

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



BCAA asociados a HMB y/o vitamina D para mejorar la masa muscular en deportes de natación

Trabajo de graduación en modalidad de **trabajo profesional** presentado por
SOFÍA MARGARITA ROSALES ARDÓN
para optar al grado académico de Licenciada en
Nutrición

Guatemala
2022

BCAA asociados a HMB y/o vitamina D para mejorar la masa muscular en deportes de natación

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



**BCAA asociados a HMB y/o vitamina D para mejorar la
masa muscular en deportes de natación**

Trabajo de graduación en modalidad de **trabajo profesional** presentado por
SOFIA MARGARITA ROSALES ARDÓN
para optar al grado académico de licenciada en
Nutrición

Guatemala
2022

Vo. Bo.:_



(f) _____

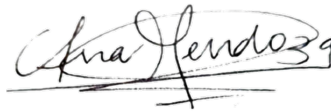
Dr. Julio Motta-Pensabene

Trubunal examinador



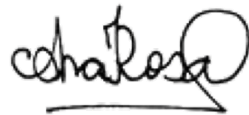
(f) _____

Dr. Julio Motta-Pensabene



(f) _____

MSc. Ana Mendoza



(f) _____

Licda. Ana Isabel Rosal
Directora Departamento de Nutrición

Fecha de aprobación: Guatemala, 09 de diciembre de 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un profundo agradecimiento a mis familiares, padres, hermanos, abuelos, tíos y primos; por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por alentarme a lograr esta hermosa realidad, sabiendo que no existirá forma alguna de agradecer por cada uno de sus sacrificios, consejos y sobre todo por impulsarme a culminar con una de las primeras etapas de mi vida profesional.

A mi asesor de tesis, Dr. Motta-Pensabene, por su orientación y creer en mí, sobre todo por el acompañamiento brindado en cada proceso en este trabajo de graduación, por su dedicación y su aporte en esta última etapa en mi licenciatura.

También quiero dar un profundo agradecimiento a mi tía Eugenia, por creer en mí y apoyarme desde el día uno en mi formación como profesional de la salud, sin duda alguna, será un acto de bondad y este triunfo también le pertenece a ella.

A mis amigos y amigas, por haber coincidido en esta vida, por su apoyo y consuelo en cada etapa de esta aventura, la cual no fue fácil, pero sin sus palabras de aliento y apoyo brindado, esto no hubiera sido posible sin ustedes, así que también lo vuelvo un triunfo compartido.

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	1
Resumen	3
I. Introducción.....	4
II. Marco teórico	5
A. Protocolo	5
1. Definición del problema	5
B. Hipertrofia deportiva y tipos de fibras	5
C. Natación y suplementación.....	6
D. Perfil antropométrico y somatotipo de los nadadores	9
E. El cuerpo humano y sus necesidades en la natación.....	11
F. Requerimiento de macronutrientes y tiempos de nutrientes	12
1. Requerimiento de hidratos de carbono en el deportista	12
2. Requerimiento de las grasas en los deportistas	13
3. Requerimientos proteicos	13
4. Ayuda ergogénicas: tipos de suplementación proteica	15
5. Suplementación con BCAA y síntesis de proteína muscular por medio de mTOR.....	15
6. HMB y sus múltiples usos en el deporte mTOR, clasificación instituto australiano del deporte.	16
G. Vitaminas	19
H. Institución Australiana del Deporte (AIS)	20
Tabla 5 Clasificación de las ayudas ergogénicas según AIS 2022	20
III. Justificación	22
IV. Objetivos.....	23
V. Metodología.....	24
A. Métodos	24
1. Enfoque general.....	24
2. Tipo y diseño.....	24
3. Variables	24
4. Procedimiento	25
VI. Resultados	26
VII. Discusión.....	30
VIII. Conclusiones	34
IX. Recomendación.....	35
X. Referencias bibliográficas	36

Resumen

El presente metaálisis trata suplementación deportiva y sus múltiples beneficios en el rendimiento físico en los deportistas de alto rendimiento. Esta investigación tiene como objetivo recaudar información sobre la suplementación con BCAAs, HMB y vitamina D para los deportes de natación sobre el rendimiento físico. Como metodología se realizó una búsqueda detallada en la base de datos de PubMed, Research4life y Google Scholar de artículos que tuvieran las palabras claves “suplementación” “BCAA” “HMB” “vitamina D” “Natación” y se encontraron 183 artículos, posteriormente se verificaron y 52 eran duplicados; tras leer el resumen y la metodología de los 131 artículos restantes, se procedió a descartar 118 artículos y solo 13 pasaron los criterios, posteriormente se aplicó CASPe y solo 3 artículos fueron seleccionados para el metaanálisis, a pesar que no existe una base de datos con los criterios iniciales, se tomaron en cuenta tres artículos que cumplieran con todos los criterios a excepción de natación. Se pudo concluir que no existe alguna base de datos que respalde la suplementación con BCAA, HMB y vitamina D en deportes de natación en la actualidad; sin embargo, los estudios considerados, evidenciaron que la nueva tendencia de suplementación ha sido eficaz para mejorar la masa muscular en deportes de resistencia y en poblaciones adultas vulnerables como lo son los adultos obesos y adultos en terapia. Se recomienda realizar una investigación con el fin de aportar al campo de nutrición deportiva y así comenzar una base de datos nacional y aportar un estudio a los profesionales de la salud.

I. Introducción

El presente trabajo trata sobre la importancia de las nuevas formas de utilizar diversos suplementos nutricionales en la industria deportiva para mejorar la hipertrofia muscular en deportistas practicantes de natación, brindándole al profesional de la salud, una información actualizada para la toma de decisiones con base a evidencia científica de investigaciones previas, con el fin de garantizar el abordaje adecuado sobre la suplementación deportiva a atletas amateur y atletas élites.

La ayuda ergogénica significa producción de energía, debido a esto la industria de la suplementación deportiva cuenta con sustancias que ayudan a mejorar el rendimiento, la cual permite que el individuo realice más actividad física del que sería capaz de realizar sin ellas. La suplementación deportiva representa más de 100 billones de dólares de ganancias a nivel mundial, más del 50% de las ganancias son reflejadas por el consumo de proteína; hoy en día se ha evidenciado que las mezclas de diversos suplementos deportivos pueden llegar a tener mayores beneficios físicos como mental que si solo se llegará a consumir un suplemento deportivo.

En los últimos años se ha estudiado la suplementación proteica especialmente con aminoácidos de cadena ramificadas (BCAAs), con hidroximetil butirato (HMB) y vitamina D para el desarrollo de masa muscular en los deportes de hipertrofia muscular como lo es la natación, además que se conoce que el HMB es importante para la prevención de sarcopenia y la vitamina D promotor de la absorción de calcio a nivel óseo, es mayormente conocida como un agente antioxidante; sin embargo, actualmente existe evidencia que sugiere que la vitamina D y HMB pueden actuar como un impulsor para el desarrollo de masa muscular.

Este trabajo tiene como fin analizar las nuevas tendencias de mezclas de suplementos nutricionales para mejorar el desarrollo de masa muscular en deportes de natación, mediante el análisis de los referentes teóricos y bibliográficos sobre BCAAs con HMB y/o vitamina D para el desarrollo de masa muscular en dichos deportes. Este estudio será dirigido a profesionales de la salud, que atienden en su práctica profesional diaria a atletas de natación con la necesidad de un desarrollo de masa muscular para mejorar su rendimiento físico.

II. Marco teórico

A. Protocolo

1. Definición del problema

La suplementación nutricional en el deporte de alto rendimiento ha tenido un incremento en el transcurso del tiempo. La ayuda ergogénica proteica es la más utilizada en los deportes que requieran hipertrofia muscular, ya que esta ayuda al incremento de la masa muscular en gran escala (Sánchez, 2012). Se ha encontrado que la suplementación con proteína genera más de 5 mil millones de dólares de ganancias anuales; sin embargo, es necesario conocer la calidad de estos suplementos, ya que cientos de productos suelen ser una mezcla de múltiples ingredientes y en ocasiones suelen contener más de una ayuda ergogénica (Sánchez, 2012).

Debido a estos efectos en diferentes estudios, se quiere analizar el efecto que tienen los aminoácidos de cadena ramificadas asociado con HMB y/o vitamina D en los deportes de natación que requieran hipertrofia muscular. El análisis nos brindará una brecha de información de nuevos suplementos que ayudarán a mejorar el rendimiento físico de los atletas de alto rendimiento sin comprometer su salud y su récord deportivo.

Como cualquier ciencia o tecnología, la nutrición deportiva también se encuentra en un constante cambio y evolución, nueva información va surgiendo, gracias a ello se les puede brindar a los deportistas diferentes ayudas ergogénicas incluso a las de hace una década, una de las recomendaciones más estudiadas y más utilizadas hoy en día es sobre la ingesta de proteínas y fluidos en las carreras de resistencia o en deportes de fuerzas y resistencia (Sánchez, 2012).

B. Hipertrofia deportiva y tipos de fibras

La hipertrofia muscular es el nombre científico del crecimiento de las fibras musculares, lo que a su vez conlleva a un aumento de la masa muscular. Esta es la capacidad del músculo de ejercer fuerza para lograr mayor resistencia con un solo esfuerzo. Existen dos tipos de hipertrofias: sarcoplasmática y sacoméica.

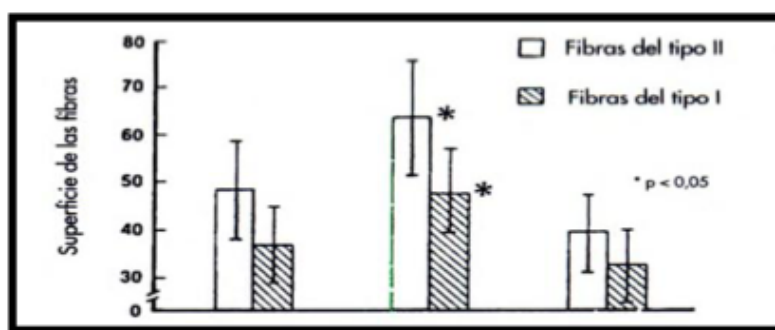
La sacómero es la unidad funcional y estructural de menor tamaño que posee el músculo, dentro del sarcómero se encuentran se originan puentes cruzados junto con moléculas de proteínas, las cuales se encargan de la contracción muscular, debido a esto se considera que una hipertrofia funcional, ya que no tiene un aumento en la masa muscular sino que mejora su fuerza y capacidad de contracción intermuscular, para lograr este tipo de adaptación, es necesario realizar entrenamiento de fuerza máxima (Satorre, 2014).

El sarcoplasmática es la hipertrofia constituida por líquido viscoso entre las fibras musculares, está formada por aparato Golgi, mitocondrias, centríolos y una gran cantidad de mioglobina y alta concentración de calcio, por lo que cree que tiene una gran capacidad metabólica y a su vez se considera una hipertrofia no funcional, debido a que

produce un aumento en la masa muscular, pero no un aumento en las proteínas estructurales no contráctiles (Satorre, 2014).

La hipertrofia con un peso elevado afecta a dos tipos de fibras: lentas o tipo I y rápidas y fibras tipo II, pero sobre todo tiene una mayor incidencia en las tipo II. Cometti, refiere que tras un periodo de entrenamiento de 5-6 semanas las fibras tipo II especialmente del triceps aumentaron un 33% mientras que las fibras tipo I aumentó un 27% (Cometti, 2005).

Figura 1 Evolución de las fibras tipo I y II



La hipertrofia principalmente es consecuencia de un aumento del material contráctil y de un aumento de síntesis proteicas, la cual se basa en el proceso “break down and build up” consiste en las cargas pesadas las cuales producen Delayed Onset Muscle Soreness o conocido como DOMS lo cual es el dolor muscular retrasado posterior a realizar algún tipo de ejercicio (Cometti, 2005).

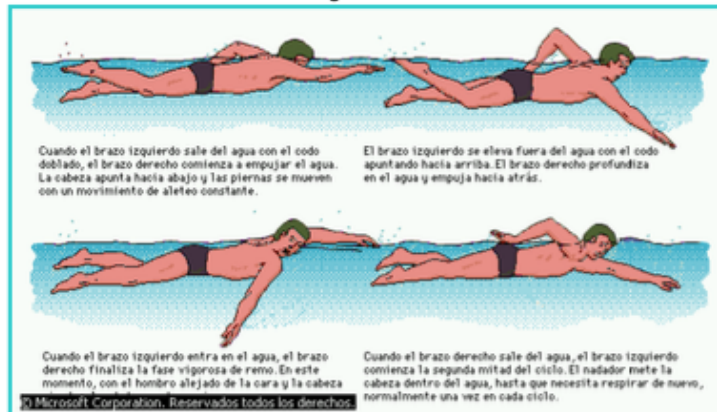
C. Natación y suplementación

La natación es un deporte aeróbico que nace de la necesidad de la adaptación al medio acuático y esta es una habilidad que debe ser aprendida. El desarrollo físico que propone dicho deporte es una excelente base para la salud del cuerpo, es uno de los mejores deportes aeróbicos y de los más complejos, ya que para realizar la natación es necesario la activación de casi todos los grupos musculares.

A pesar que nadar es un deporte de bajo impacto, se sabe que la resistencia del agua al movimiento es mucho mayor que la que presenta el aire, lo cual obliga al cuerpo a desarrollar más energía para avanzar con mayor facilidad y velocidad.

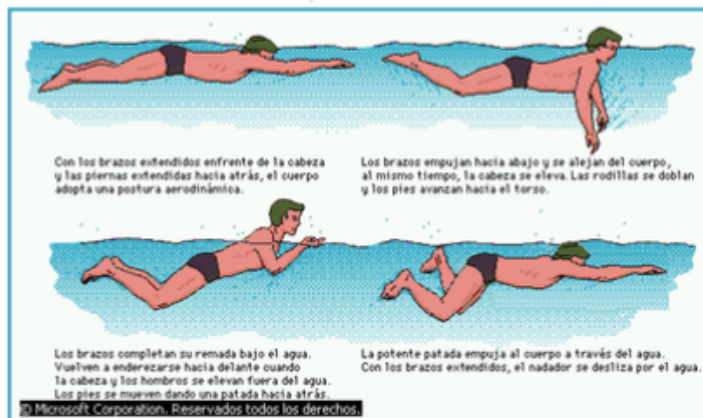
Según la FINA “La natación competitiva consiste en nadar una serie de metros, en el menor tiempo posible. Los estilos utilizados son: crol, mariposa, pecho y espalda” (FINA, 2009).

Figura 2 Estilo Crol



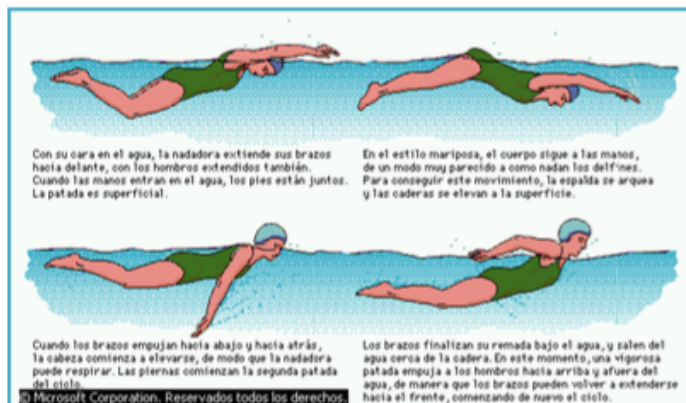
(Natación, 2011).

Figura 3 Estilo Pecho



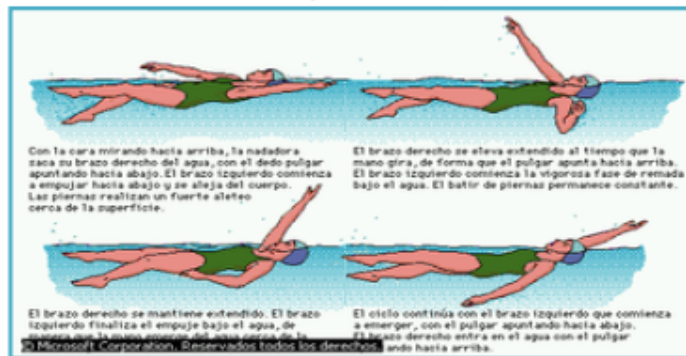
(Natación, 2011).

Figura 4 Estilo Mariposa



(Natación, 2011).

Figura 5 Estilo espalda



(Natación, 2011).

Las modalidades de competencia incluyen pruebas individuales y por equipos. Las individuales se dividen por edad en infantiles, menores y juveniles, categorías máster y estas son las mismas para todos: 50 mts, 100 mts, 200 mts, 800 mts, 1500 mts; Libre: 50 mts, 100 mts, 200 mts; Mariposa: 100 mts, 200 mts, 400 mts. En las competencias mixtas se utilizan los cuatro estilos de competencia. En las evaluaciones de relevos los equipos están formados por cuatro nadadores que se turnan, el total de los tiempos determina el ganador. Los récords mundiales sólo se reconocen cuando se establecen en piscinas de 50 metros de longitud (Niglia, 2012).

Figura 6 Pruebas aceptadas por la FINA

ESTILO	PRUEBAS
Libre	1500 m, 800 m, 400 m, 200 m, 100 m, 50 m
Mariposa	200 m, 100m, 50 m
Espalda	200 m, 100m, 50 m
Braza	200 m, 100m, 50 m
Estilos	400 m, 200 m, 100m (sólo en piscina corta)
Relevos	4 x 50 libres masculino, femenino, mixto 4 x 50 estilos masculino, femenino, mixto 4 x 100 libres masculino, femenino, mixto
Aguas abiertas	3 km

En la tabla de arriba se pueden observar las pruebas que se disputan en los campeonatos oficiales de la FINA.

En 2016 se llevó a cabo una investigación sobre el consumo de suplementos en nadadores australianos de élite, donde se evidenció que el 97% de los nadadores informó que habían consumido suplementos o alimentos deportivos durante 12 meses previos; donde el 28% informó consumir creatina, 49% cafeína, siendo consumida por una población de un rango de edad de 21 (Shaw, 2016).

La creatina es un compuesto nitrogenado natural que se combina con fosfato originando fosfocreatina, este último compuesto es el que ayuda al metabolismo durante la contracción del músculo y la recuperación tras un periodo de esfuerzo físico, esto se debe a que es el responsable de la resíntesis de ATP a partir de ADP. La creatina aun

tiene opiniones divergentes entre los profesionales de la salud en cuanto a la validación de su efectividad, sus efectos colaterales y con relación a conceptos éticos sobre la suplementación con este compuesto (Carrillo, 2011).

Una revisión en 2011 evidenció algunos de los efectos secundarios del consumo de creatina, donde el 68% de los encuestados reportó haber consumido creatina alguna vez con carbohidratos; el 34.5% reportó alguna vez haber padecido de algún efecto secundario como calambres musculares, malestar gástrico, aumento de peso (Carrillo, 2011).

La recomendación de consumo de creatina durante la etapa de carga debe ser de 5 gramos x 4 veces/día o 0.3 g/kg durante varias sesiones durante el día y no debe sobrepasar un período de cuatro días, mientras que en una etapa de mantenimiento la dosis debe ser de 0.03 g/kg durante el tiempo de cuatro semanas (AIS, 2022).

Cabe resaltar que la creatina es una suplementación que se encuentra en una categoría A según la AIS; sin embargo, este no es para todo tipo de atleta como todos los suplementos, ya que la creatina tiene un mejor efecto en los ejercicios de explosividad con una duración menor de 30 segundos, repeticiones corta o en deportes anaeróbicos, debido a esto no es la mejor opción de suplementación para los nadadores, debido a que depende de la modalidad de competencia dependerá el tiempo, ya que podría tener un efecto positivo en las competencias de 50 mts y esto se debe que usualmente se obtienen tiempos mejores a 22 segundos; sin embargo, cabe resaltar que usualmente los nadadores no suelen competir en una sola modalidad, por lo que pueden competir desde 50 mts hasta 400 mts, debido a esto, algunos profesionales no suelen recomendar este tipo de suplementos en este deporte.

D. Perfil antropométrico y somatotipo de los nadadores

Antropometría se divide en dos partes, *antropo*: humana y *metría*: medida y es la ciencia que estudia las diferencias cuantitativas del cuerpo humano y es útil como instrumento de ergonomía estática (IFI, 2019).

Todas las disciplinas deportivas necesitan de las mediciones antropométricas, ya que esto nos brinda una idea de los controles importantes durante la carrera deportiva, las cuales nos permiten optimizar el rendimiento, detectar cambios y determinar el desarrollo del cuerpo. Las cuales se les llama “fenotipo” y “genotipo”, debido a estos beneficios es recomendable que los clubes, federaciones y todos los atletas de alto rendimiento tengan un seguimiento de su perfil antropométrico (Palomino, 2020).

A mediados de la década de 1980, la industria deportiva de alto rendimiento tuvo un gran avance en cuanto a la relación “atleta-entrenador-federación” donde el objetivo principal de esta unión era, formar un equipo multidisciplinario con profesionales de la salud con fisioterapeutas, médicos, psicólogos y nutricionistas, es así como, los deportistas necesitan de los especialistas capacitados para poder cambios en cada uno de las áreas

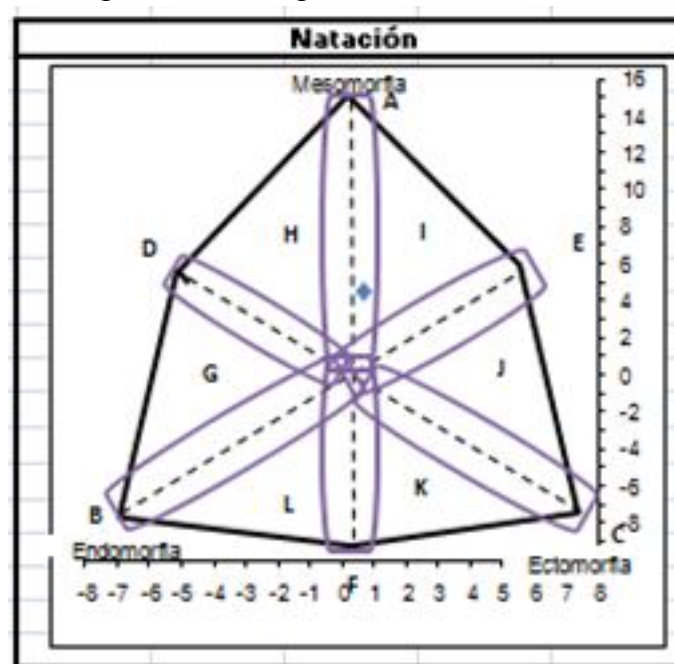
del profesional de la salud mediante evaluaciones morfológicas constantes (Palomino, 2019).

The International Society for the Advancement of Kinanthropometry o por sus siglas en inglés (ISAK) es la medición encargada de evaluar los cambios morfológicos del cuerpo humano, donde es necesario la cineantropometría, que es una ciencia responsable de la toma de medidas en la composición humana de ciertos puntos anatómicos. En los nadadores de alto rendimiento, estos controles nos ayuda a determinar la eficiencia corporal, por ejemplo, un competidor especialista de 200 mts libre o pecho será más eficiente si se determina la envergadura y la masa muscular de los brazos para las vueltas, teniendo una ventaja en cada extremo de la piscina. Debido a esto ISAK, son las medidas antropométricas más utilizadas alrededor del mundo para los atletas del alto rendimiento, ya que las mediciones es un factor clave en el éxito de los atletas, donde cada cuatro años, se evidencia los cambios morfológicos en los eventos mundiales (Posso, 2020).

La estatura promedio de un nadador es de 183.45 cm, envergadura promedio 194.82 cm, tamaño de los pies 27.4 cm y el tamaño promedio de 20 cm; estas mediciones son de suma importancia para determinar el rendimiento del atleta, por ejemplo, el tamaño de la mano determina el empuje de una brazada y la grasa corporal (Renjam, 2018).

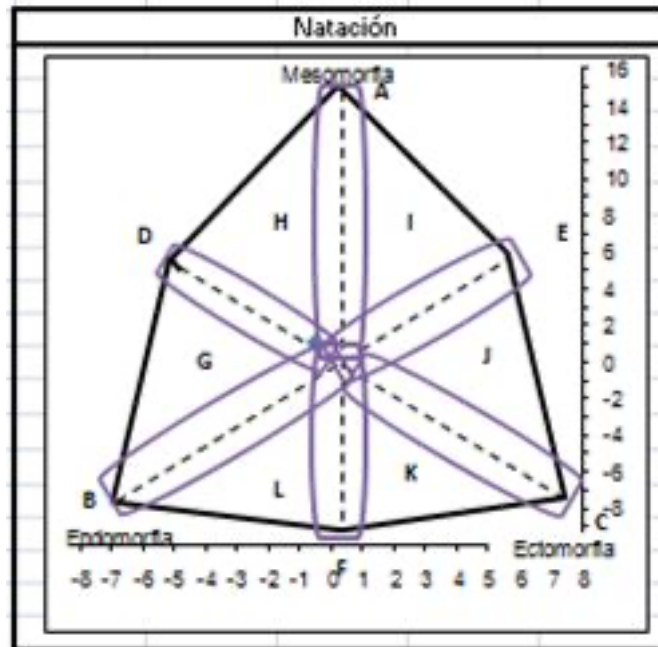
Por otra parte, el somatotipo representa la forma física (morfológica) del atleta, esta puede definirse por delgado o bajo tejido adiposo (ectomorfo), exceso de masa adiposo (endomorfo), predeniminación de la masa muscular (mesomorfo) (Ramirez, 2008). Además, el somatotipo de un nadador puede ser ectomorfismo, la cual tiene una predominancia de mesomorfo, con una formación de masa muscular.

Figura 6 Morfología del nadador masculino



En la imagen superior se puede observar que la morfología es ecto-mesomorfo, donde el predeniminante del nadador masculino es mesomorfo, teniendo una gran capacidad de desarrollar masa muscular.

Figura 7 Morfología de la nadadora femenina



En la imagen superior se puede observar que la morfología de la nadadora es endo-mesomorfo, teniendo como predominante la mesomorfía y la ectomorfía es menor.

(Cabañas, 2009; Maestre, 2009)

E. El cuerpo humano y sus necesidades en la natación

La alimentación es vital para obtener energía de productos naturales o transformados los cuales son conocidos como alimento, estos pueden contener sustancias químicas llamadas “nutrientes”. La alimentación es parte de un proceso de selección de productos, fruto de la disponibilidad y el aprendizaje de cada individuo. En este proceso influye la educación, nivel socioeconómico, psicología y hábitos, etc., por lo tanto, se define como un proceso voluntario (Cervera, etc., 2004).

La nutrición se define como la cantidad aceptada de sustancias que son indispensables para el ser humano para mantener un estado nutritivo adecuado. El proceso nutritivo es, en consecuencia, involuntario, y depende de la acertada elección alimentaria para asumirlo satisfactoriamente (Cervera, 2004).

En los atletas es esencial la adecuada nutrición para tener un rendimiento óptimo y una recuperación adecuada y así mismo, minimizar los riesgos de lesiones físicas. En los atletas élite el consumo de energía es extremadamente alto, tanto; para mantener en equilibrio la energía, nitrógeno y fluidos.

Los nadadores alcanzan su nivel competitivo a los 22-23 años, mientras que las nadadoras lo suelen hacer a los 20-21 años,

Tabla 1 Resumen de nivel competitividad según edad y especialidad

	Hombres	Mujeres
Crol	24-25 años	20-21 años
Pecho	22-23 años	20-21 años

En la tabla superior se puede observar que el punto máximo de competitividad en la modalidad de crol o libre y pecho según la edad, cabe resaltar, que esto aplica en los nadadores de 200 y 400 mts de dichas especialidades (Casanova&Gamardo, 2017).

F. Requerimiento de macronutrientes y tiempos de nutrientes

El *Nutrient timing* o tiempos de nutrientes es una metodología que tiene como objetivo aprovechar al máximo el aporte de los macronutrientes en tiempos específicos previo, durante y después del ejercicio, dicha estrategia debe contar con recomendaciones de aportes de los macronutrientes, la cual dependerá si es un ejercicio de fuerza o de resistencia (Murray. 2014).

Tabla 2 Clasificación de los nutrientes

Clasificación de los nutrientes utilizados en el deporte
<p>Macronutrientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hidratos de carbono o carbohidratos <ul style="list-style-type: none"> • Grasas o lípidos • Proteínas <p>Micronutrientes:</p> <p>Vitaminas o Hidrosolubles: C (ácido ascórbico), B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B6 (piridoxina), B12 (cobalamina), B5 (ácido pantotínico), ácido fólico y biotina.</p> <p>o Liposolubles: A (retinol), D, E, K</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minerales: Calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloro, magnesio. • Oligoelementos: Hierro, flúor, zinc, cobre, selenio, yodo, cromo. Agua <p>Fibra</p> <p>Ayuda ergogénicas</p>

(Astrand, 1985)

1. Requerimiento de hidratos de carbono en el deportista

Los hidratos de carbono (HC) es el macronutriente más utilizado por el organismo, este libera energía a partir de las moléculas de HC, la cual es tres veces más rápida que la energía obtenida a partir de las grasas. Cuando no se tiene una adecuada

ingesta de hidratos de carbono, el agotamiento de este componente produce un aumento de la utilización de grasa y proteína para la producción de energía. Una ingesta adecuada de hidratos de carbono corresponde a un 50-60% del requerimiento diario de energía. Durante el entrenamiento y/o competencia es necesario consumir carbohidratos de rápida absorción como lo es la glucosa, sin embargo; múltiples estudios han evidenciado que la mezcla de carbohidratos de rápida absorción y lenta absorción tienen un mayor beneficio en el rendimiento deportivo, por lo que suelen mezclar glucosa:fructosa maltodextrinas:fructosa (Burd, 2011).

Previo a la competencia es recomendable que la última ingesta sea 3-4 horas previa a la competencia, de esta forma se podrá evitar problemas gastrointestinales, garantizando el vaciamiento gástrico. Es recomendable que previo a la competencia se consuman carbohidratos de lenta absorción o carbohidratos de alto índice glicémico como lo suelen ser los carbohidratos complejos, como la pasta, arroz, pan, tortilla, papa, camote, etc., junto con verduras cocidas y evitar el exceso de grasa y sazónadores (López, 2015). El aporte adecuado de carbohidratos es de 4-5 g/kg de peso corporal, en particular en maltodextrina, ya que estos tienen una menor osmolaridad, teniendo como beneficio una mejor digestión.

2. Requerimiento de las grasas en los deportistas

La grasa es una fuente de energía lenta. Cuando se utiliza la grasa como fuente de energía, los atletas pueden trabajar entre su 40-60% de su capacidad máxima. Sin embargo; el incremento de la utilización de grasa reduce las reservas de carbohidratos en el organismo, afectando la disponibilidad de hidratos de carbono y la fatiga del atleta. Las guías recomiendan que la ingesta debe ser por debajo del 30% del requerimiento diario de energía y no más del 10% de grasas saturadas, favoreciendo las grasas vegetales, frutos secos, pescados y aceites vegetales (Brouns, 2001).

3. Requerimientos proteicos

La proteína es un macronutriente esencial para el buen funcionamiento del organismo del atleta, los atletas de élite tienen un requerimiento diferente a las personas sedentarias o que realizan ejercicio de forma moderada. Estos requisitos nacen de la necesidad de reponer el desgaste de reserva de glucógeno y así mismo, promover la reparación del daño muscular, por lo que es necesario tener una ingesta adecuada de 12-15% del requerimiento diario (López, 2015).

Las recomendaciones de proteína previo al ejercicio aun no están del todo claro; sin embargo, se centra en la cantidad de proteína que debe ser consumida cada 3-4 horas, sin importar si es ejercicio de resistencia o de potencia, por lo que debe ser: cada 3-4 horas 20-40 gramos de proteína ó 0.25-0.40 g/kg/dosis. La síntesis de proteína en esta etapa puede aumentar entre 30-100% como respuesta a un alimento rico en proteína, mientras, que después del ejercicio se sugiere consumir 0.3 g/kg, de preferencia consumir una proteína de rápida absorción como lo es el suero de proteína y siempre verificar que contenga 3-4 gramos de leucina (Murray, 2012).

Tabla 2 Resumen de consumo de macronutrientes según etapa de ejercicio.

Etapa de competencia	Pre-ejercicio	Durante ejercicio	Post-ejercicio
Carbohidratos	4-5 g/kg de peso corporal	30 g/hora con un máximo de 90 g en 3 horas.	1-1.2 g/kg/hora por peso corporal en las 4-6 horas posterior al ejercicio
Grasa	No existe recomendaciones de consumo durante el entreno	No existe recomendaciones de consumo durante el entreno	No existe recomendaciones de consumo durante el entreno
Proteína	0.25-0.40 g/kg por peso corporal	10-15 g totales	0.3 g/kg por peso corporal

(Abdulla, 2016); (Jeukendrup, 2014); (Murray, 2012).

Estas son las recomendaciones nutricionales, cabe resaltar que es de suma importancia verificar que el aporte de carbohidratos, ya que es necesario que este provenga de maltrodextrina-fructosa o glucosa-fructosa con una relación de 2:1 y proteína post-competencia es necesario verificar que este tenga un aporte de leucina de 3-4 g.

Un estudio realizado en los atletas olímpicos canadienses evidenció que el 65% de los atletas elite y el 89% de los deportistas de alto nivel universitario estadounidenses informaron el uso de suplementos nutricionales; sin embargo, el uso de suplementos nutricionales al público tradicional esta en aumento cada año, con 52% usando la proteína como suplemento y el 18% utilizando 2-5 suplementos nutricionales (Genton et, 2010).

Las proteínas son moléculas importantes que ayudan al buen funcionamiento de las estructuras y reguladoras del cuerpo. Estas están compuestas de aminoácidos, las cuales contienen un grupo amino (-NH₂), un grupo ácido carboxilo (-COOH) y un grupo radical, el cual es diferente para cada aminoácido. Son 9 aminoácidos esenciales de los 20 disponibles y son leucina, isoleucina, valina, histidina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano. Los aminoácidos esenciales provienen de la dieta o suplementación de proteínas la degradación de proteínas endógenas, las cuales se encuentran en un estado de flujo metabólico en síntesis y degradación simultánea y a su vez isoleucina (iso), leucina (leu) y valina (val) son considerados aminoácidos de cadena ramificadas (BCAA por su nombre en inglés branched chain amino acids) (Tarnopolsky, 2004).

Tabla 3 Requerimientos estimados de BCAA mg/kg/día

Aminoácido	Requerimientos, mg/kg x día, por grupo de edad			
	3-4 meses	5-2 años	10-12 años	Adultos
Leucina	161	73	42	14
Isoleucina	70	31	28	10
Valina	93	38	25	84

(WHO, 1985).

Existe evidencia en la que los suplementos proteicos y los BCAA son los suplementos más utilizados en la nutrición deportiva para mejorar la masa muscular en los deportes de hipertrofia, sin embargo, para tener provecho de la suplementación proteica es necesario que la intensidad de ejercicio debe ser proporcional a la oxidación de aminoácidos. La literatura recomienda una dosis de 1.6 a 2.2 g/kg/día de proteína y la recomendación de aminoácidos de cadena ramifica es un ración es de 2:1, 3 gr de leucina y 1.5 gr valina e isoleucina al día. (Carvajal, 200); (Rabassa, 2017).

4. Ayuda ergogénicas: tipos de suplementación proteica

La ayuda ergogénica significa *producción de energía* y hace referencia a toda suplementación capaz de mejorar el rendimiento físico y/o mental. El Dietary Supplement Health and Education Act (DSHEA) define suplemento nutricional como “*producto hecho para suplementar la dieta que contiene uno o más de los siguientes ingredientes de la misma: vitamina, mineral, aminoácido, hierba u otra sustancia hecha con hierbas*”. La suplementación proteica ha tenido un auge en las últimas décadas por sus múltiples beneficios al consumidor, como por ejemplo el aumento de la hipertrofia muscular, disminuye la degradación muscular, ayuda a la recuperación muscular después del ejercicio; sin embargo, se debe considerar el tipo de proteína, la calidad y el origen de sus ingredientes, por lo general estas son derivados de las proteínas de leche (caseína, lactosueros, caseinatos); sin embargo, existen otros derivados como la soja, huevo, trigo, guisante; y otros que se hidrolizan de las proteínas anteriores para obtener una proteína más pura sin residuos como lo puede llegar a ser la proteína aislada (Sánchez, 2012).

5. Suplementación con BCAA y síntesis de proteína muscular por medio de mTOR

En la industria de suplementación deportiva los aminoácidos de cadena ramificada (BCAAs) han demostrado tener la capacidad de estimular la síntesis de proteína en el esqueleto muscular, corazón, hígado y tejido adiposo por medio de la liberación de insulina, pero la leucina es quien ha demostrado tener una mayor efectividad de estimulación para la síntesis proteica muscular mediante la activación del blanco de la rapamicina en mamíferos (mTOR) (García, 2014).

El efecto anabólico de los BCAAs ha abierto una amplia brecha de información para ser utilizado como tratamiento medicinal, así mismo como suplemento nutricional, por ejemplo, la suplementación con leucina ha evidenciado prevenir la hepatogénesis y prolongar el tiempo de vida en pacientes con cirrosis, es beneficioso para pacientes con hepatitis crónica C con resistencia a la insulina, a su vez reduce el daño muscular inducido por el ejercicio (Kawaguchi, 2013); (Howatson, 2012). Además, hoy en día la suplementación con BCAAs ha sido utilizada como tonificador por los fisiculturistas, por lo tanto, múltiples estudios evidenciaron los efectos de los aminoácidos en diferentes órganos incluyendo la masa muscular.

El catabolismo de los BCAAs involucra dos enzimas en común; por consiguiente, la ingesta diaria de un BCAA conlleva al catabolismo de los tres. El primer paso catabólico es reversible, se da por la transaminación catalizada por la aminotransferasa de cadena ramificada (BCATs) e isoenzimas (Hallaj et al. 2015).

Los BCATs son vitaminas B6 y son responsables de la transferencia reversible del grupo α -amino a BCAAs a α -ketoglutarato (α -KG) a Glu y luego a α -keto ácidos de cadena ramificada (BCKAs), α -ketoisocaproato (α -KIC). BCATs se encuentra en múltiples partes excepto en el hígado, mientras que los BCAAs. La desregulación de la vía catabólica de los BCAAs conlleva a niveles excesivos de BCAAs, como resultado se da la “Enfermedad de Orina con Olor a Jarabe de Arce” o MSUD por sus siglas en inglés Maple Syrup Urine Disease, la cual se podría provocar disfunción neuronal y hasta la muerte. La interrupción de la vía catabólica en el primer paso BCATm KO, que conlleva a la elevar los niveles de BCAAs sin elevar los niveles de BCKAs, por lo que no produce MSUD (Hallaj, 2015).

Recientes estudios han evidenciado que el mTOR tiene un grado de responsabilidad en el agrandamiento de masa muscular. Un estudio en 2015 en ratones evidenció que a pesar de las concentraciones elevadas de BCAAs los ratones tenían un nivel bajo de leptina plasmático, insulina, norepinefrina; a pesar de las bajas concentraciones de insulina, la concentración de glucosa no se encontraba alterada (Hallaj et al, 2015).

6. HMB y sus múltiples usos en el deporte mTOR, clasificación instituto australiano del deporte.

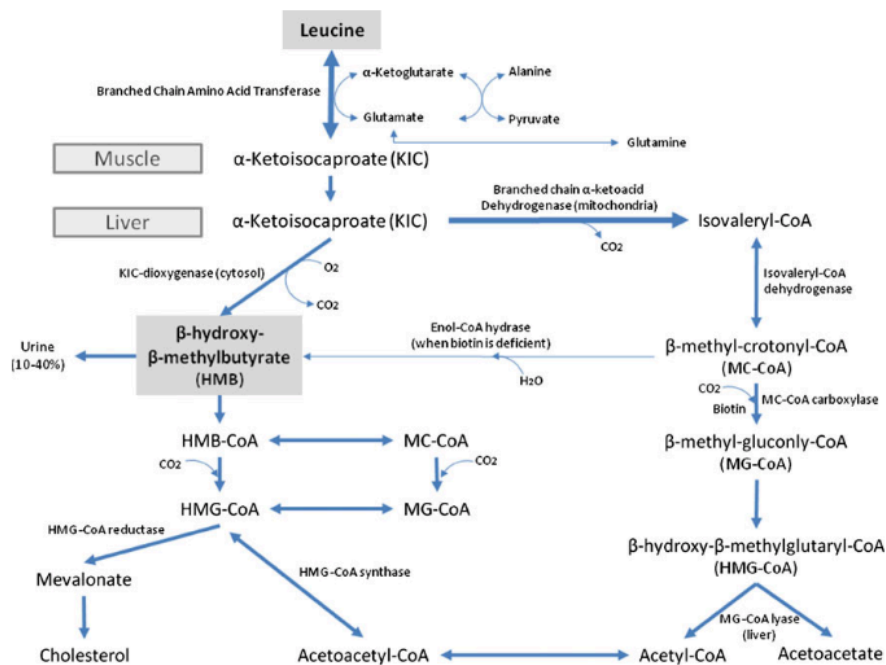
El Beta-hidroxi-beta-metilbutirato es más conocido como HMB, ha tenido un gran auge hoy en día por sus efectos positivos en el daño muscular asociado al incremento de la masa muscular. El HMB fue utilizado principalmente en patologías donde el principal problema es la deficiencia o pérdida de masa muscular como la caquexia, hoy en día esta siendo utilizado en la industria deportiva para el aumento de masa muscular; sin embargo, en la clasificación de la Institución Australiana del Deporte se encuentra en la categoría C, por lo que no es recomendable para atletas élite y esta se encuentra lejos de ser aceptada como un suplemento deportivo legal (Nissen and Sharp, 2003); (AIS, 2022).

El HMB es un metabolito del aminoácido Leucina, por lo que este es asociado durante el metabolismo de este aminoácido, el primer paso es la transaminación de α -cetoisocaproato o conocido como α -KIC la cual ocurre a nivel hepático (Block&Buse, 1990). Luego ocurre una reacción enzimática con la α -KIC, quien toma dos vías:

Se produce HMB a partir de α -KIC por medio de una enzima citosólica KIC dioxigenasa; la dioxigenasa se ha conocido por interferir a nivel mitocondrial en que la enzima dioxigasa es una enzima citosólica, mientras que la enzima deshidrogenasa se encuentra de forma usual en la mitocondria (Sabourin & Bieber, 1981 y 1983). Se debe destacar que la formación de HMB es completamente dependiente de la dioxigenasa hepática α -KIC. Posteriormente el HMB se convierte en β -hidroxi- β -metil glutaril-coA (HMG-CoA) citosólico, la cual es utilizada para la síntesis de colesterol. De hecho, varios estudios han evidenciado que el HMB es un propulsor del colesterol (Nissen and Sharp, 2003).

Como segunda vía, después de la transaminación α -KIC a nivel hepático, se crea isovaleril-CoA, a pesar de que sea un proceso enzimático la acción de deshidrogenasa cetoácidos de cadena ramificada (BCKDC), luego se lleva a cabo la síntesis de HMG-CoA. En condiciones normales la mayor parte de KIC es convertido isovaleril-CoA. Aproximadamente solo el 5% de leucina es metabolizado como HMB (Wilson et al. 2008).

Figura 8 Metabolismo de HMB.



Adaptado por Nissen and Abumrad (1997).

7. Suplementación con leucina y HMB: similitudes y diferencias

Al igual que el HMB, no se tiene claro si la leucina por si mismo es parte de la activación del efecto anticatabólico de sus metabolitos, debido a que la leucina no es un receptor. Cuando suplementamos el primer paso es la transaminación de la leucina a α -KIC, la cual se canaliza por aminotransferencia de cadena ramificadas (BCAT), donde tiene un mayor efecto en la masa muscular (Lynch, 2002). Como se había mencionado anteriormente, se cree que el HMB es un metabolito de la leucina, quien es responsable de los efectos anticatabolismo, esto se debe a que es el único BCAA capaz de actuar como antiproteolítico (Slater and Jekins, 2000).

8. ¿Por qué suplementar con HMB?

Una persona promedio de 70 kg produce aproximadamente 0.2-0.4 g de HMB por día, esta producción dependerá directamente del consumo de leucina en la dieta diaria, tomando en cuenta, que los aminoácidos esenciales como la L-leucina no es sintetizado por el cuerpo humano, es necesario consumirlos de una proteína de alto valor biológico, como lo es la carne y sus derivados. Para producir aproximadamente 3 g de HMB al día, es necesario consumir 60 g de L-leucina, lo que equivale a 3.5 kg de carne al día (Wilson et al, 2008). La suplementación con HMB ha evidenciado ayudar a disminuir la proteólisis en enfermedades que afecten a la masa muscular y durante el estrés post ejercicio (Vukovich, 2001).

Figura 9, Efectos de la suplementación con HMB en diferentes protocolos y diferentes poblaciones en la masa muscular y en el daño muscular

References	Samples	Methodology	Results	
Clark et al. (2000)	Humans	3 g of HMB + 14 g arginine + 14 g glutamine/day	8 weeks	In individuals with HIV, increased lean mass and improved immune system function
Flakoll et al. (2004)	Humans	2.0 g HMB + 5.0 g arginine + 1.5 g lysine/day	12 weeks	Gain in maximum strength and muscle mass
Gallagher et al. (2000a)	Humans	3.0 g HMB/day	8 weeks with RT	Induced increases in muscle mass
Gallagher et al. (2000a)	Humans	6.0 g HMB/day	8 weeks with RT	No response to supplementation
Gallagher et al. (2000a)	Humans	6.0 g HMB/day	8 weeks with RT	No risk regarding renal and liver function or hematological parameters
Hoffman et al. (2004)	Humans	3.0 g HMB/day	10 days ^a	No gain in strength nor in muscle mass
Jowko et al. (2001)	Humans	3.0 g HMB/day	3 weeks with RT	No changes in muscle mass
Kreider et al. (1999)	Humans	3.0 or 6.0 g HMB/day	4 weeks with RT	No gain in strength, nor in muscle mass
Lambolay et al. (2007)	Humans	3.0 g HMB/day	5 weeks with aerobic exercise program	Aerobic capacity enhancement with no alterations in body composition
Nissen et al. (1996)	Humans	1.5 or 3.0 g HMB/day	3 and 7 weeks with RT	Significant decrease in muscle proteolysis induced by exercise
O'Connor and Crowe (2007)	Humans	3.0 g HMB/day	6 weeks ^b	No gain in strength, nor in anthropometrical parameters
Panton et al. (2000)	Humans	3.0 g HMB/day	4 weeks with RT	Lower levels of muscle damage markers
Ransone et al. (2003)	Humans	3.0 g HMB/day	4 weeks ^a	No gain in strength nor in muscle mass
Slater et al. (2001)	Humans	3.0 g HMB/day	6 weeks with RT	No changes in body composition, muscular strength and biochemical markers
Soares et al. (2001)	Rats	0.002 g HMB/day	7 days	Decreased muscle damage and increased muscle fiber diameter under hindlimb immobilization procedures
Thomson et al. (2009)	Humans	3.0 g HMB/day	9 weeks with RT	Increased lower-body strength with no effects on body composition
Van Someren et al. (2005)	Humans	3.0 g HMB + 3.0 g KIC/day	2 weeks with RT	Gain in maximum strength and increased skeletal muscle repair
Vukovich et al. (2001)	Humans	3.0 g HMB/day	8 weeks with RT	No effect on strength gain and fat-free mass gain in elderly subjects

RT Resistance training, HMB beta-hydroxy-beta-methylbutyrate, KIC alpha-keto isocaproate

^a Associated with specific exercise program for football players

^b Associated with specific exercise program for rugby players

En el cuadro se puede observar multiples estudios en los que se utilizan diferentes metodologías y diferentes poblaciones. El estudio de Clark evidenció que la suplementación en una población con VIH y con una suplementación de 3 g + 14 g de arginina + 14 g de glutamina por día ayudó a aumentar la masa muscular y a fortalecer el sistema inmune; también se puede observar que al aumentar la suplementación con 6 g de HMB por día no hubo cambios la masa muscular, no hubo una respuesta a la suplementación como lo es en el estudio de Gallagher.

G. Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios para el buen funcionamiento del cuerpo, estos compuestos también participan en la formación de hormonas, células y sustancias químicas del sistema nervioso. Cada vitamina suele tener una función específica, por lo general suelen actuar como biocatalizadores, las cuales actúan de la mano con una molécula de proteína para crear enzimas metabólicamente activas, que a su vez intervienen en acciones químicas (Arquera, et al. 2004).

Las vitaminas se clasifican de acuerdo a su capacidad de disolución en grasa o agua. Las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) deben ser consumidas junto con alimentos que contengan grasa, debido a que estas se almacenan junto con la grasa del organismo, por lo que son vitaminas liposolubles. Las vitaminas hidrosolubles son disueltas en agua como, vitaminas del grupo B y vitamina C, deben ser consumidas junto con agua y estas no se almacenan en el organismo, por lo que si es indispensable su consumo diario (Arquera, et al. 2004).

Tabla 4 Clasificación de las vitaminas

CLASIFICACIÓN DE LAS VITAMINAS	
LIPOSOLUBLES	HIDROSOLUBLES
Vitamina A	Vitamina B
Vitamina D	
Vitamina E	Vitamina C
Vitamina K	

(Arquera, et al. 2004).

1. Vitamina D y sus necesidades en el deporte

El organismo tiene la capacidad de producir vitamina D, y estas tienen una gran importancia en la formación de huesos, así como en la absorción de calcio y fósforo en el intestino. La vitamina D se puede obtener de la vísceras, yema de huevo, atún, leche enriquecida con vitamina D (Arquero, et al. 2004).

En los últimos años se ha producido un gran interés por la deficiencia de vitamina D, no solo por su rol en el metabolismo mineral y óseo, sino por sus efectos estraesqueleticos. La principales formas bioquímicas de la vitamina D₃ es colecalciferol

y vitamina D₂ ergocalciferol. Esta vitamina es hidroxilada en primer lugar en la posición 25 de la molécula, mediante la 25-hidroxilasa hepática, teniendo como resultado el 25 hidroxil-colecalciferol (25OHD) o también llamado calcifediol o calcidiol y es el metabolito hormonal más activo del sistema endocrino y su función es el mantenimiento del metabolismo fosfo-cálcico, ya que tiene una función renal e intestinal (Rosen, 2012).

La deficiencia de vitamina D aparentemente es una epidemia mundial, debido a que aproximadamente el 88% de la población tiene concentraciones plasmáticas de vitamina D por debajo de 30 ng/ml, un 37% valores por debajo de 20 ng/ml y 7% muy por debajo de 10 ng/ml (Hilger, 2013).

Por otro lado, resulta controversial las concentraciones adecuadas de vitamina D, existen autores que sugieren que los niveles por debajo de 100 ng/ml no se asocian a efectos tóxicos; sin embargo, algunos autores han propuesto que la concentración máxima sea de 60-70 ng/ml. Cabe resaltar que la Asociación Australiana del Deporte reconoce la vitamina D en la clasificación A, por lo que es una sustancia permitida para el consumo del deportista sin ser considerado un dopaje con un límite de 75 ng/ml o 100 nmol/L (AIS, 2021).

H. Institución Australiana del Deporte (AIS)

La Institución Australiana del Deporte es la entidad encargada de la suplementación y ayudas ergogénicas permitidas y no permitidas en el deporte para los atletas, este define las dosis autorizadas dependiendo de la etapa de competición. La clasificación sistemática A, B, C, D de la AIS se basa en evidencia científica y en determinadas consideraciones, de esta forma se decide si el producto es seguro, permitido y efectivo para la utilización deportiva sin que sea considerado dopaje (AIS, 2022).

Tabla 5 Clasificación de las ayudas ergogénicas según AIS 2022

Clasificación	Definición	Suplementos
A	Son los suplementos que cuentan con suficiente evidencia científica y son permitidos para ciertas situaciones o etapas en el deporte basándose en un protocolo.	<ul style="list-style-type: none"> • Vitamina D • Creatina • Hierro • Probióticos • Zinc • Multivitamínicos • Proteína • Cafeína • B-alanina • Glicerol • Nitrato o jugo de remolacha

		<ul style="list-style-type: none"> • Bicarbonato de sodio • Bebidas deportivas • Baras deportivas • Suplementos electrolitos
B	Suplementos bajo investigación para ser considerados para su uso en atletas élites bajo un protocolo de investigación, es decir, aun no son permitidos para ser utilizados de forma segura.	<ul style="list-style-type: none"> • Aceites de pescado • Carnitina • Colágeno • Cúrcuma
C	Suplementos que no cuentan con suficiente evidencia científica y aun no se define si son beneficiosos para la salud del atleta, por lo que no deben ser consumidos por los atletas.	<ul style="list-style-type: none"> • BCAA • HMB • Prebióticos • Tirosina • Vitamina E • Magnesio • Fosfatos
D	Suplementos o ayudas ergogénicas con suficiente investigación científica y son considerados prohibidos para el uso deportivo, ya que estos podrían dar un resultado de <i>doping</i> positivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Calostro • Cardarina o GW1516 • DHEA • Ligandrol ó LGD-4033 • Androstenediona • Ostarina • Andarina • Prohormona • Higemanina

En la tabla se puede observar las diferentes clasificaciones de las ayudas ergogénicas según la AIS actualizadas en el año 2022, en donde se puede observar que los BCAA, HMB son clasificación C, lo que no son suplementos adecuados para el consumo del atleta; mientras que los creatina, vitamina D se encuentran en la clasificación D, por lo que son permitidos para el consumo de los atletas bajo un protocolo.

III. Justificación

Múltiples estudios han evidenciado que la suplementación con proteína es necesario para la construcción del esqueleto muscular y el aporte de aminoácidos son necesario para la activación de las vías anabólicas que conducen la hipertrofia muscular y este puede tener un mayor efecto cuando se combina con un estímulo de ejercicio de fuerza muscular. También se ha hecho evidente que la suplementación proteica es fundamental para maximizar el crecimiento de la masa muscular, minimizar el daño y a su vez disminuir el tiempo de recuperación a través de una dieta variada y regular. Los suplementos deportivos de proteína proporcionan aminoácidos extras, la cual es necesario para los atletas de alto rendimiento (Crittenden, 2009).

Se ha demostrado que la ingesta de proteínas tiene un papel fundamental en la adaptación del músculo esquelético al realizar ejercicio de fuerza muscular mediante la mejora de síntesis de proteínas en mayor medida que se haya observado después de un protocolo de ejercicios de resistencia (Hoffman, 2010).

En cuanto al horario de ingesta algunos estudios comparan el consumo de proteína antes o después del entrenamiento con el efecto placebo y consideran que la proteína es el macronutriente clave para optimizar la síntesis proteica después del entrenamiento, esto significa, que la proteína es más eficaz si se consume en el período de la ventana anabólica; sin embargo, para que sea funcional se debe consumir una dosis de 6 gramos de BCAAs mezclado con 20 gramos de proteína aislada de suero de leche de rápida absorción (Schoenfeld, 2013).

Este trabajo brinda una mejor percepción de la suplementación proteica especialmente con el uso de BCAAs asociado a HMB y/o vitamina D de acuerdo a las demandas físicas de la natación y sus múltiples disciplinas considerando la hipertrofia que se genera para optimizar el rendimiento físico. La información obtenida ayudará a tomar decisiones en la disciplina deportiva de natación en Guatemala, ya que este tipo de suplementación no se ha tomado en cuenta en los planes nutricionales de los atletas de natación (Súarez, 2019).

IV. Objetivos

A. General

Analizar la efectividad de los aminoácidos de cadenas ramificadas asociados al consumo HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en deportes que se ven beneficiados con la hipertrofia muscular en la natación.

B. Específicos

1. Determinar la relación entre el aumento de masa muscular asociado al consumo de vitamina D.
2. Determinar la relación entre el aumento de masa muscular asociado al consumo HMB.

V. Metodología

A. Métodos

1. Enfoque general

El presente trabajo fue una investigación aplicada con enfoque general cualitativo, con el fin de valorar la suplementación proteica por medio de BCAAs con HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en la natación; así mismo brindar una brecha de información actualizada sobre suplementación deportiva y sus beneficios.

2. Tipo y diseño

Fue estudio metaanálisis, ya que tuvo como objetivo unificar diversos resultados de estudios experimentales deportivos. Los estudios meta-análisis tienen como objetivo analizar características, poblaciones, perfiles o cualquiera otro fenómenos de diferentes bases de datos y a su vez revelar y unificar diversos puntos de vistas y llegar a una conclusión con evidencia científica (Hernández, 2001).

3. Variables

Tabla 5 Definición de variables

Variabes	Determinar la relación entre el aumento de masa muscular asociado al consumo HMB.	Determinar la relación entre el aumento de masa muscular asociado al alto consumo de vitamina D.
Definición conceptual	La suplementación con HMB ayuda al desarrollo de masa muscular en la natación.	La suplementación con vitamina D ayuda a desarrollar masa muscular en la natación.
Definición operativa	Analizar la suplementación con HMB de diversos análisis deportivos en la natación.	Analizar la suplementación con vitamina D de diversos análisis deportivos en la natación.
Indicador	Mejoría en el rendimiento físico; aumento de masa muscular por medio evaluación antropométrica	Mejoría en el rendimiento físico; aumento de masa muscular por medio evaluación antropométrica
Escala de medición	El protocolo está compuesto por las siguientes secciones: Introducción Objetivos Requerimientos proteicos con BCAA asociados a	Aspectos generales: Fecha Profesión Aspectos de forma: Cantidad y orden de información Información clara y actualizada

	HMB y/o vitamina D y su relación con el deporte de natación.	Aspectos de fondo Protocolo completo Aplicación del protocolo
--	--	---

4. Procedimiento

El procedimiento consistió en la elaboración de un protocolo metaanálisis de diversos estudios relacionados con la suplementación con BCAAs con HMB y/o vitamina D en el deporte de natación, con el objetivo de ampliar la brecha de información respecto a la mezcla de suplementos deportivos para mejorar el rendimiento físico; así mismo, facilitar el metaanálisis y para que pueda ser aplicable en futuras investigaciones deportivas, por lo que se realizaron los siguientes pasos:

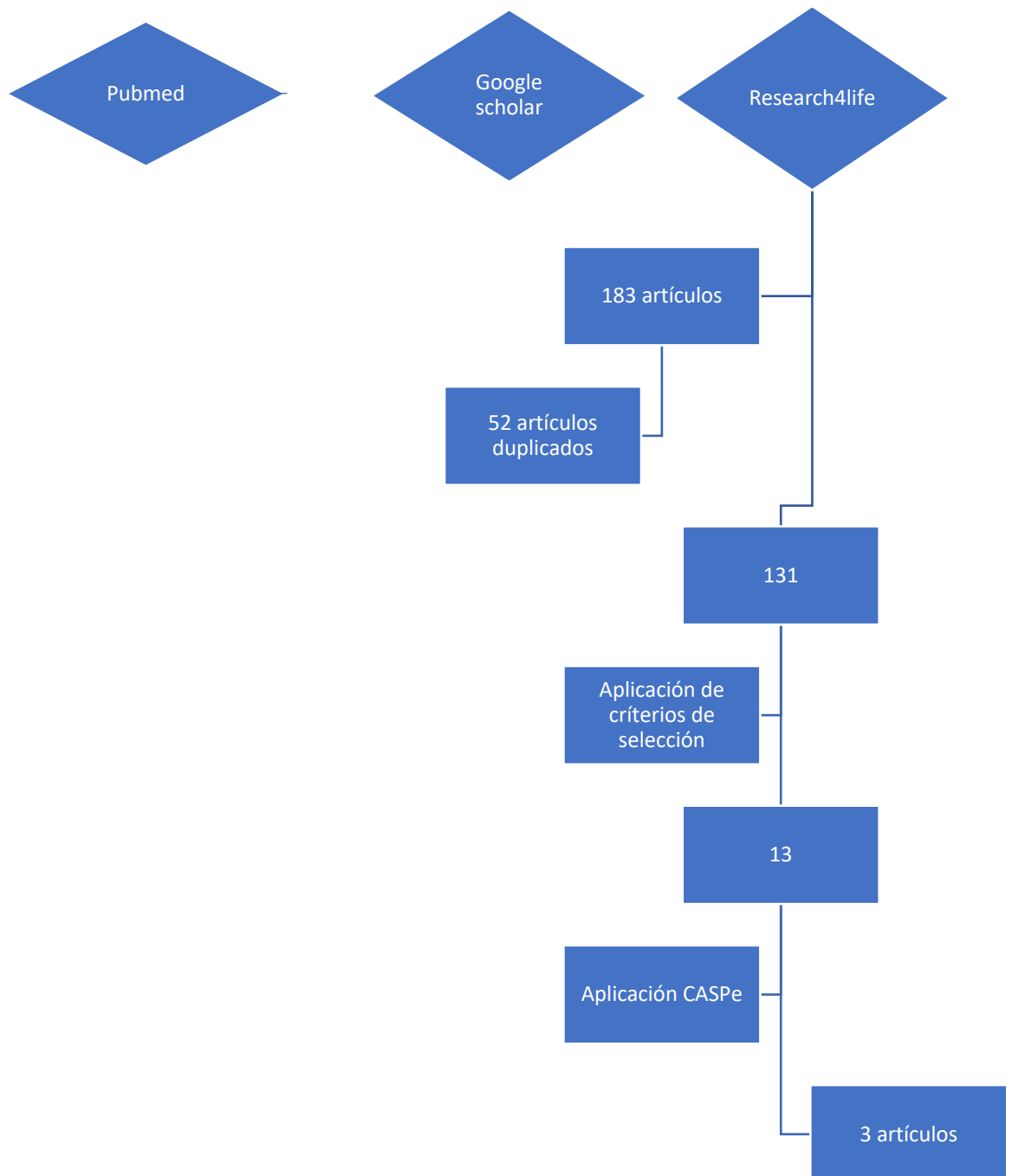
- a. Revisión de los referentes teóricos y bibliográficos sobre la suplementación deportiva con BCAAs, HMB y/o vitamina D en los deportes de natación que requieran incremento de masa muscular.
- b. Elaboración del protocolo de suplementación con BCAAs asociados a HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en deportes de natación.
- c. Se procedió a buscar artículos científicos en las cuales involucren palabras claves como BCAAs, HMB, vitamina D y deportes de hipertrofia en natación en su título y luego se utilizó una herramienta sencilla para filtrar la información y así obtener los artículos que cumplan las criterios de inclusión del estudio, posteriormente se procedió a descartar los estudios que no cumplían con los mismos.
- d. Recursos humanos
 1. Estudiante de nutrición (Sofía Rosales)
 2. Asesor (Dr. Julio Motta Pensabene)

VI. Resultados

El presente metaanálisis consta de una investigación en las plataformas de PubMed, Google Scholar y Research4life en un tiempo de 2 meses. Se hallaron 183 artículos para ser considerados en la investigación, las cuales 52 artículos estaban duplicados. De los 131 artículos restantes se aplican los criterios de selección, lo cual evidenció la escases de base de datos sobre el tema de aminoácidos de cadena ramificada asociados con HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en el deporte de natación. No existe evidencia sobre este tema en la actualidad, debido a esto fue necesario asociar investigaciones con las características más similares para proceder con la investigación.

Tras la lectura del resumen y metodología de los artículos se descartaron 131 artículos por no ser de interés para el análisis o por no cumplir con los criterios de investigación; por lo que quedaron 13 artículos a revisar, posteriormente se llevó a cabo una revisión detallada con la calidad CASPe y se seleccionaron 3 artículos, un artículo corresponde a la base de datos de Pubmed y los dos restantes son de la base de datos de Google Scholar.

Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de bibliografía.



Elaboración propia.

Tabla 6 Referencias bibliográficas

Referencias	Muestra	Metodología	Resultados
Bishop, (2015).	Atletas de resistencia	<ul style="list-style-type: none"> • BCAA 3:2:1 leu, Val, Iso. • 1 g HMB • 2 semanas 	La suplementación con BCAA, HMB y glutamina disminuyeron la inflamación post entreno en las primeras 24 horas y tuvieron un aumento de masa muscular.
Verreijin et al. (2015).	Adultos obesos con entrenamiento de resistencia	<ul style="list-style-type: none"> • 20 µg vitamina D • 2.8 g leu • 13 semanas 	La suplementación con BCAA y vitmanina D para personas obesas tuvo como beneficio el aumento de 0.4 ±1.2 kg
Moriwaki et al. (2019).	Adultos en terapia con discapacidad	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g de BCAA • 20 µg vitamina D • 11 meses 	La suplementación con BCAA y vitamina D tuvo un aumento 4.3% o 2.5 ±0.34 kg de masa muscular.

Estudios en humanos con suplementación con BCAA asociados con HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en diferentes poblaciones.

Bishop et al. en 2015 Baso una investigación en la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) con Hidroxi-beta-metilbutirato (HMB) y glutamina en atletas de resistencia durante dos semanas de suplementación. Es un estudio doble ciego con 40 participantes con un rango de edad 21 años, todos los participantes reportaron no ser fumadores, no tener problemas de corazón y enfermedades metabólicas y fueron clasificados como bajo o moderado riesgo de experimentar un evento cardiovascular durante el ejercicio según la guía de American College of Sport Medicine.

Verreijin et al, 2015 Presento una investigación doble ciego controlada aleatorizada realizada en un población adulta con obesidad y sarcopenia, por lo que se basó en una suplementación con proteína, BCAA (la cual solo reportaba la dosis de leucina) enriquecida con 20 µg de vitamina D bajo un protocolo de déficit calórico para la disminución de peso sin afectar la masa muscular de los participantes.

Moriwaki et al, 2019 Presentó una investigación que se llevó a cabo con un equipo profesional interdisciplinario en una población vulnerable como lo son los adultos mayores con problemas de debilitación o cualquier anomalía al caminar por

deficiencia de masa muscular. Este estudio se realizó en la ciudad de Takatsuki, Japón por un tiempo de 11 meses con el objetivo de aumentar la masa muscular en los participantes por medio de una suplementación con BCAA y vitamina D en los adultos mayores en un programa de terapia física.

VII. Discusión

Al comenzar con la elaboración del protocolo en el año 2021, se evidenció que la suplementación con HMB y BCAA se encontraba en la clasificación B de la AIS, por lo que se procedió con la investigación de dichos suplementos para ser considerados como ayuda ergogénicas, ya estos dos suplementos podrían ser considerados en la clasificación A en el 2022 y ser permitidos para el consumo seguro de los atletas; sin embargo, el presente año se realizó nuevamente la investigación de ambos suplementos y se observó que estos pasaron de B a C, lo cual evidencia que cada año la AIS actualiza la lista de suplementos acorde a la evidencia científica y así clasificarlo si son seguros o no para el consumo de los atletas élitos y amateur según la base de datos.

Desafortunadamente no existe una base de datos que validen el objetivo principal del metaanálisis, por lo que fue necesario validar el consumo de suplementos en dicho deporte, donde se evidenció que el consumo de creatina es el más utilizado junto con la cafeína; sin embargo, la creatina es el más frecuente por los deportistas amateur que en los deportistas élite.

Cosiderando la información anterior, fue necesario la adaptación de los artículos disponibles en las bases de datos ya mencionadas, donde se obtuvo información de diferentes poblaciones amateur con el objetivo de aumento de masa muscular.

La revisión sistemática fue conformada por:

- 1 ensayo controlado aleatorizado doble ciego
- 2 ensayos controlados aleatorizados

Tras valorar los análisis pormenorizado de los artículos, se realizó un cuadro resumiendo los resultados y las características de cada uno de ellos, que se muestra en resultados Cuadro 5.

Los resultados analizados sobre la suplementación con BCAA, HMB y/o vitamina D en humanos durante entrenamiento o terapia fue realizada con un total de 204 pacientes fueron incluidos en la revisión sistemática. Cada estudio asignó un tratamiento para su grupo a estudiar teniendo en cuenta siempre un grupo control; sin embargo, un estudio realizó una estandarización en el menú de los participantes de 1600 kcal diarios, mientras que todos los estudios controlaron el tema de la suplementación y ejercicio o terapia en el tiempo de que este fue establecido.

Basándose en los resultados de tres ensayos experimentales, el primer análisis llevado a cabo fue los BCAA asociados con aumento de masa muscular con HMB y/o vitamina D en atletas amateur o personas bajo un tratamiento de terapia física y recuperación de masa muscular, se observa que todos los participantes de los estudios seleccionados tuvieron un aumento de masa muscular; sin embargo, tras analizar los parámetros y las condiciones de los estudios, se evidenció que cada estudio había obtenido un resultado positivo en comparación al grupo control. Estos hallazgos indican

que sí se tiene un beneficio no significativo al consumir estos suplementos nutricionales para el aumento de masa muscular en atletas de resistencia o en personas obesas.

El estudio de Bishop comparó la suplementación con una dosis de 2.5 g de leucina, 1.5 g de valina, 1.0 g de isoleucina y 3 g de HMB; sin embargo, este tenía una condición diferente a los demás, la cual era el consumo de HMB en tres sesiones, las cuales era: 1 g antes de iniciar con la sesión de ejercicio, 1 g durante la realización de ejercicios de resistencia y, por último, 1 g 2-6 horas después de haber finalizado la sesión de entrenamiento. La literatura recomienda utilizarlo como un *pre-workout* y consumirlo 15 minutos previos a la sesión de ejercicio, ya que este tiene los beneficios para mitigar los efectos de inflamación por la hipertrofia muscular.

En la actualidad, la suplementación para el aumento de masa muscular es una prioridad para muchos atletas amateur, ya sea por temas de salud o estética; por lo que es importante tomar en consideración la rentabilidad de una suplementación con nutrientes que aun no han sido aprobados por AIS y aun no han demostrado su eficacia tanto en atletas amateurs como atletas élites.

El estudio de Verreijen en 2015, evidenció el aumento de masa muscular no significativo en personas adultas con obesidad durante una intervención nutricional hipocalórica combinado con ejercicios de resistencia. Hoy en día se conoce que no es recomendable el déficit calórico en adultos mayores por alto el riesgo permanente de una pérdida de masa muscular, por lo que dicho estudio se llevó a cabo con una suplementación de 0.8 g/kg/día de proteína con BCAAs, la cual solo indica la porción de leucina de 2.8 g gramos con 20 µg de vitamina D para el aumento de masa muscular; sin embargo, se evidenció que al utilizar un suplemento de suero de proteína o “whey protein” este ayuda a la preservación de masa muscular en adultos durante la intervención de pérdida de peso, a su vez también se llevó a cabo la intervención con vitamina D con una dosificación de 800 IU (0.02 mg). En los últimos 5 años se ha asociado la deficiencia de vitamina D con una deficiencia de masa muscular en adultos, atletas amateur y atletas élites, por lo que ha surgido investigaciones con suplementación de vitamina D para el aumento de masa muscular; sin embargo, el mecanismo de defensa de la vitamina D aun no está del todo claro.

Al tener una rutina de ejercicios de fuerza junto con una suplementación adecuada, esto se convierte en un facilitador para sensibilizar el músculo, la cual ayuda a generar una hipertrofia muscular en cualquier tipo de población; sin embargo, los estudios han evidenciado que existen dos poblaciones en las cuales estos sensibilizadores tienen un mayor efecto, estos se dan en los atletas y en los adultos mayores, ya que en ambas poblaciones se tienen dos objetivos en mente:

- Prevenir la pérdida de masa muscular
- Aumentar la masa muscular

Aunque un grupo objetivo diferente en 2012 evidenció el aumento de masa muscular significativa de 1.3 kg en un estudio aleatorizado doble ciego, en un tiempo determinado de 24 semanas con una intervención de rutinas de ejercicio y una

suplementación de 30 g de proteína diaria, lo que equivale a una ingesta de 1.1-1.0 g/kg/día de proteína por día (Tielands, 2010). La evidencia de Tielands y Verreijen sugiere que la suplementación con proteína de alta calidad como lo son los BCAA's junto con la vitamina D añadiendo una rutina adecuada de ejercicios de fuerza durante un programa para la prevención de masa muscular puede ser utilizada por la población de adultos mayores y no solo en poblaciones de deportistas con el objetivo de aumento de masa muscular con un programa de ejercicios de resistencia o de fuerza.

El estudio de Moriwaki, en 2019 llevado a cabo en Hyogo, Japón. Tenía como objetivo la intervención física-nutricional de un grupos de pacientes en fase de rehabilitación por el deterioro de la masa muscular en un grupo de personas adultas diagnosticadas con alguna patología como cerebrovascular o algún otro. El estudio se llevó a cabo en un tiempo de 11 meses con una población de 75 años con un historial médico de terapia y/o pérdida o dificultad para utilizar las extremidades inferiores. La intervención que se llevó a cabo fue una suplementación con una gelatina enriquecida con BCAAs con 5 g más una dosis diaria de 20 µg de vitamina D.

El cuerpo completo y sobre todo en la masa muscular de las piernas tuvo un incremento significativo con el grupo con la suplementación, mientras que el grupo control tuvo un descenso de en la masa muscular de los brazos.

El grupo con suplementación nutricional tuvo una diferencia significativa, esto se debe a que el grupo control tuvo una pérdida de peso de 2.2% mientras que el grupo suplementado tuvo un aumento de 4.3%. El entrenamiento de ambos grupos no tuvo diferencia significativa con una valoración de 22.9 ± 7.5 minutos y 23.8 ± 8.7 minutos.

El estudio de Moriwaki determinó que se tenía una diferencia significativa con la masa muscular y el peso entre los dos grupos, tanto como el grupo control como el grupo con intervención nutricional con BCAAs con vitamina D, la cual sugiere que la la ingesta de ayuda ergogénicas a partir de la edad adulta para prevenir la malnutrición y la sarcopenia (Moriwaki, 2019). Este estudio también evidenció los beneficios de una rehabilitación inmediata después de una estadía hospitalaria con una afectación física como enfermedades cerebrovasculares, enfermedades espinal o algún síndrome.

Algunas evidencias sugieren la suplementación proteína con una dosis de 1.2-1.6 g/kg/día, sin tomar en cuenta la suplementación con BCAA y vitamina D, debido a esto es importante considerar tanto los factores externos de la suplementación como los intervalos, como lo serían, la suplementación con otros nutrientes como lo son los BCAA, HMB y vitamina D. Los resultados del estudio de Moriwaki fueron similares a los del estudio de Kawaguchi, 2013; Hegerová, 2015.

Los tres estudios seleccionados para el metaanálisis contaban la información necesaria para ser incluidos; sin embargo, al observar a detalle los resultados de estos, se evidenció que los tres estudios contaban con una muestra muy recudida y debido a esto no se logró obtener una diferencia significativa en cada uno de los estudios.

Tras haber realizado el análisis de los estudios, se pudo determinar que la suplementación con BCAAs asociados con HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en deportes de natación, es un tema innovador, por lo consiguiente aun no existe una base de datos con dichos criterios, por lo que fue necesario asociar los estudios al aumento de masa muscular con la realización de actividad física y suplementación con BCAA, HMB y/o vitamina D; sin embargo, tras este cambio, se observó que tan solo dos estudios utilizaron la vitamina D para el aumento de masa muscular con una dosis de 20 μg y ambos fueron utilizados por poblaciones no atléticas, sino en adultos mayores para la prevención de sarcopenia y aumento de masa muscular; mientras que la investigación en atletas de resistencia se llevó a cabo con una muestra de 80 atletas y con una suplementación de BCAA y HMB; sin embargo, cabe resaltar que la ingesta de HMB se llevó a cabo en tres sesiones, lo cual podría interferir con la respuesta y la sensibilización que este podría generar si este hubiera sido ingerido en una sola sesión durante o previo a la realización de ejercicio como lo sugiere la evidencia científica.

Una de las limitantes más importantes en los tres estudios fue la falta de medición estandarizada de los parámetros de cada estudio, ya que el estudio de Bishop medía la fuerza por medio de la realización de ejercicios de resistencia en el número de repeticiones, mientras que los estudios de Moriwaki y Verreijen determinaron la fuerza por medio de diferentes items; sin embargo, los tres estudios analizaron el aumento de masa muscular y/o la prevención de pérdida de masa muscular, la cual fue beneficioso para el estudio de Moriwaki, ya que ellos buscaban la prevención de masa muscular y en cambio, obtuvieron una ganancia de masa muscular significativa comparado con el grupo control; este mismo estudio fue el más largo, pero esto se atribuye al trámite que se debía llevar a cabo con el hospital y comité de ética para la suplementación a una población tan vulnerable como lo puede llegar a ser las personas con discapacidad y con una edad avanzada como lo era esta población.

VIII. Conclusiones

1. La efectividad de los aminoácidos de cadena ramificadas asociados al consumo de HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en los deportes de natación no fue determinada por falta de evidencia científica en el área deportiva; sin embargo, estos pudieron ser asociados con poblaciones con características similares a las que se buscaban al plantear la investigación, por lo que es necesario impulsar la nueva tendencia de suplementación para la determinar el nivel de efectividad de estos mismo.
2. Dos estudios determinaron la relación entre el aumento de masa muscular con la suplementación de vitamina D con una dosis de 20 µg al día en poblaciones adultas, y estas evidenciaron la efectividad para la prevención de sarcopenia y para el aumento de masa muscular en poblaciones vulnerables, por lo que es conveniente la consideración de una nueva tendencia a suplementar con vitamina D a poblaciones vulnerables y/o atletas.
3. Un estudio llevado a cabo en la universidad de Alabama determinó en 2015, determinó la eficacia de la suplementación con BCAAs, HMB y glutamina en diferente horario a lo que la evidencia recomienda en un grupo de etletas de resistencia y reveló que la suplementación con dichos nutrientes son facilitadores para la disminución de la inflamación postejercicio, también evidenció un aumento de masa muscular no significativa.

IX. Recomendación

La suplementación con BCAA asociados a HMB y/o vitamina D para el aumento de masa muscular en deportes de natación no cuenta con una base de datos, por lo que es ideal realizar una investigación con una número de muestra mayor a la que tuvieron los estudios analizados, de tal forma que se pueda evidenciar la diferencia significativa entre grupos controles y grupos experimentales, con el objetivo de tener una base de datos más confiables y contribuir al campo de nutrición deportiva y a futuras investigaciones en diversos campos.

X. Referencias bibliográficas

- Abdulla, H; Smith, K; Idris, I. (2016). *Role of insulin in the regulation of human skeletal muscle protein synthesis and breakdown: A systematic review and meta-analysis*. Diabetologia. 59:44-55.
- AIS. (2022). *Group A. Australian Institute of Sport*. Extraído de: <https://www.sportaus.gov.au/search?collection=sportaus-web&query=protein>
- Astrand, PO. (1985). Rodahl, K. (1985). *Fisiología del trabajo físico*. 2ª ed. Buenos Aires. Panamericana.
- Bensley, EH. (1951). *The feeding of athletes*. *Can Med Assoc J*. 64: 503-504.
- Blasco, R. (2014). *Evidencia de la eficacia de la suplementación con proteínas en el rendimiento deportivo*. Facultad de Medicina, Universidad de Valladolid.
- Bishop, P. (2015). *Resistance Training and recovery: influence of dietary supplements, combinen treatment therapies, and gender*. Department of Kinesiology. The University of Alabama. Tuscaloosa, Alabama.
- Burd, j. (2011). *A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance*. Br J Sport Med.
- Cabañas, M; Maestre M; Herrero, A. (2009). *Introducción de la técnica antropométrica. Método. Medidas antropométricas. Puntos anatómicos*. En: Cabañas MD, Esparza F. Editores. *Compendio de Cineantropometría*. Madrid: CTO; P. 33-82.
- Carrillo, P. (2011). *Los efectos que produce la creatina en el performance deportiva*. INVENO 14 (26). Pag 101-105.
- Casanova, R; Gamadro, P. (2017). *Maduración biológica, fuerza y potencia muscular en la brazada de crol*. Apuntes. Educación Física y Deportes, 78-91.
- Cervera, A; Clapés, J; Rigolfas, R. (2004). *Alimentación y dietoterapia*. Hospital Universitario de Valencia Nutrición Clínica y Dietética. McGraw-Hill. Interamericana.
- Cometti, G. (2005). *Les Methodes Modernes de Musculation*.
- DSHEA. (1994). *Congress Passed the Dietary Supplement Health and Education*, Washington D.C. USA.
- FINA. (2009). *Federación Internacional de Natación Amateur. Reglas 2005-2009*. En: <http://www.fina.org>
- García, J. (20014). *Dietas bajas en proteína y aminoácidos de cadena ramificada en expresión de transportadores de aminoácidos, concentración sérica de aminoácidos y comportamiento productivo de cerdos en crecimiento*. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Hallaj, S; Hutson, S. (2015). *Chronic activation of mTOR complex 1 by branched chain amino acids and organ hypertrophy*. Springer-Verlag Wien.
- Hilger, J. Friedel A, Herr T; Rausch, T; Roos, F; et al. (2013). *A systematic review of vitamin D status in populations worldwide*. Br j Nutr. Page 9: 1-23.
- Hernández, S. Aguilera, J. (2001). *Metodología de los estudios de meta-análisis en la investigación clínica*. Centro Nacional de Rehabilitación-Ortopedia. Ciudad de México.
- Hoffman J. R., Ratamess N. A., Tranchina C. P., Rahsti S. L., Kang J., Faifenbaum A. D. (2010). *Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes*. Amino Acids, 38 (3), 771-778
- IFI. (2019). *Antrometría Estática Protocolo*. Bogoto: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- López, C. (2015). *Nutrición en Natación Máster*. Departamento de biología y geología. Revista de Educación, Motricidad e Investigación.
- Lynch, C; Hutson, S; Patson, B; Vaval, A; Vary, T. (2002). *Tissue-specific effects of chronic dietary leucine and norleucine supplementation on protein synthesis in rats*. Department of Cellular and Molecular Physiology, Pennsylvania State University.
- Maestre, MI; Méndez, B; Ordaz, E. (2009). *Estudio de la forma corporal. Somatotipo*. En: Cabañas MD, Esparza F. Editores. *Compendio de Cineantropometría*. Madrid: CTO; P. 119-158.
- Moriwaki, M; Wakabayashi, H; Sakata, K; Domen, K. (2019). *The effect of branched chain amino acids enriched nutritional supplements on activities of daily living and muscle mass in inpatients with gait impairments: a randomized controlled trial*. Department of Rehabilitation Medicine. Midorigaoka Hospital, Takatsuki, Japan.
- Murray, B; Roberbloom, C. (2012). *Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes*. Nutrition Reviews. 76:243-43.
- Niglia, M. (2012). *Nutrición en Natación*. Facultad Ciencias Medicas, Licenciatura en Nutrición. Departamento de Metodología de Investigaciones. Universidad F.A.S.T.A
- Nissen S; Sharp, R. (2003). *Effect of dietary supplements on lean mass and strength with resistance exercise: a meta-analysis*. Departments of animal Science and Health and Human, Iowa State University, Ames.
- Palomino, F. (2020). *Revisión Sistemática Del Perfil Antropométrico y Somatotipo en Nadadores De Alto Rendimiento*. Facultad de Derecho y Humanidades, Escuela Profesional De Ciencias del Deporte. Universidad César Vallejo.
- Pereira, M. Hernández. C. Fernandez, J. Fernandez, S. (2017). *Métodos de determinación de la velocidad crítica en corredores*. Universidad Pedro de Valdivia, sede Chillan. Ciencias en Motricidad Humana, Panamericana Norte 3651. Chillan, Chile.
- Pivetta, L. Borgatello, C. Bove, M. Fernández, J. (2014). *Evaluación de la ingestión de proteínas en jugadores de rugby de planteles superiores de los clubes de Rosario Argentina*. Revista de investigación académico. Págs 177-190.
- Posso, R. Otáñez, N. Guerrero, E. Betancourt, E. Noroña, L. Manangón, R. (2020). *Variables Somatotipo del Nadador y Voleibolistas con Proyección al Alto Rendimiento Deportivo*, Revista de Entrenamiento Deportivo. 34.
- Radák, Z.; Ogonovszky, H.; Dubecz, J.; Pavlik, G.; Sasvari, M.; Pucsok, J.; Berkes, I.; Csont, T.; Ferdinandy, P. (2003). *Super-marathon race increases serum and urinary nitrotyrosine and carbonyl levels*. Eur. J. Clin. Invest. 33(8): 726-730.
- Sabourin, P; Bieber L. (1982). *Purification and Characterization of an α -ketoisopropionate oxygenase of rat liver*.
- Slater, G; Jenkins, D. *Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strength*. Sport Med.
- Shaw, G. Slater, G. Burke, L. (2016). *Consumo de suplementos en nadadores australianos de élite*. Extraído de: <https://g-se.com/consumo-de-suplementos-en-nadadores-australianos-de-elite-2123-sa-p57cfb2727fad5>
- Suárez Pérez, E. (2019). *Efectos de la creatina en el rendimiento deportivo*.
- Tarnopolsky M. (2004). *Protein requirements for endurance athletes*. Nutrition, 20 (7-8), 662- 668
- Tipton, K. Elliot, T. Cree, M. Wolf, S. Sanford, A. Wolfe, A. (2004). *Ingestion of casein and whey protein result in muscle anabolism after resistance exercise*. Med. Sci. Sports Exc. 36(12), 2073-2081

- Verreijen, A; Verlann, S; Engberink, M; Swinkles, S; Vogel-van de Bosh, J; Wejis, P. (2015). *A high whey protein-, leucine-, and vitamin D-enriched supplement preserves muscle mass during intentional weight loss in obese older adults: a double-blind randomized controlled trial.* American Society for Nutrition.
- Vukovich, M. D., Stubbs, N. B., & Bohlken, R. M. (2001). *Body composition in 70-year-old adults responds to dietary β -hydroxy- β -methylbutyrate similarly to that of young adults.* *The Journal of nutrition*, 131(7), 2049-2052.
- Wilson, G. J., Wilson, J. M., & Manninen, A. H. (2008). *Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review.* *Nutrition & metabolism*, 5(1), 1-17.
- WHO/UNO/FAO. (1985). *WHO Energy protein requirements.* Geneva; World Health Organization; Technical Reports Series 724.