calderón FJ. 2012).

Durante la transición del estado de reposo al ejercicio intenso, la célula muscular necesita una demanda energética 150 veces mayor a la inicial Peinado A (2013 citado de Sahlin et al, 1998). Frente a estos estímulos producidos por el cuerpo se activa la sincronía de tres sistemas de resíntesis del ATP, sistema de fosfógenos, sistema glucolítico y sistema aeróbico, su funcionamiento está constituido por la interacción durante la actividad por lo que el concepto de continuum energético establece que, durante la contracción muscular de cualquier tipo, los tres sistemas energéticos se encargan de promover la resíntesis de ATP en una continua coexistencia para su funcionamiento. (Viana-Montaner B.H. y Gómez-Puerto J.R. (2012). Por lo tanto, dependiendo del tipo de ejercicio, habrá un sistema que predominará en la resíntesis del ATP. (Calderón FJ. 2012).

Entre los factores con los cuales se determina la predominancia de un sistema energético durante la contracción muscular específica, se encuentra, la duración del esfuerzo, la Intensidad de la contracción muscular, la concentración de substratos energéticos y la densidad del esfuerzo. Peinado A (2013 citado de Sahlin et al, 1998). (Viana-Montaner B.H. y Gómez-Puerto J.R, 2012).

Los sistemas anaeróbico aláctico, predominará durante los primeros 5" de contracción muscular continua de alta intensidad, a partir del primer minuto de ejercicio, el sistema anaeróbico láctico es el que predomina, y más allá del primer minuto de actividad continua, el sistema anaeróbico será el principal responsable en la producción de energía. (Viana-Montaner B.H. y Gómez-Puerto J.R, 2012).

De igual forma si los ejercicios son de alta o muy alta intensidad el sistema que predomina es el glucolítico o el sistema de los fosfógenos, la intensidad ejercida durante la actividad física es de mayor importancia que la duración del tiempo. Si un esfuerzo se genera en un tiempo de 6 segundos, pero a una velocidad muy baja

el sistema energético que predomina en ese momento es el aeróbico y no anaeróbico, en caso contrario, retomando la misma línea de análisis si un esfuerzo es programado a realizar una actividad física de 30 minutos a una velocidad moderada, pero al finalizar el estímulo y de forma continua se produce una actividad de 20 segundos, pero con un máximo esfuerzo, el sistema predominante durante los primeros 30 minutos será el aeróbico, siendo el sistema anaeróbico o glucolítico el responsable de la aceleración de los últimos 20 segundos. Así, es como se conocen de qué manera se produce la energía en protocolos de ejercicio en donde se realizan cambios constantes en la intensidad de contracción muscular. (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

La concentración del sustrato energético es un factor limitante en la producción de energía, la insuficiente resíntesis generada de PCr durante un esfuerzo, hará que, el sistema cambie al glucolítico usando el glucógeno para generar la resíntesis de ATP y mantener el trabajo. (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

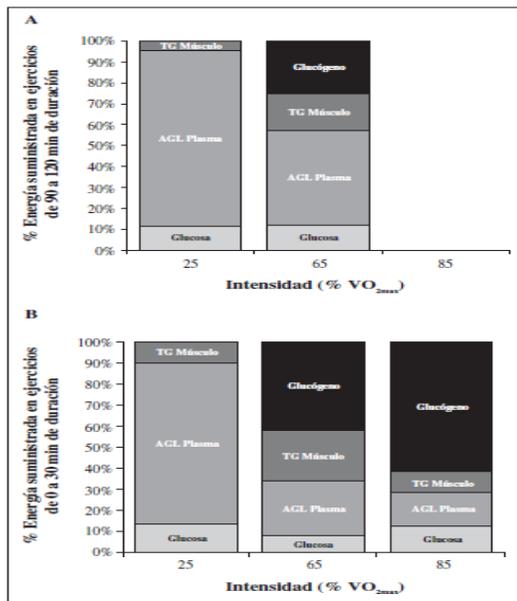
## 6. Glucógeno

El glucógeno muscular junto con la glucosa sanguínea son las principales fuentes de almacén de glucosa y son utilizados como sustrato energético en deportes, donde las intensidades superen el 60-70% del VO<sub>2</sub>max, la importancia de la utilización de estos sustratos aumentara de forma progresiva y conjunta, de acuerdo con el volumen, la frecuencia, la intensidad del ejercicio y también es influida por la genética, el sexo, la condición física y la dieta. (Burke LM, Kiens B, Ivy JL. 2004).

Dentro de la preparación deportiva la disponibilidad de glucógeno durante el ejercicio, así como una posterior recuperación de los depósitos, juegan un papel primordial para un buen rendimiento. El sistema muscular dispone de una elevada concentración de glucógeno, aproximadamente de 1.500- 2.000 kcal para energía rápida, por ello, es esencial que los deportistas busquen mantener y aumentar los depósitos de glucógeno. (Calderón FJ. 2012). El hígado es también un depósito de glucógeno el cual proporciona alrededor de 250-300 kcal las cuales durante el

ejercicio cumple con la función de mantener la glucemia y el aporte de glucosa al cerebro. (González-Gross M, Gutiérrez A, Mesa JL, Ruiz-Ruiz J, Castillo MJ. 2001).

*Ilustración 1 Efectos de la intensidad y duración del ejercicio en la utilización de los sustratos metabólicos. (Adaptado de Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE, 2011).*



El gasto de glucógeno depende de las características de esfuerzo de cada deporte los cuales se pueden dividir en: **submáximos, máximos o supra máximos**. (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

Durante un **esfuerzo submáximo** de larga duración, la intensidad baja, disminuye la utilización del glucógeno muscular, que es menor que la de las grasas y cuanto mayor sea la duración la predominancia en la utilización de los ácidos grasos para la obtención de energía aumentara. Riera-Riera (2005) citado de Holloszy JO, Kohrt WM. 1996). Como lo observamos en la **Ilustración 1**.

Los depósitos de glucógeno dentro del musculo pueden ser agotados. Es por ello, el tejido adiposo y el hígado suministran combustible a las fibras musculares como forma de ayuda ante desabasto. (Riera-Riera, 2005).

La interrelación entre los tejidos permite que no se llegue a un agotamiento completo en las reservas de glucógeno, en consecuencia, las reservas del glucógeno son una de las principales limitantes para realizar un ejercicio prolongado. (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

Durante los **esfuerzos máximos o supra máximos** de corta duración la vía metabólica anaeróbica entra en acción. El sistema del fosfógeno, la glucosa y el glucógeno constituyen las principales fuentes de energía. (Calderón FJ, 2012) La contribución del glucógeno muscular para esta intensidad puede ser del 20% en los primeros 30 segundos de esfuerzo, del 55% en los 60 a 90 segundos de esfuerzo y del 70% en los 120 a 180 segundos de esfuerzo. (Sosa, 2009).

## 7. Umbral Anaeróbico

El umbral Anaeróbico (UA) (AT, por sus siglas en inglés anaerobical threshold) o capacidad Aeróbica es considerada como la capacidad para utilizar la energía proveniente de la glucólisis aeróbica y la reservar de glucógeno muscular para utilizarlo durante alguna prueba de máxima velocidad. (Pardo. 2001). Se entiende como umbral anaeróbico, a aquella intensidad (velocidad) máxima alcanzada y mantenida durante un periodo de tiempo prolongado sin llegar al agotamiento manteniendo un estado de lactato estable. (Bouzas Marins, J.C., Ottoline Marinsa, N.M., y Delgado Fernández, M, 2010).

Varios autores adaptaron este concepto basados en estudios realizados sobre potenciales máximos de contracciones sobre grupos musculares, como lo observo Pardo (2001 citado de Monod y Scherrer 1965), donde se menciona que “es la tasa máxima de esfuerzo que un músculo puede sostener sobre un estímulo realizado durante el mayor tiempo posible sin fatigarse”.

El umbral de lactato (LT por sus siglas en inglés Lactate Theshold), utilizado como símil del UA, es el punto de quiebre del lactato sanguíneo, al realizar una actividad física, cuando la concentración de lactato se elevada por encima de niveles

normales de reposo, causa fatiga. (Bouzas Marins, J.C., Ottoline Marinsa, N.M., y Delgado Fernández, M, 2010). Se han realizado distintos estudios en deportistas que han determinado valores promedio de lactato en torrente sanguíneo, con los cuales se determina el umbral de lactato (LT), se estiman valores de 4.1 y 4.4 mmols de lactato para llegar al punto de acumulación estándar de referencia conocido como OBLA (por su siglas en ingles Onset Of Blood Lactate Accumulation) el cual dicta, que los parámetros por debajo de este, son valores soportados por los deportistas si tener efectos contraproducentes, y que por encima de este se presenta el agotamiento. (Brooks G, 2000).

Para determinar el umbral anaeróbico sin realizar pruebas de lactato en sangre y estimar el rendimiento deportivo se pueden utilizar test de rendimiento deportivo, los cuales estiman parámetros de forma indirecta, arrojando puntos de referencias de la capacidad física. (Calderón, F.J., Benito, P.J., Peinado, A.B., y Díaz, V, 2008).

## 8. Test Sweetenham

El test Sweetenham valido para determinar el (UA), fue creado por Bill Sweetenham, cuyo protocolo consiste en un calentamiento estándar de 800 a 1200 metros, se coloca un grupo de nadadores en la posición de inicio dentro de la piscina, y a la señal se realizan 10 repeticiones de 100metros de nado libre, con pausas de 10 segundos entre cada repetición, se tiene que buscar un paso estable que permita realizar las 10 repeticiones en similares velocidades de nado (es decir en tiempos de ejecución similares). Al finalizar la última repetición y terminar el descanso correspondiente de 10 segundos, el nadador indicara con la mano elevada que ha concluido, en este momento se detiene el cronometro. El análisis del resultado será el siguiente: Al tiempo total (TT) expresados en segundos, se le restaran los 100 segundos de las 10 pausas, este resultado obtenido será dividido entre las 10 repeticiones para calcular el promedio de tiempo por cada repetición, este promedio de tiempo es el resultado de la prueba y corresponde a la velocidad de nado a la cual se encuentra el UA. (Sánchez A, Salguero del Valle A, 2015).

## 9. Efectos de la ingesta de carbohidratos sobre el rendimiento deportivo

Los (HC) en el ejercicio tienen como objetivo mantener los depósitos de glucógeno muscular y aportar un adecuado suministro de energía, esta actividad metabólica se lleva a cabo gracias al aporte de glucosa al músculo y el aporte de glucosa y fructosa al hígado, permitiendo la síntesis de glucógeno. (Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. 2005).

Para poder soportar el esfuerzo que genera el cuerpo durante el deporte se necesita energía extra y para ello utilizará el glucógeno almacenado, teniendo en cuenta que su disminución se relaciona con la aparición de la fatiga, por ello es importante que el deportista consuma (HC) en cantidad suficiente para disponer de reservas musculares y hepáticas las cuales se agotan tras aproximadamente dos horas de ejercicio. (UNED, 2015); (Fernández A., 2003); (Quesada J & Beltranena, 2002); (Paz, 2006); (Álvarez, 2014); (Tomico, 2015).

Los (HC) son una fuente rápida para la obtención de energía, en actividades aeróbicas de baja intensidad donde se utiliza solo el 30% del consumo de oxígeno máximo VO<sub>2</sub>max, la producción energética mediante los carbohidratos es del 10 al 15% en cambio si las actividades aumentan o son de una intensidad mayor llegando al 70-80% del consumo máximo de oxígeno VO<sub>2</sub>max la oxidación de carbohidratos llega a un 85%, o incluso se estima un 100% para ejercicios de máxima esfuerzo. (Jensen TE, Richter EA 2012) (Burke, Louise 2007).

Por lo tanto, una buena ingesta de carbohidratos no sustituye un entrenamiento o una preparación física, pero si una inadecuada ingesta puede perjudicar el rendimiento en un deportista. (USDA NAL. 2015) (Williams, M. 2002).

Se ha demostrado así, que el consumo de (HC) es esencial para los deportistas (Mataix J, Martínez JA. 2006), en los siguientes puntos se explicarán los efectos de

su ingesta antes, durante y después del ejercicio y como los nadadores se pueden ver beneficiados con estas técnicas por su gasto energético elevado por un tiempo prolongado. (Williams, M, 2002).

### **Recomendaciones de consumo de carbohidratos para el entrenamiento.**

Durante las primeras 3 o 4 horas previas al entrenamiento de alta intensidad o competencia de natación, la recomendación de (HC) consisten en ingerir alimentos de alto índice glicémico (IG) (Shiou-Liang Wee, Clyde Williams, Kostas Tsintzas, Leslie Boobis. 2005), con un aporte de 4 a 5 gr. de HC/kg del peso corporal, en particular hidrolizados de almidón (como maltodextrina) los cuales poseen menor dulzor y menor osmolaridad lo cual produce una mejora a la tolerancia digestiva que a diferencia de otros monosacáridos como la fructosa. Además, de que se sugiere que el aporte sea bajo de proteína, fibra y grasas. (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. 2012).

### **Carbohidratos durante el ejercicio y la competencia**

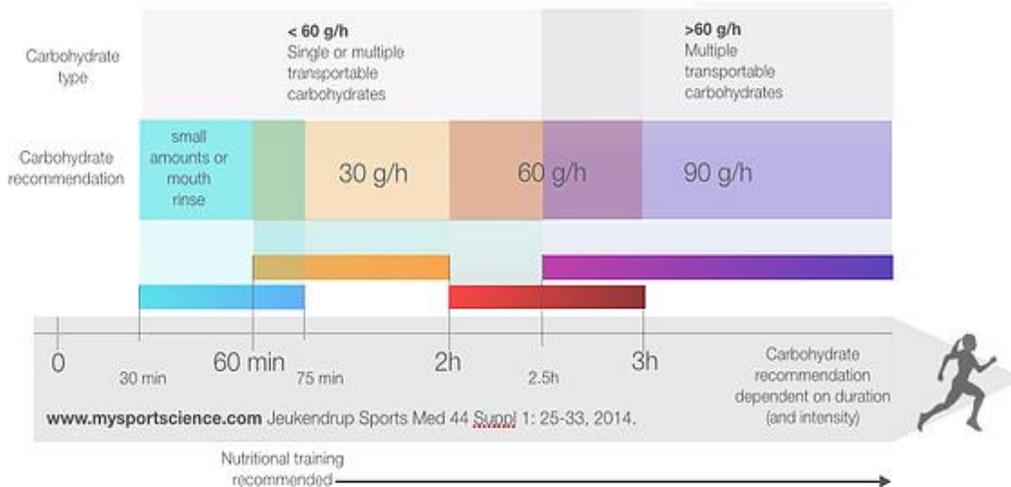
Se ha observado distintos beneficios en el aporte de carbohidratos durante la competencia en nadadores. La ilustración 2 sugieren aportes de 30g/h, para actividades o estímulos continuos por arriba de 60 min y menor de 2h, para actividades o estímulos continuos por arriba de 2h y menor de 3h la ingesta aumenta a 60g/h y actividades o estímulos continuos por arriba de 3h la ingesta aumenta a 90g/h. (Onzari M. 2008) (Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Gonçalves C, Rodrigues AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. 2008).

De igual manera teniendo en cuenta la fisiológica del vaciamiento gástrico para las soluciones de carbohidratos donde el aporte de carbohidratos durante la competencia sea a través de líquidos o geles las cuales son favorecidas por sus presentaciones hidratantes. (Onzari M. 2008) Los geles deben contener una mezcla de glucosa, maltodextrina y fructosa, con la precaución que la fructosa no sea el único carbohidrato ni que sea el que predomine, ya que la fructosa por si sola se

asocia con una menor velocidad en el vaciamiento gástrico y, por lo tanto, no tiene una tolerancia digestiva adecuada. (Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Gonçalves C, Rodrigues AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. 2008).

*Ilustración 2 Requerimientos de hidratos de carbono por temporalidad de la actividad física.*

*Adaptado de Jeukendrup A. (2014).*



## 9.1 Importancia del consumo de hidratos de carbono en la natación.

La natación competitiva está dividida en diferentes pruebas como lo establece el Reglamento Técnico de Natación 2013-2017 (Real Federación Española de Natación, Congreso Doha, 2013). De las cuales destacan NATACION LIBRE= 50m, 100m, 200m, 400m, 800m femenino, 1500m masculino, relevos 4x100m 4x200m. MARIPOSA – ESPALDA- BRAZA= 100m, 200m ESTILOS INDIVIDUAL 200m 400m y RELEVOS DE ESTILOS 4x100m. (Maglischo, E.W. 2009).

Debido a que este deporte es practicado en el medio acuático, el gasto energético es mayor que el registrado en deportes practicados en el medio terrestre, debido a la densidad del agua. (Álvarez, A. 2014).

Los estudios han demostrado que el gasto energético de los nadadores es muy elevado, Tomico (2014) estimó que para nadadores de género masculino el gasto energético en competencia alcanza las 2954 kcal. (Tomico., 2014).

Durante los entrenamientos se pueden superar los 6000 metros nadados (Tomico., 2014), por lo que se han registrado necesidades energéticas elevadas en hombres, de 3600-4000 Kcal/día a los 12 años, de 4800-5000 Kcal/día entre 13-14 años, de 5000-6000 Kcal/día entre los 15-18 años, de 5000-6000 Kcal/día entre los 18-25 años. (Gallar., 2010). En mujeres el gasto energético también es elevado, entre 3500-4000 Kcal/día a los 12 años, de 4000-4500 Kcal/día entre los 13-14 años y de 4100-4800 Kcal/día de los 15 en adelante. (Gallar., 2010)

Por otro lado, el estudio realizado por Sousa y col. (2011). Determinó el consumo máximo de oxígeno en un esfuerzo máximo en el nado de 200 m en estilo crol, mediante el análisis de ocho nadadores masculinos, a los cuales se les realizó oximetría (cada 5 s), se determinó que la media del consumo de oxígeno fue de 69.0 ( $\pm$  6.3) ml/kg/min, alcanzando durante la prueba intensidades entre el 70 y el 80% del VO<sub>2</sub>max, donde como se explicó anteriormente, la oxidación de lo CH, será la principal fuente de energía, aportando hasta un 85% de esta. (Jensen TE, Richter EA 2012) (Burke, Louise 2007).

Debido a las características enlistadas anteriormente, se reconoce el uso de los (HC) como la principal fuente de energía, tanto en el entrenamiento como en las competencias, de ahí la importancia de su correcto consumo y la implementación de estrategias nutricionales que los favorezcan, como el uso de ayudas nutricionales. (AND, 2012) (Appleton, A.; Vanbergen, Olivia, 2013).

## 9.2 Ayudas nutricionales

Se ha definido el término “ayuda nutricional” como cualquier medio para aumentar la utilización de energía, incluyendo la producción de energía, su control y su

rendimiento. (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2005) (Bielsaki, H & Grimm, P., 2007).

Se sabe que debido a las grandes exigencias que implica el deporte, los atletas profesionales consumen ayudas nutricionales para mantener y/o aumentar el nivel de prestación motora, minimizando las manifestaciones. (Phillips SM, Moore DR, Tang J. 2007). Derivado de este uso se hace necesario generar una clasificación de seguridad y eficacia de las diferentes ayudas mediante controles e investigaciones realizadas en deportistas. (Oliver AJ, Leon MT, Hernandez EG. 2008) (Tipton KD, Witard OC 2007).

Dentro de los principales métodos de clasificación de la evidencia científica se encuentra el utilizado por el instituto australiano del deporte (AIS, por sus siglas en inglés), donde clasifica a los suplementos en 4 grupos de acuerdo con la evidencia científica de cada una (Burke, Louise. 2007) (Appleton, A.; Vanbergen, Olivia, 2013).

**A:** Aprobados, los cuales que aportan energía o nutrientes, y sus beneficios en el rendimiento están comprobados científicamente.

**B:** Bajo consideración, son las ayudas sin evidencia científica sustancial, pero las cuales son de interés, se requieren más estudios o la información inicial es prometedora.

**C:** Sin evidencia, son todas las sustancias o métodos los cuales no ayudan e incluso pueden hacer daño.

**D:** Prohibidos, son todas las sustancias consideradas dopaje y están estrictamente prohibidas.

(Burke, Louise. 2007).

En la ilustración 3, se muestran la clasificación de las principales ayudas nutricionales utilizadas en el ambiente deportivo de acuerdo con el IAS, Como se puede observar los geles de carbohidratos son suplemento clasificado en el

apartado A como aprobados, sin embargo, la evidencia científica de su utilidad en natación es poca. (Jensen TE, Richter EA 2012).

*Ilustración 3 Clasificación de los suplementos según el IAS (Astralia Institute of Sport) daptado de Jensen TE, Richter EA 2012).*

Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Aprobado	En evaluación	Beneficio no claro	Prohibido
Líquidos Comidas líquidas Gel, barras Cafeína Creatina Bicarbonato Vitamina C y E Zinc y Vitamina C Multivitamínicos Fierro Calcio Glicerol Electrolitos (reemplazo) Glucosamina	Glutamina Hidroximetil-Butirato (HMB) Calostro Pro biótico Ribosa Melatonina	Aminoácidos (no de la dieta) Ginseng Cordyceps Inosina Coenzima Q 10 Citocromo C Carnitina Polen abeja Picolinato de Cromo Piruvato Vitamina B 12 (inyectable) Agua oxigenada	Androstenediona Norandrostenediol DHEA Testosterona <i>Tribulus Terrestris</i> (testosterona de origen natural) Efedra Estricnina

### 9.3 Gel deportivo de carbohidratos

El gel deportivo es una fuente altamente concentrada de HC (20-25g), de fácil digestión, su estructura es más concentrada que las bebidas deportivas y contienen más electrolitos. En los últimos años esta ayuda deportiva se ha estudiado por su efectividad en deportes como futbol atletismo y ciclismo. El primer gel energético, Leppin Squeezy®, el cual se introdujo al mercado en mitad de los años 80 y fue desarrollado por el Dr. Tim Noakes, (Energy gel central., 2014). Este, fue pionero para la producción e investigaciones del consumo en distintos deportes, años más tarde, en 1991, emergió Gu® Energy Gel, el cual inició que numerosas compañías enfocadas en el deporte entraran en el mercado de geles deportivos. (Energy gel central., 2014).

A pesar de que existen varias investigaciones en geles deportivos se han publicado pocos estudios bien controlados sobre la respuesta a la dosis particularmente en natación. La mayoría de los estudios antiguos tienen problemas en cuanto a la metodología la cual hacía difícil establecer una verdadera relación de respuesta a la dosis entre la cantidad de carbohidratos ingeridos y el beneficio en el rendimiento deportivo. (Rodríguez et al., 2009).

## Hipótesis

El consumo de un gel de hidratos de carbono, consumido entre pruebas, disminuirá el tiempo de ejecución del 200m libres a máxima velocidad después de un nado de 1000 m libres al 80% del umbral anaeróbico.

## Metodología

### Diseño del estudio

Estudio cuasiexperimental cruzado de preprueba/postprueba con un solo grupo de estudio.

### Selección de la muestra

Muestreo por conveniencia, Atletas de natación que se encuentren actualmente entrenando, considerados talentos deportivos, afiliados al CNAR.

### Criterios de inclusión

- Que se encuentren activos y afiliados en el CNAR con entrenamientos continuos en natación en cualquier estilo (con >1 años de experiencia en cualquier estilo de nado)
- Que cuenten con el consentimiento informado firmado (en caso de ser menores de edad, firmado por padres o tutores).

- Que no consuman drogas o sustancias que puedan alterar el rendimiento durante todo el proceso de estudio y por lo menos 2 años anteriores a este.

### Criterios de exclusión

- Que reporte algún inconveniente físico o de salud.
- No cumplir con el protocolo completo o que no se apeguen a las indicaciones previas a las pruebas.
- 

### Diseño de la intervención

#### *Evaluación de la composición corporal*

Previo a las evaluaciones se tomará y registrará el sexo, edad, estatura con el mismo protocolo utilizado en la investigación de Alicia S (2012). que se realizó a los deportistas españoles altamente entrenados:

Se utilizo una báscula BC-568 de bioimpedancia, aprobada por la FDA, que se encuentra en la línea profesional de analizadores de composición corporal segmentaria de TANITA utilizando la tecnología exclusiva de análisis de impedancia bioeléctrica.

Mediante el protocolo Isak se tomarán las mediciones antropométricas:

- Longitudes: Acromio radial y Trocántera tibial lateral.
- Perímetros: Brazo relajado, Muñeca, Tórax meso esternal, Cintura mínima, Cintura máxima, Muso medio y Pantorrilla máxima.
- Diámetros: Femoral, Humeral y Muñeca.
- Pliegues: Suba escapular, Biceps, Triceps, Supra espinal, Abdominal, Muslo medio, Pantorrilla y Trocantera tibial lateral.

Para la medición de estas se utilizó un estadiómetro marca seca 213 el cual es empleado para medir la estatura y un antropómetro marca Smartmed el cual se utilizó para la medición de las alturas, longitudes y grandes diámetros.

Para la obtención de la composición corporal se utilizan fórmulas predictivas las cuales se muestran a continuación

Formula Whithers para la densidad corporal:

- Varones:  $1.0988 - (0.0004 * (PI.triceps + PI.subescapular + PI.biceps + PI.supraespinal + PI.abdominal + PI. muslo anterior + PI. pierna medial))$ .
- Mujeres:  $1.17484 - (0.07229 * (\text{Log} (PI.triceps + PI.subescapular + PI.supraespinal + PI. pierna medial)))$ . Alicia S. Canda (2012 citado en Whithers, R. T.; Craig, N. P.; Bourdon, P. C.; Norton K. I. 1987).

Una vez calculada la Densidad Corporal (DC) se estima el porcentaje de grasa mediante la fórmula de Siri:  $((4,95/DC) - 4,5) * 100$ . Alicia S. Canda (2012 citado en Siri, W. E. 1956).

Fórmula para la obtención de la masa muscular según método de De Rose y Guimaraes: Masa muscular (kg) = masa corporal – (masa grasa + masa ósea + masa residual) donde:

- La masa grasa se estima por la ecuación de Whithers

- La masa residual según la ecuación de Wurch la cual es:

varones:  $\text{Peso total (kg)} * 0.241$

mujeres:  $\text{Peso total (kg)} * 0.209$

- La masa ósea por la ecuación de Von Döbeln, modificada por Rocha:  $3.02 * \{(Talla^2 (m) * \text{Diametro biestiloideo (m)} * \text{Diametro biepicondileo de Femur (m)} * 400)\}^{0.712}$ . Alicia S. Canda (2012 citado en Porta, J.; Galiano, D.; Tejedo, A.; Gonzalez, J. M. 1993).

Al finalizar los análisis antropométricos y de composición corporal, se puede dividir el cuerpo del deportista en un modelo de 4 componentes (masa grasa, masa muscular, tejido óseo y tejido residual, estos tres últimos correspondientes a la masa magra) (Alicia S. Canda 2012).

### *Evaluación dietética antes de las pruebas y estandarización de la dieta.*

Se estipulo un plan nutricional en un periodo mínimo de 5 días tomando valores de sugerencias emitidas en estudios de consumo de macronutrientes realizados a deportistas entrenados. (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. 2012). Tomando en cuenta las características de intensidad y volumen de esfuerzo de las pruebas a realizar durante la investigación se estipulo una unificación y consumo de kilocalorías requeridas, con una distribución de 8 gr/kg de peso de HC. (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. 2012), 1.8 gr/ Kg peso de Proteína (Tipton KD, Witard OC 2007) y el restante para el 100% de Lípidos, (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2005). Estableciendo así un buen protocolo en nutrición deportiva sobre el consumo de macronutrientes previo a una prueba o competencia con la intención de un abasto y almacén correcto de glúcidos, evitando así sesgos en la investigación.

### *Alimentación y ejercicio previo a las pruebas*

Durante la investigación se les indico a los deportistas evitar el consumo de bebidas alcohólicas o con cafeína (evitando una alteración en el rendimiento por el uso otras ayudas nutricionales diferentes a la investigada durante el ejercicio demostradas mediante evidencia científica Australian Institute of Sport, 2006) seguir el plan nutricional y evitar una actividad física intensa al menos 48 horas previas a las evaluaciones. (con la intención de prevenir un desabasto del glucógeno muscular y produciendo un almacén adecuado). (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

Durante la evaluación fisca se aplicará un recordatorio de 24 horas para evaluar la alimentación del día previo, con la finalidad de replicar la misma alimentación previo a la prueba posterior, la cual se realizó con un periodo de 48 horas, para un descanso correcto a la actividad con la intención de prevenir un desabasto del glucógeno muscular y produciendo un almacén adecuado) (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. 2012).

## Gel deportivo.

Para esta investigación se utilizó el gel de HC go® energía isotónica de 60 ml de la marca Science in Sport PLC (SiS, por sus siglas en inglés) empresa que fabrica y comercializa productos de nutrición deportiva. El gel ofrece un suministro de carbohidratos para la actividad física de una forma rápida y de fácil digestión, esta diseñados para ser consumidos sin utilización de agua, la proporción de HC que suministra el gel es de 22 gramos. Los ingredientes y la tabla 1 nutricional del gel fueron obtenidos de la página principal de la empresa de los cuales se describen a continuación:

Ingredientes: Agua, maltodextrina (de maíz) (33%), agentes gelificantes (goma gellan, goma xantana), aromatizantes naturales, reguladores de la acidez (ácido cítrico, citrato de sodio), conservantes (benzoato de sodio, sorbato de potasio), edulcorante (acesulfame K), Cloruro de sodio, antioxidante (ácido ascórbico). (Science in Sport PLC, 2019).

*Tabla 1 Información nutricional gel go® energía isotónica Adaptado de Science in Sport PLC. (1992), History of Science in Sport PLC, visto el 11 de abril de 2019. <https://www.scienceinsport.com/es/gel-go-isotonico-energia-paquete-de-30-naranja#extra-info-wrapper>*

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Valores típicos	Cada 100ml	Porción 60ml
Energía	613kj/144kcal	368kj/87kcal
Proteína	0.0g	0.0g
Carbohidratos	36g	22g
de los cuales azúcares	1.0g	0.6g
Grasa	0.1g	0.0g
de los cuales saturada	0.0g	0.0g
Fibra	0.1g	0.0g
Sal	0.01g	0.01g

*Se eligió el go® energía isotónica de 60 ml de entre los muchos que hay en el mercado, porque no cuenta con otras ayudas nutricionales como la cafeína, L-leucina, L-Isoleucina, entre otras, las cuales puedan generar sesgos en los*

*resultados de la investigación. (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. 2012).* Los geles fueron adquiridos por el equipo de investigación, por lo que no se tiene conflicto de intereses.

### *Evaluación del rendimiento*

En la primera prueba se realizará la prueba de Sweetenham para la obtención del umbral anaeróbico de acuerdo con el protocolo estipulado en el marco teórico, previo a este se realizó un calentamiento estándar de 800 metros y 12 x100m (3 de crol 1 de pecho 3 de crol 1 de dorso 3 de crol 1 de mariposa), cabe mencionar que cada vez que se aplique el test se deberá realizar el mismo calentamiento.

Una vez determinada la velocidad de nado a la cual se encuentra el UA se obtendrá el 80% del mismo, para poder estandarizar la velocidad a la cual tendrán que nadar los 1000m de estilo libre, con la finalidad de evitar una fatiga excesiva inducida por la modificación del PH intramuscular, para posterior nadar los 200 m estilo libre a máxima velocidad. Este protocolo se establece tomando en cuenta las características de los esfuerzos intermitentes a las cuales se lleva a cabo el nado (intensidad y tiempo) mediante el continuum energético podemos observar que la obtención de la energía necesaria es determinada por la resíntesis de glucógeno almacenado y la realización del sistema glucolisis utilizando HC simples. (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

Se dividió a los integrantes de forma aleatoria en dos grupos, el grupo A nadará primero con gel de (HC) y la segunda sin este, mientras que el grupo B lo hará al revés.

La segunda prueba se realizó a las 24 horas después de la primera prueba, para la recuperación y re almacenamiento de glucógeno muscular, (Jensen TE, Richter EA 2012) se realizó el calentamiento establecido, continuando con la prueba de 1000m de nado libre a la velocidad del 80% del umbral anaeróbico, esta velocidad debe ser detalladamente monitoreada, por lo cual se dividirán los 1000 m en 50m, para así

cuidar que el deportista no altere la velocidad (aumentándola o disminuyéndola), una vez finalizados los 1000m el deportista tiene un lapso de 10 segundos para realizar el consumo del gel deportivo con , posteriormente a eso realizara un prueba de 200m de nado libre a máxima velocidad el cual será monitoreado y cuantificado por cronometro.

La tercera prueba se realizó a las 24 horas después de la segunda prueba, para la recuperación y realmacenamiento de glucógeno muscular, la cual se realizó bajo el mismo procedimiento, pero sin el uso del gel.

Si en algún momento el deportista presenta o refiere algún malestar descrito anteriormente de inmediato abandonará la prueba y se referirá al centro médico más cercano utilizando el protocolo del MANUAL PARA LA FORMACIÓN DE PRIMEROS RESPONDIENTES EN PRIMEROS AUXILIOS. (Secretaría de Salud 2010). Y de ser necesario el protocolo del manual SALVAMENTO ACUÁTICO. (Alfredo Esquivel Enríquez 2015). Con el fin de salvaguardar la vida del atleta.

#### *Plan de análisis estadístico*

El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico Stata versión 14.

Se evaluó la posibilidad de la influencia del consumo de gel de HC con un mayor rendimiento, a través de un análisis bivariado para evaluar el rendimiento de la prueba con respecto a las variables de interés (composición corporal y tiempos de la prueba) para determinar la relación que existe entre ellas.

Las evaluaciones se hicieron con la prueba T de student para variables continuas y para las pruebas antropométricas de cuatro componentes se usó chi cuadrada.

#### *Aspectos éticos*

De conformidad con la Declaración de Helsinki, el presente protocolo se someterá a valoración por el Comité de Ética en Investigación. De acuerdo con el Reglamento

de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en su artículo 17, se considera la presente propuesta como investigación con riesgo mínimo. Todos los atletas serán informados del propósito y los métodos de este estudio antes de su inscripción y solo aquellos que firmen el consentimiento informado (Anexo I) podrán ser parte del estudio.

#### *Recursos humanos*

- 3 alumnos de la Especialidad en Entrenamiento y Desarrollo del Rendimiento Deportivo.
- 2 PTC de la Facultad de Ciencias del Deporte de la UAEM.

#### *Recursos Materiales*

- Sobres de 30g de gel deportivo el cual contiene la proporción de 22 gramos de HC.
- Cuestionarios en papel.
- Cinta métrica inextensible de acero (marca Lufkin modelo W606PM, USA)
- Bascula de impedancia (Tanita).
- Estadiómetro y antropómetro (marca SECA).
- Cronometro de intervalos (Grainger: 4YMT7).

#### *Recursos físicos*

Instalaciones de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y la alberca olímpica del Centro de Alto Rendimiento (CNAR).

## Resultados

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del CNAR ubicado en la Ciudad de México donde se encuentran ubicados atletas representantes a la selección mexicana, la población está compuesta por sujetos de distintos estados de la república mexicana (Aguascalientes, Campeche, Ciudad de México, Estado de México, Tabasco, Tamaulipas y Sinaloa), la intervención fue realizada en 8 atletas a los cuales por cuestiones de privacidad se omitió su nombre, otorgándoles un número entre el 1 y el 8 para su seguimiento estadístico.

### Evaluación nutricional

Dentro del protocolo se estableció el cubrir las necesidades nutricionales de cada nadador, tomando en cuenta sus parámetros antropométricos, como lo podemos ver en la tabla 2, el número de calorías brindadas osciló entre 2639 y 3458 kilocalorías, de las cuales su consumo se llevó con un apego total por parte de cada uno de los sujetos mostrando los mismos porcentajes de distribución en cada caso.

*Tabla 2 Distribución de calorías obtenidos por el recordatorio de 24 horas previo a la prueba (Adaptado de los resultados obtenidos y registrados por el equipo de trabajo de este estudio)*

Sujetos	Calorías	% de HC	% de Lípidos	% de Proteína
1	3458	71	15	14
2	3087	75	10	15
3	3378	70	16	14
4	3078	71	15	14
5	3378	70	16	14
6	3230	70	16	14
7	2924	77	7	15
8	2639	70	16	14

### Características generales.

De los 8 sujetos de estudio, el 87% fueron hombres y 13% mujeres, las edades de los sujetos oscilan entre los 15 a 20 años, de acuerdo con la tabla 3 con una

desviación estándar de 2.62, por lo que la población se encuentra en categorías juveniles. (Real Federación Española de Natación, Congreso Doha, 2013).

Tomando en cuenta los resultados de la evaluación antropométrica se encontró que la población cuenta con un IMC medio de  $22.45 \pm 1.55$  los cuales son valores aceptables para la especialidad de natación. (Alicia S. Canda 2012). Se observó que el porcentaje de masa grasa medio de los sujetos es de  $17.2 \pm 4.0$  y la masa muscular promedio de  $65.61 \pm 15$ .

Al analizar la composición corporal y compararla con la información encontrada en el artículo "La composición corporal y somatotipo de los nadadores adolescentes federados" de Martínez-Sanz, Mielgo-Ayusoc y Urdampilleta (2012) donde clasifican los porcentajes tanto de masa muscular como de masa grasa en 3 estados, por debajo, óptimo y por encima. (Martínez-Sanz J., Mielgo-Ayusoc J. & Urdampilleta A, 2012). Se encontró que 4 sujetos cuentan con un porcentaje de grasa por encima al ideal, 2 sujetos se encuentran dentro del porcentaje óptimo y 2 más se encuentran por debajo del ideal, así mismo, se encontró que en la masa muscular que 6 de los 8 sujetos tienen una masa muscular adecuada y 2 cuentan con una masa muscular elevada de acuerdo con la literatura. (Martínez-Sanz J., Mielgo-Ayusoc J. & Urdampilleta A, 2012).

### **Consumo del gel de HC y mejora del tiempo de ejecución.**

Se evaluó el efecto del consumo del gel sobre el tiempo de ejecución de una prueba de 200 m a máxima velocidad posterior a una prueba de 1000 metros al 80% de la velocidad del UA.

Se encontró que 6 de los nadadores mejoraron su tiempo cuando consumieron el gel de HC con un tiempo medio de  $129.2 \pm 4.42s$  contra  $131.27 \pm 4.19s$  cuando no lo consumieron. Los dos sujetos restantes mostraron un incremento en su tiempo de ejecución con un tiempo medio de  $132.86 \pm 4.42s$  contra  $129.22 \pm 4.19s$  cuando no lo consumieron.

El tiempo medio de ejecución sin gel fue de  $130.76 \pm 6.07$  segundos, mientras que con gel fue de  $130.10 \pm 6.43$  segundos, por lo tanto, aunque la mayoría de los sujetos mejoro su ejecución cuando consumió el gel, la diferencia no fue estadísticamente significativa.

Tabla 3 Resultados de la composición corporal y tiempos de las pruebas físicas.

Variables	Reducción de tiempo (n=6)	Aumento de tiempo(n=2)	Total(n=8)
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Edad	16.83 (1.47)	21.50 (2.12) *	18.00 (2.62)
IMC	22.03 (1.02)	23.73 (2.70)	22.45 (1.55)
Masa muscular	61.98 (16.66)	76.50 (0.49)	65.61 (15.61)
Masa grasa	16.5(4.4)	19.5 (0.7)	17.2 (4.0)
Tiempo (s) 100 m a 80% del UA	85.79(4.37)	85.95(5.54)	14.01 (0.51)
Tiempo (s) en 200m con gel	129.2 (4.42)	132.86 (13.13)	130.10 (6.43)
Tiempo (s) en 200m sin gel	131.27 (4.19)	129.22 (12.93)	130.76 (6.07)
Test de Sweetenham Tiempo (min) en 1000m al UA	13.41(0.66)	13.58(0.71)	13.45(0.62)
Tiempo(s) en 100m a velocidad de UA	71.50 (3.65)	71.80 (4.37)	71.57 (3.51)

\* ttest  $p < 0.05$

Tabla 4 Parámetros corporales por Martínez-Sanz, Mielgo-Ayusoc y Urdampilleta

	Reducción de tiempo (n=6)	Aumento de tiempo(n=2)	Total(n=8)
<b>Porcentaje de grasa por Whitters y Siri (%)</b>			
Por debajo	16.67	50.00	25.00
Optimo	33.33	0.00	25.00
Por encima	50.00	50.00	50.00
<b>Masa muscular de Rose y Guimaraes (%)</b>			
Por debajo	0.00	0.00	0.00
Optimo	83.33	50.00	75.00
Por encima	16.67	50.00	25.00

\*test  $\chi^2$ , no se encontró significancia estadística

Derivado de esto se analizó la relación de las variables mostradas en la tabla 4 sobre el tiempo de ejecución, para determinar si alguna variable pudo afectar los resultados obtenidos.

### **Relación de las variables con el tiempo de ejecución.**

Se evaluaron diferentes parámetros para determinar su relación con el tiempo de ejecución, entre los que se encontraba la edad, el resultado mostro que el grupo que logro una mejoría era menor  $16.83 \pm 1.47$  años en comparación con aquellos que no obtuvieron una mejora con una media de  $21.50 \pm 2.12$ , y fue la única variable que al relacionarla con el tiempo de ejecución resulto estadísticamente significativa.

Se evaluó el IMC en relación con el rendimiento deportivo, los sujetos del que obtuvieron una reducción del tiempo con el consumo del gel de CH tienen un valor medio más bajo que el de los que incrementaron su tiempo de ejecución ( $22.0$  con una desviación estándar de  $1.02$  contra  $23.73$  con una desviación estándar de  $2.70$ ), por lo que el incremento en el IMC, podría ser perjudicial para el rendimiento.

En relación con el porcentaje de grasa elevado al rendimiento encontramos que al igual que con el IMC el incremento de este podría ser un factor relacionado con la disminución del rendimiento. Los sujetos que aumentaron su tiempo medio al consumir el gel contra cuentan con un porcentaje de grasa medio de  $19.5\%$  con una desviación estándar de  $0.7$ , el cual es notablemente superior que el de aquellos que mejoraron su rendimiento, con una media de  $16.5\%$  de grasa corporal y una desviación estándar de  $4.4$ ; por lo que, a composición corporal, podría estar afectando el efecto del consumo de un gel con CH, sin embargo, ninguna de estas diferencias fue estadísticamente significativas.

La literatura señala la relación directamente proporcional de la masa muscular con el rendimiento deportivo, por lo que es importante resaltar que los sujetos que registraron mejores una mejoría en el tiempo de ejecución cuentan con una media de  $61.98$  kg con una desviación estándar de  $16.66$ , la cual es menor a la obtenida

por los sujetos que no se vieron beneficiados por el consumo del gel de HC, con una media de 76.5 kg y una desviación estándar de 0.49. (UNED, 2015); (Fernández A., 2003); (Quesada J & Beltranena, 2002); (Paz, 2006); (Álvarez, 2014); (Tomico, 2015).

Con respecto a los tiempos de ejecución de la prueba de Sweetemham, el tiempo estimado para los 100 m a la velocidad de nado a la que se encuentra el umbral anaerobio y el tiempo de ejecución de los mil metros previos a los 200 metros a máxima velocidad, encontramos que el grupo que no obtuvo una mejora en el rendimiento con el consumo de el gel de HC, fue más lento en todos los parámetros,  $13.58 \pm 0.71s$ ,  $71.80 \pm 4.37s$  y  $85.95 \pm 5.54s$  contra  $13.41 \pm 0.66s$ ,  $71.50 \pm 3.65s$  y  $85.79 \pm 4.37s$ , por lo que se puede descartar el hecho de que nadaran más rápido los mil metros previos y esto hubiera causado un agotamiento mayor, pero introduce la posibilidad que estos deportistas estuvieran menos comprometidos con la prueba.

Tenemos como ejemplo el tiempo en el 80% de la velocidad del umbral anaeróbico en el primer grupo con menor masa muscular arroja una media de  $71.50 \pm 3.65s$  contra una media de  $71.80 \pm 4.37s$  de los sujetos con mayor masa, con lo cual podemos observar que aun al tener una mayor masa muscular el resultado final se ve influenciado por el elevado porcentaje de grasa. (UNED, 2015); (Fernández A., 2003); (Quesada J & Beltranena, 2002); (Paz, 2006); (Álvarez, 2014); (Tomico, 2015).

## Discusión

Al comparar datos antropométricos de la muestra se observa que el nivel competitivo coincide (se tomaron en cuenta competían a nivel nacional y/o internacional (con los estudios antropométricos de Alicia S. (2012), sin embargo, la distribución por sexo y la edad no, ella conto con una muestra constituida por 2096 atletas, de los cuales 1250 eran del sexo masculino (59,6%) y 846 del sexo

femenino (40,4%). La edad media de la muestra masculina en el estudio es de 23,6 más menos 4,7 años y de la muestra femenina de 21,9 más menos 5 años, por lo que los atletas de nuestra muestra son más jóvenes con una media de edad de  $18 \pm 1.62$  años. (Alicia S. Canda, 2012).

La importancia de los geles de HC para la actividad física es un tema muy recurrido dentro de la investigación científica de las ayudas ergogénicas (Triplett, Doyle, Rupp, & Benardot, 2010) (A, Rojo-Tirado M, Benito P (2013), sin embargo durante la realización de esta investigación, encontramos que existe escasa información sobre su uso en nadadores y no se encontró ningún documento que tratara este tema en nadadores mexicanos, por lo que para la elaboración de este documento se retomaron investigaciones realizadas en deportes como ciclismo y atletismo los cuales tienen gastos energéticos elevados, al igual que la natación. (Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C, (2012).

Hoy en día se sabe que la fórmula en geles de (HC) permite una mejor digestión, debido a su composición los cuales producen un retraso a la fatiga y el aumento del rendimiento deportivo durante el ejercicio. (Currell & Jeukendrup, 2008). El gel utilizado en este estudio contenía una mezcla de glucosa y fructosa similar al utilizado por Rowlands, Thorburn, Thorp, Broadbent, & Shi. (2008) en su estudio con ciclistas donde se encontró, una mejora en su potencia en un 8 % mayor (275 W) en su pedaleo que al usar solo glucosa con la cual registraron una potencia de (254 W) en su pedaleo.

Nuestros resultados encontraron una mejora en el tiempo de ejecución sin embargo no fue estadísticamente significativa y se encontró una relación negativa, igualmente no significativa, lo cual es congruente con el estudio de Rivera A, Macías J, Ochoa P, Castellanos A (2016) quien evaluó la respuesta de la glucosa sanguínea en el ejercicio físico máximo con 23 atletas (divididos en dos grupos, 11 corredores con un VO<sub>2</sub> máx. igual o superior a los 55 ml/kg/min mientras que el grupo 2 constituido por 12 varones, de nivel de rendimiento deportivo menor) el consumo

del gel de (CH) fue más aceptado en los deportistas con mayor nivel, que el de los otros lo cual incrementando su rendimiento deportivo gracias a una mayor respuesta en los receptores musculares de catecolaminas (epinefrina y norepinefrina), factor mediante el cual el organismo sustrae hidratos de carbono como fuente de energía, los cuales estaban más desarrollados en los atletas con menor porcentaje de grasa y una mayor masa muscular. (Rivera A, Macías J, Ochoa P, Castellanos A, 2016).

Autores como Sánchez J, Rivera Cisneros y Tovar JL (2003) han reportado similares hallazgos sobre la respuesta que los HC puede ofrecer al ejercicio donde se necesita considerando, sin embargo, esta puede estar afectada por factores, tales como las condiciones físicas del deportista, el procedimiento con el que se evalúa y el tiempo de duración del estímulo, entre otros. (Sánchez-González J, Rivera-Cisneros A, Tovar JL, 2003).

Por esta razón se consideró evaluar la respuesta de los HC, sobre el tiempo de ejecución en la prueba de 200 m de nado libre a máxima velocidad, después de tener un desgaste continuo nadando 1000m al 80% de su umbral anaeróbico, al finalizar de las pruebas de este estudio, se obtuvo una respuesta positiva para la mayoría de los nadadores al presentar una pequeña reducción en el tiempo de ejecución, 66 décimas de segundo, que aun que no es estadísticamente significativa, si puede ser la diferencia entre ganar y perder una medalla.

Debido a la falta de significancia estadística se analizaron la influencia de otros factores en el rendimiento y se encontró que de acuerdo con los estudios de Martínez-Sanz J., Mielgo-Ayusoc J. & Urdampilleta A. (2012), la muestra de este estudio tiene un porcentaje de grasa mayor al deseado, por lo que esto pudiera afectar negativamente en el rendimiento y la significancia estadística de los resultados, debido a que los atletas con mayor porcentaje de grasa se encontraba en el grupo que no mejoro con los hidratos de carbono.

También se encontró que los atletas que no encontraron mejora en su rendimiento nadaron todas y cada una de las pruebas más lenta, este hecho combinado con la edad, donde estos últimos fueron más grandes, nos obliga a sospechar que al ser más experimentados estos atletas no realizaron esta prueba con el mismo compromiso que aquellos más jóvenes, sin embargo, no se cuenta con información suficiente ni en nuestro estudio ni en literatura que permita comprobar esta conjetura.

Considerando la precaria información con respecto al uso de suplementos de HC en nadadores mexicanos y los resultados prometedores pero no concluyentes encontrados en nuestra intervención, se considera de suma importancia el seguimiento de esta línea de investigación, incorporando nuevas pruebas, un mayor número de atletas y con un mayor número de exposiciones al gel, tanto en sus entrenamientos como en sus competencias, para así poder otorgar resultados más consistentes y con mayor peso científico para la práctica deportiva de natación.

## Conclusión

En este trabajo se ha estudiado el uso de un gel de HC de 60 ml elaborado a base de glucosa y sacarosa con la finalidad de elevar el rendimiento deportivo. Se han evaluado parámetros, nutricionales y de rendimiento deportivo. Las conclusiones que se extraen de la realización del trabajo son:

1. El consumo de 22 g de CHO en un gel de 60ml, mostro mejoras en el tiempo de ejecución en 200m a máxima velocidad de nado libre después de nadar 1000m al 80% del umbral anaeróbico de nado libre, sin embargo, estas no fueron estadísticamente significativas. Se considera que estos resultados están influenciados por el tamaño de la muestra y el tipo de prueba, por lo que en futuras investigaciones se recomienda continuar con más pruebas para determinar respuestas más consistentes y con un mayor peso científico.
2. Se considera que los resultados son importantes al ser el primer trabajo de este tipo en este tipo de población, pese a que las mejoras percibidas no fueron estadísticamente significativas, nuestros datos son un punto de partida para realizar más estudios en esta línea, se sugiere, que las futuras investigaciones tomen en cuenta las limitaciones de este estudio, se recomienda una muestra mayor, un mayor número de exposiciones, el empleo de algún método que permita medir la intensidad durante cada una de las pruebas y un seguimiento más estrecho de las variables comportamentales de los atletas hacia el estudio.

## Referencias Bibliográficas

1. Alfredo Esquivel Enríquez. (2015). *Manual del participante salvamento acuático*. Puebla: Cruz Roja Mexicana.
2. Alicia S. Canda. (2012). *VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS DE LA POBLACIÓN DEPORTISTA*. Madrid: Consejo superior de deportes.
3. Álvarez, A. (2014). Planificación nutricional para un nadador amateur. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación (S. I.), n. 3, p. 34-69, nov. 2014. ISSN 2341-1473. Disponible en <http://www.uhu.es/publicaciones/ojs/index.php/emoti-on/article/view/2439> Fecha de acceso: 5-7-2018.*
4. AND. (2012). *Sports Nutrition Care Manual*. USA: Academy of Nutrition and Dietetics.
5. Appleton A, Vanbergen Ol. (2013). *Lo Esencial en Metabolismo y Nutrición. 4ta. edición*. España: Ed. Elsevier.
6. Bean A. (2013) *La Guía Completa de la Nutrición del Deportista. 5ª ed.* Badalona: Editorial Paidotribo: ISBN.
7. Bielsaki, H.K. y Grimm, P. (2007). *Nutrición*. Madrid: Ed. Médica Panamericana.
8. Brooks, G. (2000). *Intra- and extra-cellular lactate shuttles*. California: Med Sci Sports Exerc.
9. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. (2011) Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci; 29: S17-27.*
10. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. (2004) Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci; 22 (1): 15-30.*
11. Burke, Louise. (2007) *Alimentos y suplementos para seportistas nutrición en el deporte un enfoque práctico*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, p. 41-68.
12. Burke, Louise. (2007) *Nutrición en el deporte un enfoque práctico*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
13. Byrne S y McLean N (2001). Eating disorders in athletes: *A review of the literature. J. Sci. Med. Sport, 4:145-159.*
14. Bouzas Marins, J.C., Ottoline Marinsa, N.M., y Delgado Fernández, M. (2010) Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts Med Esport,45 (168):251–258. doi: 10.1016/j.apunts.2010.04.003.*
15. Calderón, F.J., Benito, P.J., Peinado, A.B., y Díaz, V. (2008). Significado fisiológico de la transición aeróbica-anaeróbica. *Rev int med cienc act fís deporte, 8(32), 321-337.*
16. Calderón FJ. (2012) *Fisiología Humana Aplicación a la actividad física*. Madrid: Médica Panamericana.
17. Compendium of physical activities (2015). Tracking Guide. *Recuperado de <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/tracking-guide>.*
18. Cortegaza L, Luong Cao D. (2015). Bases teóricas del rendimiento deportivo. *(Recuperado de <http://www.efdeportes.com>).*

19. Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40, 275-281.
20. Energy Gel Central. (2014). History of gels. Recuperado de <http://www.energygelcentral.com/energy-gel-basics/history-of-energy-gels>.
21. Esteves de Oliveira FC, Mello Cruz AC, Gonçalves C, Rodrigues AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. (2008) Gasto energético de adultos brasileños saludables: una comparación de métodos. *Nutr Hosp*; 23:554-61.
22. FAO/WHO/UNU. (2005) Human energy requirements. 96 p
23. Fernández, A. (2003). Importancia de la nutrición en el atleta de tercera generación veterano. Recuperado de <http://www.efdeportes.com/efd58/nutri.htm>.
24. Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. (2005) *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids (Macronutrients)*. Washington: National Academy Press.
25. Gallar, M. (2010). Planificación dietética en deportes acuáticos. Jornadas para el Avance en Nutrición y Rendimiento, Universidad de Valencia. Recuperado de <https://adnuuv.files.wordpress.com/2010/04/planificacióndieteticaendeportesacuaticos.pdf>
26. González-Gross M, Gutiérrez A, Mesa JL, Ruiz-Ruiz J, Castillo MJ. (2001) Nutrition in the sport practice: adaptation of the food guide pyramid to the characteristics of athletes diet. *Arch Latinoam Nutr*; 51 (4): 321-31.
27. Harvey, R. (2013). *Bioquímica*. México: Ed. Lippincott.
28. Holloszy JO, Kohrt WM. (1996). Regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Annu Rev Nutr*; 16: 121-38.
29. Houmard JA, Costill, DL, Mitchell JB, Park SH, Fink WJ, Burns JM (1990) Testosterone, cortisol, and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. *Int J Sports Med*; 11:41-45.
30. Hultaman E, Sjoholm I, Jjaderholm E, and Krynicky. (1983). Evaluation of methods for electrical stimulation of human muscle in situ. *Pfluegers Arch*. 398: 139-141.
31. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. (2005) *Dietary Reference intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Washington, DC: National Academies Press.
32. Jensen TE, Richter EA. (2012) Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol*; 590 (5): 1069-76.
33. Jeukendrup A. (2014). Recommendations chart carbohydrate intake during exercise. recuperado de Sport Med Sitio web: [www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com)).
34. Latorre, R, Herrador Sánchez J, y Jiménez M. (2003). *Prescripción del ejercicio físico para la salud en la edad escolar. Aspectos metodológicos, preventivos*. Barcelona: Paidotribo.
35. Maglischo, E.W. (2009). *Natación. Técnica, Entrenamiento y Competición*. Badalona, Ed. Paidotribo.

36. Margaria R. (1963). Energy cost of running. *J Appl Physiol*, 18: 267
37. Martínez-Sanz J, Mielgo-Ayusoc J. & Urdampilleta A. (2012) *La composición corporal y somatotipo de nadadores adolescentes federados*. España: Elsevier
38. Mataix J, Martínez JA. (2006) Balance de energía corporal. Barcelona: Mataix J Ed.
39. McArdle W., Katch F, Katch V. (2005). *Fundamentos de Fisiología del Ejercicio 2da Edición*. Barcelona: Editorial MacGraw Hill Interamericana.
40. Mougios, V. (2006). Exercise biochemistry. España: Human Kinetics.
41. Müller-Esterl, W. (2008). *Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida*. España: Reverté.
42. Navarro, F., Llop, F., Aceña, R., Diaz, G., Muñoz, V., Carrasco, M., et al. (2006). La evaluación fisiológica de los nadadores de Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo. Universidad de Castilla. Recuperado en <http://www.aetn.es/files/20061-04.pdf>.
43. Navarro Valdivieso, F. (2004). Entrenamiento adaptado a los jóvenes. Recuperado de [https://www.google.com/search?q=Navarro+Valdivieso%2C+F.+2004.+Entrenamiento+adaptado+a+los+j%C3%B3venes.+Revista+de+Educaci%C3%B3n+y+deporte.&rlz=1C1SQJL\\_esMX780MX781&oq=Navarro+Valdivieso%2C+F.+2004.+Entrenamiento+adaptado+a+los+j%C3%B3venes.+Revista+de+Educaci%C3%B3n+y+deporte.&aqs=chrome..69i57.606j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Navarro+Valdivieso%2C+F.+2004.+Entrenamiento+adaptado+a+los+j%C3%B3venes.+Revista+de+Educaci%C3%B3n+y+deporte.&rlz=1C1SQJL_esMX780MX781&oq=Navarro+Valdivieso%2C+F.+2004.+Entrenamiento+adaptado+a+los+j%C3%B3venes.+Revista+de+Educaci%C3%B3n+y+deporte.&aqs=chrome..69i57.606j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
44. Nicolaus, J., Martin, D., Ostrowski, C. y Rost, K. (2004). *Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil*. Barcelona: Paidotribo.
45. Nissen SL, Sharp RL. (2003). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise. España: J Appl Physiol.
46. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. La velocidad máxima de carrera en la cinta durante la prueba de VO2 máx predice el rendimiento de carrera. *J Sports Sci*. 1990; 8 (1): 35-45. doi: 10.1080 / 02640419008732129
47. Oliver AJ, Leon MT, Hernandez EG. (2008) *Statistical analysis of the consumption of nutritional and dietary supplements in gyms*. España: Arch Latinoam Nutr.
48. Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. (2012). Nutrition for training and competition. *MED. CLIN. CONDES*, 3, 253-261.
49. Navarro. (2008) *Recomendación de Nutrientes. Fundamentos de Nutrición en el Deporte*. Buenos Aires: El Ateneo.
50. Oviedo I, Martínez J, García P. (2014). *Desarrollo de un nuevo producto para deportistas*. Valencia: UPV.
51. Navarro N, Montalvo Z, Ribas A. (2009). *Alimentación, nutrición e hidratación en el deporte*. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
52. Pardo Gil FJ. (2001) *Evolución de los parámetros fisiológicos en ciclistas profesionales a lo largo de una temporada Madrid*. España: UPM.

53. Pardo, J. (2010). Las claves del rendimiento deportivo. *Recuperado de <http://www.psinergika>.*
54. Paz, R.H. (2006). *La nutrición en la natación*. Standard: G-SE.
55. Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. (2013). El azúcar y el ejercicio físico: su importancia en los deportistas. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 48-56.
56. Phillips SM, Moore DR, Tang J. (2007) critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes. España *Int J Sports Nutr Exer Metab*.
57. Platonov VN. (1991) *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
58. Poortmans, J.R. (2004). Principles of exercise biochemistry. 3<sup>rd</sup>, revised edition. USA: Poortmans, JR (Bruselas).
59. Porta, J. Galiano, D. Tejedo, A.; Gonzalez, J. M. (1993). *Valoración de la composición corporal*. Pamplona: FEMEDE.
60. Quesada J. & Beltranena M.M. (2002). Evaluación de la situación nutricional y alimentaria de los nadadores de la categoría "senior" de la selección nacional de Costa Rica. Costa Rica: *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*.
61. Real Federación Española de Natación. (2013). Reglamento de Natación 2013- 2017. Congreso de Doha 2014. *Recuperado de [http://www.rfen.es/publicacion/userfiles/Reglamento%20tecnico%20Natacion%202013-2017%20-%20ESPANOL-INGLES-%20Enero%202015\(2\).pdf](http://www.rfen.es/publicacion/userfiles/Reglamento%20tecnico%20Natacion%202013-2017%20-%20ESPANOL-INGLES-%20Enero%202015(2).pdf)*
62. Rodríguez, N. R., Di Marco, N. M., & Langley, S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 709-731.
63. Rivera A, Macías J, Ochoa P, Castellanos A. (2016). Respuesta de la glucosa sanguínea en el ejercicio físico máximo. *Rev Latinoam Patol Clín Med Lab*, 63, 79-81.
64. Rowlands, D. S., Thorburn, M. S., Thorp, R. M., Broadbent, S., & Shi, X. (2008). Effect of graded fructose coingestion with maltodextrin on exogenous 14C-fructose and 13C-glucose oxidation efficiency and high-intensity cycling performance. *Journal of Applied Physiology*, 104, 1709-1719.
65. Rowlands, D. S., Swift, M., Ros, M., & Green, J. G. (2012). Composite versus single transportable carbohydrate solution enhances race and laboratory cycling performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37, 425-436.
66. Salvador L. y col. (2012). Historia de la natación II: desde el renacimiento hasta la aparición y consolidación de los actuales estilos de competición. Mexico: Citius, Altius, Fortius.
67. Sánchez A, Salguero del Valle A. (2015). VALORACIÓN DE LA RESISTENCIA AERÓBICA DE LOS NADADORES A TRAVÉS DEL TEST DE LA VELOCIDAD CRÍTICA DE NADO. España: Universidad de León.
68. Shiou-Liang W., Clyde W., Kostas T. y Leslie B. (2005) Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage. DC: *J Appl Physiol*.

69. Secretaría de Salud. (2010). *Manual para la formación de primeros respondientes en primeros auxilios Centro Nacional para la Prevención de Accidentes*. México: ISBN.
70. Science in Sport PLC. (1992), History of Science in Sport PLC. Recuperado en <https://www.scienceinsport.com/es/gel-go-isotonico-energia-paquete-de-30-naranja#extra-info-wrapper>.
71. Siri, W. E. (1956). The gross composition of the body. *Advances in Biological and Medical Physics*, 4, pp. 239-280.
72. Smith, J. W., Zachwieja, J. J., Peronnet, F., Passe, D. H., Massicotte, D., Lavoie, C., & Pascoe, D. D. (2010). Fuel selection and cycling endurance performance with ingestion of [<sup>13</sup>C] glucose: evidence for a carbohydrate dose response. *Journal of Applied Physiology*, 108, 1520- 1529.
73. Sosa PI, Jaenes JC, Godoy D y Oliver JF. (2009) *Variables psicológicas en el deporte*. Sevilla: Wanceulen.
74. Sousa, Ana & Figueiredo, Pedro & Keskinen, Kari Lasse & Rodríguez, Ferran & Machado, Leandro & Vilas-Boas, J. Paulo & Fernandes, Ricardo. (2011). *Cinética transitoria off del VO2 (VO2 off-kinetics) durante una prueba de natación de intensidad extrema*. España: PubliCE.
75. Tipton KD, Witard OC. (2007) Protein requirements and recommendations for athletes: Relevance of ivory tower arguments for practical recommendations., *Clin Sports Med*, Vol. 26, pp. 17-36.
76. Tomico, A. (2014). Diseño de un programa de intervención nutricional para un nadador de medio fondo. E-motion. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 3, 70- 107.
77. Tomico, A. (2015). Diseño de un programa de intervención nutricional para un nadador de medio fondo. *Revista de Educación, Motricidad e investigación*, (S. I.), n. 3, p. Recuperado de <http://www.uhu.es/publicaciones/ojs/index.php/e-moti-on/article/view/2440>.
78. Triplett, D., Doyle, J. A., Rupp, J. C., & Benardot, D. (2010). An isocaloric glucosa fructose beverage's effect on simulated 100-km cycling performance compared with a glucose-only beverage. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20, 122-131.
79. UNED (2015). La alimentación en las actividades deportivas. Recuperado de <http://www.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/deporte/index.htm?ca=n0>.
80. Urdampilleta A, Martínez-Sanz J, Cejuela R. (2012). Indicadores del rendimiento deportivo: aspectos psicológicos, fisiológicos, bioquímicos y antropométricos. Recuperado de <http://www.efdeportes.com/>.
81. USDA NAL. (2015) Dietary referencies intakes, Recuperado de <https://fnic.nal.usda.gov/dietary-guidance/dietary-reference-intakes/dri-nutrientreports>.
82. Vaccaro, P., Clarke, DH & Morris, AF. (2019). Características fisiológicas de los nadadores jóvenes bien entrenados. Recuperado de <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00694.2009>

83. Viana-Montaner B.H. y Gómez-Puerto J.R. (2012). Estimación del gasto energético en actividades de corta duración y alta intensidad. *Rev Andal Med Deporte*, 5(4), pp. 147-155.
84. Voet, D., & Voet, J. G. (2006). Bioquímica. México: Médica Panamericana.
85. Whithers, R. T.; Craig, N. P.; Bourdon, P. C.; Norton K. I. (1987). Relative body fat anthropometric prediction of body density of male athletes. Citado en Norton, K. (1996). Anthropometric Estimation of body fat. En: Norton, K. I.; Olds, T. S. (Ed.). *Anthropometrica*. (pp. 172-198). Sydney: UNSW Press.
86. Williams, M. (2002) Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. México: Editorial Paidotribo.

## Anexos

### *Anexo 1 Carta de consentimiento informado.*

**Título del proyecto: EFECTO DEL CONSUMO DE GEL DE HIDRATOS DE CARBONO SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA REDUCCION DEL TIEMPO DE EJECUCION EN PRUEBA DE 200M LIBRES DESPUES DE 1000M LIBRES AL 80% DEL UMBRAL ANAERÓBICO EN NATACIÓN.**

**Investigador Titular:**

Mtro. Rodrigo Neza Segura<sup>1</sup>

**Colaboradores**

Lef. Juan Manuel Ghandi Mejía Juárez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte de la UAEM.

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

**Dirigido al deportista:** Se le invita a participar en un estudio cuasiexperimental de preprueba/posprueba con un solo grupo de estudio so. 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, 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 por motivos de la escasa e insuficiente información en México sobre la relación entre ayudas nutricionales y el rendimiento en la técnica de ejecución en atletas de natación mexicanos.

**OBJETIVO DEL ESTUDIO.** A usted se le está invitando a participar en un estudio que tiene como objetivo: Determinar el efecto de un gel de hidratos de carbono para la reducción del tiempo de ejecución en la prueba de 200m libres después de nadar 1000m al 80% del umbral anaeróbico para nadadores entrenados.

**BENEFICIOS DEL ESTUDIO.** Con este estudio se conocerá de manera clara si usted tiene una mejoría en sus tiempos de ejecución de nado mediante el uso de un gel deportivo. Además, se le proporcionara una tabla de sus zonas de entrenamiento individualizada mediante sus tiempos obtenidos en las pruebas para así dirigirla a una futura planificación que busque un mejoramiento en el rendimiento individual.

### **PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO**

En la primera prueba se realizará el test de Sweetenham para la obtención del umbral anaeróbico, se iniciando con un calentamiento estándar de 800 metros y 12 x100m (3 de crol 1 de pecho 3 de crol 1 de dorso 3 de crol 1 de mariposa) previos al test cabe mencionar que cada vez que se aplique el test se deberá realizar el mismo calentamiento.

Después del calentamiento se colocarán los nadadores en la posición de inicio dentro de la piscina, y a la señal comenzaran a realizar el test a la vez que se inicia el cronometro, el test consta de 10 repeticiones de 100 metros nadando en crol, con pausas de 10 segundos entre cada repetición, se tiene que buscar una velocidad de nado estable que permita realizar las 10 repeticiones en similares velocidades de nado (es decir en tiempos de ejecución similares). Al finalizar la última repetición y terminar el descanso correspondiente de 10 segundos, el nadador indicara con la mano elevada que ha concluido, en este momento se detiene el cronometro. El análisis del resultado será el siguiente: Al tiempo total (TT) expresados en segundos, se le restaran los 100 segundos de las 10 pausas Este resultado obtenido será dividido entre las 10 repeticiones para calcular el promedio de tiempo por cada repetición, este promedio de tiempo es el resultado del test y corresponde a la

velocidad del umbral anaeróbico (anaerobical threshold) al finalizar deberán realizar un afloje de 12X100m de patada con tabla crol y dorso.

Una vez conseguido el tiempo del umbral anaeróbico se obtendrá el 80% del umbral para poder estandarizar la velocidad a la cual tendrán que nadar los 1000m de estilo libre para posterior nadar los 200 m estilo libre a máxima velocidad. Este protocolo se establece tomando en cuenta las características de los esfuerzos intermitentes a las cuales se lleva a cabo el nado (intensidad y tiempo) mediante el contium energético podemos observar que la obtención de la energía necesaria es determinada por la resíntesis de glucógeno almacenado y la realización del sistema glucolisis utilizando hidratos de carbono simples. (Peinado A, Rojo-Tirado M, Benito P. 2013).

La segunda prueba se realizó a las 24 horas después de la primera prueba, para la recuperación y re almacenamiento de glucógeno muscular, (Jensen TE, Richter EA 2012) se realizó el protocolo el cual consiste en un calentamiento de 10 minutos muy suaves dentro del agua, continuando con la prueba de 1000m de nado libre a la velocidad del 80% del umbral anaeróbico, esta velocidad debe ser detalladamente monitoreada, por lo cual se dividirán los 1000 m en 50m, para así cuidar que el deportista no altere la velocidad (aumentándola o disminuyéndola), una vez finalizados los 1000m el deportista tiene un lapso de 10 segundos para realizar el consumo del gel deportivo, posteriormente a eso realizara un prueba de 200m de nado libre a máxima velocidad el cual será monitoreado y cuantificado por cronometro.

La tercera prueba se realizó a las 24 horas después de la segunda prueba, para la recuperación y re almacenamiento de glucógeno muscular, la cual se realizó bajo el mismo procedimiento, pero sin el uso del gel.

**RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO.** Algunos de los procedimientos del estudio señalados anteriormente pueden hacerlo sentir incómodo. Por ejemplo,

posterior a la toma de tiempos en la prueba se puede presentar: Dolor muscular, mareos los cuales desaparecerán mediante un descanso pasivo. Se puede llegar a presentar molestias estomacales después del uso de un gel deportivo, si en algún momento se presenta o refiere algún malestar descrito anteriormente de inmediato abandonará la prueba y se referirá al centro médico más cercano utilizando el protocolo del MANUAL PARA LA FORMACIÓN DE PRIMEROS RESPONDIENTES EN PRIMEROS AUXILIOS. (Secretaría de Salud (2010). Y de ser necesario el protocolo del manual SALVAMENTO ACUÁTICO. (Alfredo Esquivel Enríquez 2015). Con el fin de salvaguardar la vida del atleta.

**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, aun cuando el Profesor-Investigador responsable no se lo solicite, 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, (al investigador responsable). 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: Mtro. Rodrigo Meza Segura, Docente de la Facultad de Ciencias aplicadas al deporte, UAEM. Email: nut-r.meza@gmail.com Teléfono: +52 (552) 940 7129/ (777) 480 2281. **Si considera que no hay dudas ni preguntas cerca 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, firma o huella del deportista	_____ Nombre y firma del testigo 1	_____ Nombre y firma del testigo 2
_____ Mtro. Rodrigo Meza Segura Nombre, firma del Investigador responsable	_____ Nombre y firma He explicado al adulto mayor la naturaleza de este estudio	_____/_____/_____ día mes año

## Anexo 2 Ficha antropométrica

Antropometría				
Nombre y apellidos:				
Lugar de nacimiento:			Fecha:	
Edad:			Sexo:	
Fecha de nacimiento:			Teléfono:	
Medición	1ª	2ª	3ª	Promedio
Peso (Kg)				
Talla (cm)				
% de masa grasa				
% de masa muscular				
Masa grasa (kg)				
Masa magra (kg)				
Masa ósea (kg)				
Grasa visceral				
Edad metabólica				
Tensión arterial sistólica (mm/Hg)				
Tensión arterial diastólica (mm/Hg)				
Frecuencia cardiaca (ppm)				

### Anexo 3 Cuestionario registro de consumo de alimentos

Día de la semana: Fin de semana:					
	Hora	Lugar	Alimentos consumidos	Modo de preparación	Cantidad Aproximada
Desayuno					
Colación					
Comida					
Colación					
Cena					
Colación					

Vasos de agua natural al día: \_\_\_\_ Vasos de bebidas al día (leche, jugo, café): \_\_\_\_\_

Alimentos favoritos: \_\_\_\_\_

Alimentos que provocan malestar: \_\_\_\_\_

Alimentos que dan alegrías: \_\_\_\_\_