



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

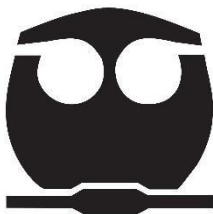
GASTO ENERGÉTICO TOTAL EVALUADO EN UN DEPORTISTA MEDIANTE
UN RELOJ INTELIGENTE GARMIN.

AMPLIACIÓN Y PROFUNDIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA

ABRAHAM DANIEL HERNÁNDEZ MARTELL



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, NOVIEMBRE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesora:** María Elena Cañizo Suarez
VOCAL: **Profesora:** Tania Gómez Sierra
SECRETARIO: **Profesora:** Margarita Lili Navarro Hernández
1er. SUPLENTE: **Profesora:** Argelia Sánchez Chinchillas
2do SUPLENTE: **Profesora:** Sofia Moran Ramos

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Facultad de Química, Ciudad Universitaria, México

ASESORA DEL TEMA:

María Elena Cañizo Suarez

SUSTENTANTE:

Abraham Daniel Hernández Martell

Abreviaturas:

- ASR: Arritmia sinusual respiratoria.
- ATP: Adenosín Trifosfato.
- CO₂: Dióxido de carbono.
- COVID-19: Cepa de coronavirus.
- CR: Cociente respiratorio.
- E: Edad.
- EF: Estrés fisiológico.
- ETA: Efecto térmico de los alimentos.
- EUA: Estados Unidos de América.
- FA: Factor de actividad física.
- FAO: Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
- FBA: FirstBeat Analytics®
- FC: Frecuencia cardíaca.
- FC_{máx}: Frecuencia cardíaca máxima.
- FCR: Frecuencia cardíaca en reposo.
- FR: Frecuencia respiratoria.
- GEAF: Gasto energético por actividad física.
- GEB: Gasto energético basal.
- GET: Gasto energético total.
- H²: Deuterio.
- H₂²O¹⁸: Agua doblemente marcada.

- IMC: Índice de masa corporal.
- IRR: Intervalo RR en un electrocardiograma.
- MET: Equivalentes metabólicos.
- N₂: Nitrógeno.
- O₂: Oxígeno.
- O¹⁸: Oxígeno 18.
- OMS/WHO: Organización Mundial de la Salud/World Health Organization.
- P: Peso.
- pFC: Cambio de la frecuencia cardíaca con respecto al tiempo.
- pVO₂: Cambio del consumo de oxígeno con respecto al tiempo.
- Ppm: Pulsaciones por minuto.
- RDA: Raciones dietéticas recomendadas.
- RP: Rama parasimpática del sistema nervioso autónomo.
- RS: Rama simpática del sistema nervioso autónomo.
- SNA: Sistema nervioso autónomo.
- T: Talla.
- TMB: Tasa metabólica basal.
- VFC: Variación de la frecuencia cardíaca.
- VO₂: Consumo de oxígeno.
- VO_{2 max}: Consumo máximo de oxígeno.
- Kcal: kilocaloría.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS PARTICULARES	10
I. MARCO TEÓRICO	
1. Actividad física, ejercicio y deporte en la salud del individuo.	11
2. Importancia del gasto energético total en el rendimiento deportivo.	16
3. Gasto Energético Total	18
3.1 Gasto Energético Basal	19
3.2 Efecto térmico de los alimentos	20
3.3 Gasto energético por actividad física	20
4. Estimación del gasto energético total mediante ecuaciones y factores de actividad física.	22
4.1 Ecuación de Harris y Benedict	22
4.2 Ecuación de Shöfield 1985	23
4.3 Factores de actividad física de la Organización Mundial de la Salud.	25
4.4 Factores de actividad física de la Academia Nacional de Ciencia de Estados Unidos de América.	26
4.5 Factores de actividad física de acuerdo con el documento raciones dietéticas recomendadas.	27
4.6 Inconvenientes generales de las ecuaciones de predicción y los factores de actividad física.	28

5. Métodos para determinar el gasto energético total	30
5.1 Calorimetría directa.	30
5.2 Calorimetría indirecta	32
5.3 Estimación por medio del agua doblemente marcada.	34
5.4 La estimación basada en la frecuencia cardiaca.	35
5.5 Estimación basada en la variación de la frecuencia cardiaca.	39
5.5.1 Relación entre la respiración, la variación de la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno.	42
5.5.2 Modelo de cálculo	43
5.5.3 Recuperación posterior al ejercicio.	46
6. Parámetros del dispositivo Garmin aplicadas al deporte.	47
II. METODOLOGÍA	50
III. RESULTADOS	57
IV. DISCUSIÓN	61
7. Monitoreo de la variación de la frecuencia cardiaca.	61
8. Factor de actividad física	61
9. Factor de actividad física por fase de entrenamiento.	62
10. Consideraciones durante el estudio.	63
10.1 Infección gastrointestinal	63
10.2 Vacuna contra COVID-19	66
10.3 Días de reposo	67
11. Aportaciones adicionales.	67
V. CONCLUSIONES	70
VI. REFERENCIAS	71

INTRODUCCIÓN

Derivado del esfuerzo físico constante al que está sometido un deportista y asegurar su triunfo o éxito en sus objetivos, es importante conocer su gasto energético total para que un nutricionista en colaboración con el entrenador personal, elabore un plan de alimentación específico que permita obtener la energía adecuada para la óptima recuperación del organismo y favorezca el máximo aprovechamiento de los esfuerzos realizados durante la actividad; así mismo asegurando un consumo energético adecuado y suficiente se evitara el riesgo de lesión o sobreentrenamiento.

Diversos métodos permiten determinar el gasto energético total, algunos de ellos son poco accesibles para la mayoría y de alto costo, el cálculo mediante ecuaciones predictivas empleadas comúnmente, utilizan variables medibles pero no consideran condiciones específicas y no diferencian el tipo de actividad física, intensidad o duración; los factores ambientales, el tipo de población según su estilo de vida, condición, estado de salud entre otras, por lo que suelen sobreestimar o subestimar el gasto energético total dificultando su aplicación en la práctica clínica.

Actualmente los avances tecnológicos han desarrollado equipos portátiles que permiten estimar el gasto energético total, y son un método preciso, asequible, fácil de utilizar y de analizar para amplios grupos de población sometidos a distintos tipos de desgaste físico como son deportistas de diferentes disciplinas e inclusive con alguna condición patológica.

Informar y discutir acerca de los registros sobre el gasto energético total en uno de estos dispositivos fue el objetivo de este trabajo; en el cual se describen los registros continuos durante un año del gasto energético total en un atleta de medio fondo, utilizando un reloj inteligente de alta precisión "FORERUNNER 945" marca GARMIN que emplea tecnología proporcionada por FIRSTBEAT ANALYTICS para dicha estimación, el cual analiza el gasto energético por actividad física de acuerdo a la variación del tiempo entre los latidos de la frecuencia cardíaca y su relación con el consumo de oxígeno (VO_2), considerando como constante el gasto energético en reposo evaluado con la ecuación de Harris y Benedict.

Se discutirá la sensibilidad del método ante las diversas variables externas, los diferentes valores calculados de actividad física con respecto al tiempo y se comparará con los factores de actividad física más conocidos.

JUSTIFICACIÓN

Debido a que un deportista con actividad física intensa requiere conocer su gasto energético total durante el día la cual permite recabar la información necesaria para realizar una adecuada planificación y así poder aprovechar al máximo los esfuerzos realizados durante el entrenamiento, se describirá una manera precisa y accesible mediante para determinar el gasto energético mediante la variación de la frecuencia cardíaca con un dispositivo Garmin Forerunner 945.

OBJETIVO GENERAL

Informar el gasto energético total estimado y el factor de actividad física de un atleta con actividad física intensa mediante el método de la variación de la frecuencia cardiaca utilizando un dispositivo Garmin Forerunner 945.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Informar la estimación del gasto energético total diario durante una temporada anual preparativa y competitiva de atletismo para un deportista de medio fondo.
- Calcular el factor de actividad física promedio con respecto al gasto energético total.
- Discutir acerca del factor de actividad física anual con los factores de actividad física más utilizados.
- Comparar el promedio del factor de actividad física en las diferentes fases de entrenamiento e identificar los factores de actividad durante una enfermedad y en reposo.
- Argumentar sobre la sensibilidad del método ante variables externas como enfermedad, estrés y días de reposo.

MARCO TEÓRICO

1. Actividad física, ejercicio y deporte en la salud del individuo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define salud como “un estado completo de bienestar físico, mental y social; y no solo como la simple ausencia de enfermedad”, el cual se favorece por un estilo de vida que incluye una dieta equilibrada, una actividad física regular y evitar hábitos nocivos como el tabaco o el exceso de alcohol.

El hábito saludable de la actividad física se describe por la OMS como “cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos con el consiguiente consumo de energía” incluso durante el tiempo de ocio (OMS, 2020). De igual manera, se entiende como “todo el movimiento del cuerpo humano que produce beneficios en el organismo, y mejora las capacidades condicionales y coordinativas, así como también mejora el bienestar psicológico, el intelecto y la cognición”. Los individuos que realizan una mayor actividad física presentan una mortalidad global y morbilidad menor que aquellos con una vida sedentaria. Es por ello por lo que la actividad física habitual es una conducta que el propio individuo puede controlar dentro de su estilo de vida (Iturriaga, 2016).

La práctica regular y constante mejora la salud física y psicológica e incrementa la calidad de vida ayudando a mantener un peso adecuado y disminuyendo el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles.

Las recomendaciones acerca de la actividad física se adaptan a cada grupo de edad y persona. En adultos de 18 a 64 años, la OMS recomienda realizar actividad física:

- Aeróbica moderada durante al menos 150 a 300 minutos a la semana.
- Intensa durante al menos 75 a 150 minutos a la semana.

- Una combinación equivalente de moderada a intensa durante la semana.

Además, recomienda el fortalecimiento muscular de moderado a intenso ejercitando los principales grupos musculares durante dos o más días a la semana. El adulto puede prolongar la duración para obtener beneficios adicionales a la salud, pero debe consultar previamente a un especialista.

En los adultos de 65 y más años, se aplican las mismas recomendaciones que para los adultos, pero a su vez debe complementarse con ejercicios diseñados para el equilibrio funcional y entrenamiento de la fuerza muscular para mejorar la capacidad funcional y prevenir las caídas (OMS, 2020).

La actividad física moderada:

- Mejora el estado muscular y cardiorrespiratorio.
- Mejora la salud ósea y funcional.
- Reduce el riesgo de hipertensión, cardiopatías coronarias, accidentes cerebrovasculares, diabetes, depresión y varios tipos de cáncer.
- Reduce el riesgo de caídas, así como de fracturas de cadera o vertebras.
- Mantiene un peso corporal saludable.

Por otro lado, el concepto de ejercicio hace referencia a aquellos movimientos diseñados, estructurados y planificados para gozar de buena salud y obtener un determinado estado de forma física, que se define como “aquella serie de atributos condicionales como son fuerza, resistencia, velocidad y coordinación”.

Un individuo está capacitado para realizar cierto tipo de actividad ya que depende de factores genéticos y del entrenamiento que posea de tal forma que es posible desarrollar programas específicos de ejercicios encaminados a su mejora como son

la carrera a distancia, caminar a paso ligero, subir escaleras, saltar la cuerda, abdominales, flexiones, baile, patinaje, entre otros (Garatachea, 2005).

En el momento en el que una práctica o actividad física institucionaliza las reglas se puede decir que se convierte en deporte.

El deporte se define como “el conjunto de situaciones y acciones motrices e intelectuales que buscan la competitividad con otros, con el otro o consigo mismo; que requiere de un espacio y unas reglas concretas además de estar institucionalizado y organizado” (Mansilla, 2021), o también como “la conjunción del juego reglamentado y del esfuerzo físico y psíquico humano cuyo objeto es normalmente competitivo con uno mismo o con los demás y se orienta hacia una mejora de la capacidad física y mental de quien lo practica, facilitando en todo caso el disfrute ocioso de la vida. Asimismo, debe ser aceptado socialmente como deporte en el marco territorial donde se desarrolle” (Lázaro, Romero. 2019).

Un ejemplo de disciplinas deportivas son el atletismo, fútbol, voleibol, triatlón, natación, tenis y baloncesto.

Por último, el deporte de alto rendimiento es aquel que tiene como objetivo principal aumentar el nivel competitivo del deportista, promoviendo un incremento en la preparación por lo cual se requiere un gran esfuerzo físico con la intención de rendir al máximo. Comprende procesos integrales orientados hacia el perfeccionamiento de las cualidades y condiciones físico-técnicas de deportistas, mediante el aprovechamiento de adelantos tecnológicos y científicos (IMRD, 2021). No existe ningún tipo de actividad profesional realizada por el humano que se pueda comparar con la actividad característica del deporte de alto rendimiento, debido a que no se provocan los cambios adaptativos en los sistemas cardiovascular y respiratorio que

se observan en el organismo de los deportistas de alta cualificación. Las condiciones extremas en las que se realiza la actividad competitiva en el mundo no tienen análogos con otras actividades profesionales realizadas por los humanos, exceptuando los casos cuando la vida pelagra frente a situaciones de alto riesgo. Con el propósito de desarrollar las cualidades físicas y perfeccionar la maestría técnico-táctica y las funciones psíquicas se emplea una gran cantidad de ejercicios físicos (Nikolaevich, 2015). Eso es lo que diferencia a un individuo común de un deportista.

Deportista se refiere a aquella persona que practica una disciplina deportiva con entrenamiento de por lo menos 1 hora diaria mediante ejercicios determinados y establecidos para alcanzar un determinado objetivo; es el protagonista directo de lo que sucede, ya que es el que puede cambiar el rumbo en todo momento e intentar salir victorioso frente al contrincante, evitando al máximo el azar. El deportista que busca la excelencia necesita conocer la anatomía, la fisiología y dentro de ella la alimentación y nutrición para encontrar el equilibrio que le permita competir equitativamente y ganar cuando le corresponda (Ahuerma, 1997).

El deporte conlleva esfuerzo físico y precisión para lograr una superación personal o colectiva de uno o contra varios contrincantes.

Cualquier actividad física o deporte requiere de una demanda de energía por parte del organismo que va a depender del tipo, intensidad y duración del esfuerzo.

Por lo anterior es importante conocer el concepto de gasto energético total (GET), el cual sirve como base para que un especialista en nutrición elabore un plan de alimentación acorde a los objetivos individuales para preservar el estado de salud y con ello lograr alcanzar las metas establecidas.

Por medio de una alimentación adecuada antes de cualquier actividad física, el organismo podrá efectuar determinados esfuerzos de manera eficiente. Posterior al mismo asegura una rápida y adecuada reposición de los sustratos energéticos utilizados durante la actividad que permiten recuperarse de manera correcta.

2. Importancia del gasto energético total en el rendimiento deportivo.

El control de la dieta, el tipo y la cantidad de los alimentos que consumimos constituyen aspectos a los que la población presta una enorme atención como factores determinantes del estado de salud. Sin embargo, con frecuencia la población no considera la cantidad de energía utilizada en la actividad física, a pesar de que ambos aspectos están íntimamente relacionados (Garatachea, 2005).

El objetivo de una adecuada alimentación en el deportista va a garantizar el crecimiento normal en el joven, la recuperación del desgaste derivado de la actividad en el adulto y mantendrá el rendimiento del músculo magro por medio del suministro óptimo de proteínas, vitaminas y minerales junto con la ingestión adecuada de los hidratos de carbono y lípidos.

Un balance negativo entre el GET y el consumo energético provocará:

- Disminución del rendimiento e inadecuada recuperación.
- Uso de proteína como fuente de energía (dependerá de la duración e intensidad del entrenamiento).
- Sobreproducción de ácido láctico que ocasiona fatiga muscular y agotamiento del glucógeno muscular.

La intensidad y la duración del ejercicio influyen de manera directa en el GET, por lo que es importante adaptar la alimentación del individuo al tipo de deporte, a las diferentes etapas de entrenamiento, al esquema de competencias y a los tiempos de recuperación.

El control del peso bajo un plan de alimentación se ve influido de manera directa por la estimación del GET. Su interpretación apoyará a realizar acciones para la planificación futura del deportista.

El monitoreo semanal de la composición corporal es un método preciso para verificar si el ejercicio es adecuado con respecto a los objetivos. Es posible que uno no sea capaz de observar efectos en el desempeño si la estimación del GET proviene de un método insensible y sesgado.

El nutriólogo, el entrenador y el atleta pueden diseñar un plan de alimentación considerando el gasto energético por actividad física (GEAF) en el entrenamiento y con ello estimular una recuperación óptima. Además, el peso y la composición corporal se puede optimizar utilizando la información sobre el GET (FT, 2012).

3. Gasto Energético Total

La energía es la variable más importante que va a impactar en la composición corporal general, en la salud y en el rendimiento de un individuo. (Camera, K). El gasto energético total de un individuo representa la energía que el organismo utiliza y está constituida por la suma de: gasto energético basal (GEB), el efecto térmico de los alimentos (ETA), el gasto energético por actividad física (GEAF) y en algunas ocasiones el estrés fisiológico (EF), expresado como:

$$\text{GET} = \text{GEB} + \text{ETA} + \text{GEAF} + \text{EF} \quad (\text{Ecuación 1})$$

(Blasco, 2015).

El GET dependerá de diferentes variables que incluyen: sexo, edad, tamaño, composición corporal, estado fisiológico, condiciones patológicas, temperatura ambiente y la naturaleza de la actividad que realice.

La cantidad de energía contenida en los macronutrientes (proteínas, grasas e hidratos de carbono) que se ingieren de los alimentos representa un aporte energético a través del metabolismo en el interior de las células.

Cuando el aporte energético es mayor al GET, existe una mayor cantidad de energía por los alimentos el cual después de diferentes vías metabólicas genera una ganancia de peso, por lo general en forma de tejido adiposo; mientras que un aporte energético menor al GET se convierte en una pérdida de peso debido a que la única fuente de energía para el organismo es la destrucción de los tejidos corporales (Haua; Suverza, 2010).

Existen diferentes métodos para estimar de manera directa el GET del individuo, no obstante, en la práctica clínica es muy frecuente y práctico utilizar las ecuaciones predictivas de referencia para estimar el GEB, o en algunos casos el GER, debido a que utilizan variables cuantitativas, son relativamente rápidas, fáciles de usar y requieren de la aplicación de un factor de actividad física (FA) determinado para estimar el GET.

3.1 Gasto Energético Basal

El gasto energético basal (GEB), también conocido con el nombre de tasa metabólica basal (TMB) es la cantidad de energía que un organismo requiere para mantener sus funciones vitales. Expresado como la producción de calor por unidad de peso corporal equivalente a 1 Caloría/kg de peso (kcal).

Constituye la energía utilizada durante los periodos de inactividad para mantener las funciones corporales como son la respiración, circulación de la sangre, mantenimiento de la temperatura corporal y funcionamiento del sistema nervioso que se realizan de manera continua, incluso al dormir.

Representa el 60 a 70% del GET en la mayoría de adultos sedentarios; en tanto que en individuos físicamente muy activos es de aproximadamente el 50%. Varía dependiendo de la composición corporal, especialmente de la masa corporal magra. La determinación del GEB se realiza con un estado de reposo antes y durante las mediciones encontrándose el individuo acostado, en estado de vigilia, con ayuno de 10-12 horas, en condiciones controladas de temperatura (22-26°C), ausencia de infección y libre de estrés emocional.

Por otro lado, el término gasto energético en reposo (GER) se obtiene cuando dicha determinación se realiza de la misma forma que el GEB pero sin condición de ayuno, por lo cual incluye la energía utilizada durante el proceso digestivo de los alimentos. Ambas mediciones difieren en menos del 10% y se utilizan indistintamente, pero a pesar de esto se conoce con mayor frecuencia la del GEB (Ascencio, 2017).

3.2 Efecto térmico de los alimentos

El efecto térmico de los alimentos (ETA) corresponde a la energía necesaria para digerir, absorber, transportar, metabolizar y almacenar los macronutrientes después del consumo de alimentos y representa un aumento del GET. Está determinado por la composición de los alimentos consumidos. Una dieta mixta produce un incremento del GEB equivalente al 10% aproximadamente (Ascencio, C. 2017).

3.3 Gasto energético por actividad física

El gasto energético por actividad física (GEAF) es la energía utilizada para el movimiento adicional al que utiliza el organismo para mantener las funciones vitales y corresponde a las actividades cotidianas como caminar, transportar objetos, subir escaleras o realizar tareas domésticas.

Se puede subdividir en:

- Gasto destinado a realizar las necesidades físicas cotidianas.
- Gasto derivado del ejercicio voluntario, determinado por el peso corporal del individuo junto con la intensidad y duración del esfuerzo. (ejercicio y deporte)

Es diferente entre individuos y puede variar diariamente.

Un mayor GEAF identificará al individuo como físicamente activo, mientras que un menor GEAF lo catalogará como sedentario.

4. Estimación del gasto energético total mediante ecuaciones.

La mayoría de las ecuaciones para estimar el GEB se desarrollaron con personas sanas y están basadas en análisis de regresión que incluyen variables independientes como son el peso, la talla, el género y la edad por lo que:

- No generan costos.
- Son de sencilla y rápida aplicación.
- Utilizan variables cuantificables y medibles.
- Utilizan factores para diferentes estados de actividad física

Las ecuaciones predictivas más conocidas e utilizadas son la de Harris y Benedict y la de la Schöfield también conocida como FAO/OMS.

Por otro lado, los factores de actividad física más utilizados son los de la FAO/OMS del 2001, sin embargo, se realizará una descripción de otros factores como los de Schöfield de 1985, los de la Academia Nacional de Ciencia de EUA y los del documento Raciones Dietéticas Recomendadas de EUA; los cuales servirán de referencia para comparar con los factores de actividad física obtenidos mediante el dispositivo Garmin utilizado en este trabajo.

4.1 Ecuación de Harris y Benedict

En el año de 1919 J.A. Harris y F.G. Benedict dentro del Laboratorio de Nutrición de Carnegie en Boston desarrollaron dos ecuaciones lineales para determinar el GEB por medio de una regresión lineal entre el GER determinado mediante calorimetría directa y los datos de peso, talla y edad en 239 sujetos: 136 hombres (27 años \pm 9, 64 kg \pm 10 kg) y 103 mujeres (31 años \pm 14, 56.5 kg \pm 11.5 kg).

Dichas ecuaciones, utilizan las variables de peso en kg (P), talla en cm (T) y edad en años cumplidos (E) y son:

Hombres: $GEB = 66.47 + (13.75 \times P) + (5.00 \times T) - (6.78 \times E)$ **(Ecuación 2)**

Mujeres: $GEB = 655.10 + (9.56 \times P) + (1.85 \times T) - (4.68 \times E)$ **(Ecuación 3)**

(Harris-Benedict, 1918).

Es de utilidad para individuos con peso de 25 a 125 kg, talla de 151 a 200 cm y edad entre 21 a 70 años. Es la más antigua y utilizada, aunque sobreestima el GEB entre 7 y 24% especialmente en personas de bajo peso y aunque fueron planteadas para estimar el GEB, en realidad determinan el GER (Ascencio, C. 2017).

4.2 Ecuación de Shöfield 1985

En el año de 1985 la Organización Mundial de la Salud (OMS) en colaboración con el Instituto de Medicina de la Academia de Ciencias de Estados Unidos de América (EUA) y Canadá desarrollo una serie de ecuaciones para determinar el GEB con el fundamento de que el requerimiento energético del individuo se ve directamente influenciado por el GET y no por la ingestión diaria ya que el organismo tiene la capacidad de adaptarse a una ingestión alimenticia baja.

Dichas ecuaciones se muestran en la **Tabla 1**, únicamente consideran el peso en kg (P) y no toman en cuenta la talla ya que consideran que no contribuye en la estimación del GEB en individuos sanos (menos del 0.1%).

Género	Grupo de edad (años)	Ecuación	
Hombres	18-30	$(15.057 \times P) + 692.2$	(Ecuación 4)
	30-60	$(11.472 \times P) + 873.1$	(Ecuación 5)
Mujeres	18-30	$(14.818 \times P) + 486.6$	(Ecuación 6)
	30-60	$(8.126 \times P) + 845.6$	(Ecuación 7)

Tabla 1: Ecuaciones de la FAO/OMS en el año de 1985 para estimar el GEB considerando género y grupo de edad (WHO, 1985).

Los factores de actividad física diaria se establecieron de acuerdo con la ocupación laboral, que se describen a continuación y los valores de referencia se muestran en la **Tabla 2:**

- **Descanso:** En cama
- **Actividad ligera:** Pintar paredes, manejar vehículos, trabajo de laboratorio, coser, planchar, cocinar, limpiar, jugar golf, carpintería.
- **Actividad moderada:** Trabajo de jardinería, caminar a una velocidad de hasta 6.5 km/h, andar en bicicleta, esquiar, jugar tenis o bailar.
- **Actividad pesada:** Acarrear objetos cuesta arriba, derribar árboles, cavar hoyos, jugar fútbol soccer, escalar montañas, jugar básquetbol.

Género/Actividad	Descanso	Leve	Moderada	Pesada
Hombre	1.0	1.55	1.76	2.10
Mujer	1.0	1.56	1.64	1.82

Tabla 2: FA utilizados para determinar el GET con relación en la ecuación de la OMS, que consideran género y nivel de actividad (WHO, 1985).

Sus limitaciones son los pocos datos sobre:

- Lactantes, adolescentes, adultos mayores, personas de países poco desarrollados.
- Pequeña variabilidad étnica y geográfica debido a que el grupo de estudio contaba con un 47% de italianos que aparentemente tienen un mayor GER; y baja inclusión de individuos de regiones tropicales (Torres, 2015).

4.3 Factores de actividad física de la Organización Mundial de la Salud.

A partir de la base de datos de Shöfield de 1985 y considerando las mismas ecuaciones para estimar el GEB, en el año 2001 la FAO/OMS realizó una modificación a los factores de actividad física adoptando el término “estilo de vida” para remplazar el de “ocupación laboral” de la siguiente manera:

- **Sedentario o estilo de vida con actividad leve: 1.40-1.69**

No practica deporte, suele transportarse en automóvil o camión y realiza actividades con poco esfuerzo físico como ver televisión, leer o usar computadoras.

- **Activo o estilo de vida moderadamente activo: 1.70-1.99**

Práctica deporte ocasionalmente, actividades que requieren estar de pie, caminar o de carácter manual como mover o cargar objetos no muy pesados.

- **Vigoroso o estilo de vida vigorosamente activo: 2.0-2.4**

Camina largas distancias, utiliza bicicleta, ocupaciones con demandas grandes de energía, ejercicio o deporte de varias horas al día (Haua; Suverza, 2010).

4.4 Factores de actividad física de la Academia Nacional de Ciencia de Estados Unidos de América.

Los FA de la Academia Nacional de Ciencia de Estados Unidos de América (EUA) se basan en estudios con agua doblemente marcada en individuos que realizaban actividades habituales y son factores que se multiplican directamente por el GER. Están estratificados por grupo de edad e intensidad de la actividad y se presentan en la **Tabla 3**:

Género/Actividad	Sedentario	Ligero	Activo	Muy activo
Hombres	1.00	1.11	1.25	1.48
Mujeres	1.00	1.12	1.27	1.45

Tabla 3: FA a utilizar en las ecuaciones de la Academia Nacional de Ciencia de Estados Unidos de América en adultos mayores de 19 años con un IMC entre 18.5 y 25 (Bellido; De Luis; García, 2012).

4.5 Factor de actividad física de acuerdo con el documento raciones dietéticas recomendadas.

En 1985 se publicó la décima edición del documento denominado Raciones Dietéticas Recomendadas por parte del Comité de Asignaciones Dietéticas de EUA y la Junta de Alimentación y Nutrición de EUA; en donde se indica un “factor de actividad física promedio diario” de acuerdo con los valores establecidos por Durin y Passmore en 1967 y ampliando los factores de actividad física de la FAO/OMS de 1985. A continuación, se describe el tipo de actividad y en la **Tabla 4** se indican los valores correspondientes:

- **Muy ligera:** personas sedentarias que realizan el mínimo de actividad todo el tiempo, como ver televisión, leer, etcétera.
- **Actividad ligera:** personas que trabajan en oficinas como profesionales, abogados, médicos, maestros, conductores, técnicos, músicos y amas de casa que no cuenten con artículos de aseo eléctricos. En este nivel de actividad se incluyen 8 horas de sueño y 12 horas de estar sentado o parado, 3 horas de actividad leve (como caminar, lavar ropa, golf) y 1 hora de actividad moderada (tenis, bailar, aerobics).
- **Actividad moderada:** personas que trabajan en la industria eléctrica, carpintería y construcción (excluyendo obreros de construcción pesada), trabajadores del campo, granjas, pescadores comerciales, amas de casa que

no cuentan con artículos de aseo eléctricos, estudiantes, dependientes de almacén, soldados sin servicio activo y mecánicos.

- **Actividad pesada:** deportistas de tiempos completo, bailarinas de tiempo completo, trabajadores del campo que no cuentan con máquinas, soldados en servicio, herreros y algunos mineros se consideran en esta categoría.
- **Actividad excepcional:** trabajadores forestales, leñadores, mujeres obreras que se dediquen a la excavación manual, mineros y obreros de la construcción pesada.

	Muy ligera	Ligera	Moderada	Pesada	Excepcional
Hombre	1.3	1.6	1.7	2.1	2.4
Mujer	1.3	1.5	1.6	1.9	2.2

Tabla 4: Promedio diario de los factores de actividad física publicados en el documento *Raciones Dietéticas Recomendadas (FNB, 1989)*.

4.6 Inconvenientes generales de las ecuaciones de predicción y los factores de actividad física.

Aunque la mayoría son de utilidad en un amplio grupo de población y son eficientes en la mayoría de los casos estas ecuaciones suelen:

- Sobrestimar o subestimar el GET
- La imprecisión puede ser del orden de 200 kcal la cual puede promover la ganancia o pérdida de peso en adultos (FT, 2012).

- El clima, ya que las personas que viven en clima cálido tienden a tener un GET más bajo con respecto a quien habita en clima frío por lo que el cambio de estaciones y las migraciones a otras zonas geográficas interfieren con la estimación.
- Los FA son generales, no distinguen entre deporte y suelen ser intervalos que describen el estilo de vida del individuo, o en otros casos describen el tipo de actividad.

Para fines de investigación o para la planificación en el deporte de alto rendimiento es preciso utilizar métodos más sensibles que se apliquen en amplios grupos de población y que aporten datos en tiempo real de la actividad física.

5. Métodos para determinar el GET.

El GET se puede determinar por métodos como la calorimetría directa, la calorimetría indirecta, la técnica del agua doblemente marcada, los métodos que utilizan información sobre la frecuencia cardíaca (FC) y los métodos que utilizan la variación de la frecuencia cardíaca (VFC) siendo este último un método con gran precisión y que aporta valores de manera continua.

A continuación, se realizará una descripción de estos métodos analizando sus características, beneficios e inconvenientes. Por último, en esta sección se describe el método de la variación de la frecuencia cardíaca (VFC) el cual utiliza el dispositivo Garmin con el que se registró la base de datos del GET para este trabajo.

5.1 Calorimetría directa.

La energía producida por el cuerpo se mide en kilocalorías (kcal) las cuales equivalen a la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 kg de agua desde 14.5 °C hasta los 15.5°C a una presión atmosférica de 760 mmHg.

De esta manera midiendo la producción de calor del individuo se puede calcular el ritmo de utilización de la energía.

Este proceso se realiza en cámaras herméticas con paredes aislantes en donde el sujeto puede reposar, trabajar o ejercitarse por períodos prolongados de tiempo, como la que se muestra en la **Figura 1**.

Se emplean sustancias químicas que eliminan continuamente la humedad y absorben el CO₂ del aire que exhala la persona para que haya ventilación satisfactoria.

El O_2 es añadido al aire que circula en la cámara mientras que por una serie de tuberías de cobre circula un volumen conocido de agua que absorbe el calor producido e irradiado por la persona. La cámara está aislada por lo que cualquier variación en la temperatura del agua se debe directamente al GET del individuo.

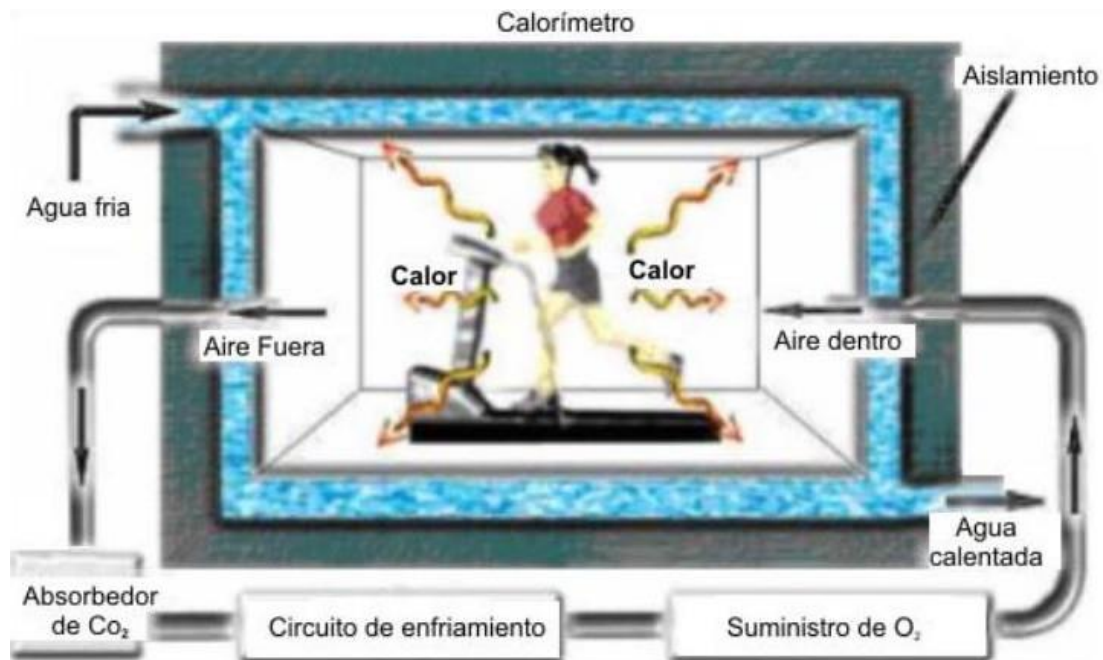


Figura 1: Cámara calorimétrica hermética utilizada para la estimación del GET (Wilmore, 2014).

El producto del aumento de la temperatura por el peso del agua da como resultado la cantidad de kcal liberadas.

Es el método de estimación más exacto, con un error mínimo. Sus desventajas son:

- Es complejo y difícil de realizar en condiciones de vida libre (FT, 2012).
- Precisa un mínimo de seis horas para estabilizar el sistema.
- Debido al tiempo prolongado para generar datos es complicado determinar el GET durante el ejercicio intenso (Blasco, 2015).

- No es accesible debido al alto costo en la producción de estas cámaras.
- Para operar la cámara requieren de 16 personas que trabajen en 2 turnos de 12 horas.

Es por ello por lo que ha quedado relegada a la investigación y desde hace varias décadas se utiliza con más frecuencia un método indirecto para medir el intercambio metabólico gaseoso conocido como calorimetría indirecta.

5.2 Calorimetría indirecta

La calorimetría indirecta es un método no invasivo, relativamente sencillo y menos costoso que la calorimetría directa. Se fundamenta en que más del 95% de la energía utilizada por el cuerpo deriva de las reacciones del oxígeno (O_2) con los diferentes alimentos. La energía producida corresponde a la conversión de la energía química almacenada como ATP y disipada como calor durante el proceso de oxidación. Como las cantidades de O_2 junto con la liberación de dióxido de carbono (CO_2) y agua intercambiada en los pulmones normalmente igualan a las de los tejidos, se realiza la recolección del volumen de los gases espirados para estimar el GET. La técnica más utilizada es la espirometría de circuito abierto como la que se muestra en la **Figura 2**. En este proceso una persona inhala aire ambiental a nivel del mar de composición conocida: O_2 : 20.93%, CO_2 : 0.03% y N_2 : 70.04% durante una demanda de ejercicio como lo es una prueba en banda sinfín motorizada con el objetivo de evaluar la capacidad aeróbica funcional ($VO_{2m\acute{a}x}$).

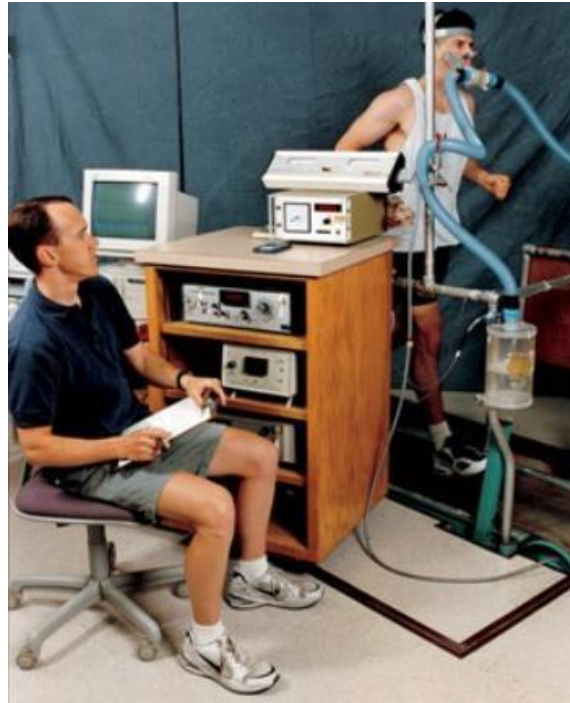


Figura 2: Sistema de Espirometría en Circuito Abierto utilizada para la determinación del GET de forma indirecta (Lopategui, 2011).

Si se admite que todo el O_2 consumido se utiliza para oxidar los nutrientes y satisfacer las demandas energéticas en forma de adenosín trifosfato (ATP) que se requieren para mantener por un tiempo prolongado la actividad corporal; y que todo el CO_2 producido se elimina por la respiración, es posible calcular la energía total producida por los alimentos (Lopategui, 2011).

Es posible determinar el GET con las variaciones entre los porcentajes de O_2 y CO_2 entre el aire espirado y el aire inspirado asumir que por cada litro de O_2 consumido se libera aproximadamente 5 kcal.

Una persona que se ejercita con un consumo de oxígeno (VO_2) de 4 L/min durante 30 min, consumirá una cantidad de 120 L de O_2 durante la actividad, por lo que el GET derivado del ejercicio será de 600 kcal.

Presenta elevada precisión (error ~5%) y permite realizar la medición metabólica a mediano plazo.

Sus limitaciones son:

- Variabilidad de la precisión por los sistemas de medida incorporados al equipo.
- Los hidratos de carbono y grasas cumplen con este principio, pero no las proteínas ya que en los procesos de oxidación la fracción nitrogenada no se oxida completamente siendo eliminada en forma de nitrógeno ureico.
- Situaciones fisiológicas capaces de alterar el intercambio gaseoso del organismo, como: cambios en el equilibrio ácido-base, estado de hiper o hipoventilación, modificaciones en el nivel de CO₂ debidas a pérdidas cutáneas o incluso reacciones propias del metabolismo intermediario (Wilmore, 2014).

5.3 Estimación por medio del agua doblemente marcada

Otro método para estimar el GET es mediante el método de calorimetría indirecta de agua doblemente marcada que se basa en un principio parecido al del intercambio de gases por calorimetría indirecta, pero se calcula la producción de CO₂ en vez del consumo de oxígeno. En esta prueba el sujeto ingiere una cantidad de agua doblemente marcada (H₂²O¹⁸) con una concentración conocida de los isótopos deuterio (H²) y oxígeno 18 (O¹⁸), determinada en función de su composición corporal.

Se parte del principio de que los isótopos se distribuyen por todos los fluidos corporales y de que el H² se elimina mediante el ciclo metabólico del agua (orina,

sudor y saliva) mientras que el O^{18} mediante el ciclo metabólico del agua más el del CO_2 . Se toman muestras de orina antes de tomar la dosis, a los 7 y 14 días posteriores a la administración. La producción de CO_2 se calcula por la diferencia entre ambos ciclos.

El oxígeno consumido se puede conocer ya que el CO_2 y el O_2 están relacionados de manera sencilla de la siguiente forma:



Una vez determinado el O_2 y el CO_2 se puede calcular el GET mediante las mismas ecuaciones calorimétricas que se utilizan para la calorimetría indirecta (Miller, 2016). Es seguro y preciso, con un error menor al 5%, y permite determinaciones por al menos de 20 días en un amplio número de individuos.

Sin embargo, el consumo de isótopos no es muy aceptada por los sujetos a estudiar, presenta altos costos, y no brinda información en periodos breves de actividad, por lo que no diferencia la duración, frecuencia o intensidad de una actividad física específica; por lo que está relegado solo a la investigación. (Bazán, N. 2014)

5.4 La estimación basada en la frecuencia cardíaca.

La estimación del GET basada en la frecuencia cardiaca es uno de los parámetros indirectos más utilizados ya que presenta los beneficios de:

- Fácil medición.
- Accesibilidad.
- Precisa en condiciones de ejercicio constante.

El sistema cardiovascular consiste en el miocardio o corazón, las venas, arterias y capilares. Su función es transmitir O_2 a los músculos y remover el CO_2 por medio del pulso arterial interpretado como frecuencia cardiaca.

Los impulsos nerviosos procedentes del sistema nervioso autónomo (SNA) son los responsables del movimiento rítmico del corazón denominado latido o pulso arterial el cual consiste en una dilatación rítmica producida por el paso brusco de sangre con la contracción del ventrículo izquierdo constituido por una sístole y una diástole es decir una contracción y una relajación.

La FC se define como el número de veces por minuto que el corazón realiza este latido. La frecuencia cardiaca en reposo (FCR) y la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) son los límites inferior y superior de la FC.

La FCR es variable de un día para otro. En un adulto este valor puede oscilar entre 60 y 100 pulsaciones por minuto (ppm) o incluso más bajo en deportistas entrenados. Un valor bajo de FCR indica una buena condición cardiorrespiratoria, un sueño adecuado, poco estrés y la ausencia de estimulantes (Clapés, C. 2015).

La FCmáx es la velocidad máxima con la que debe latir el corazón, no presenta diferencias de un día para otro y no se ve afectada por la condición física del deportista por lo que no aumenta a medida que uno realiza mayor actividad.

Cada persona presenta una fisiología única en la velocidad de latidos del corazón, no obstante, es frecuente que la FCmáx disminuya con la edad. Debido a ello es muy común en la práctica utilizar la estimación rápida de la Sociedad Americana de Medicina Deportiva aplicada en amplios grupos de población ya que solo considera la edad de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{FCM} = 220 - \text{edad}$$

(Ecuación 8)

O de igual forma este valor se puede estimar mediante un protocolo de ejercicio gradual en el que el estrés corporal se lleva al agotamiento voluntario (prueba de esfuerzo máximo). Durante la prueba se evalúa la FC_{máx} y se mide el VO₂ con un equipo de laboratorio adecuado. Si bien estas pruebas son exigentes para toda la población es por ello que se debe consultar a un profesional de la salud antes de realizarla.

O de otra manera se puede identificar durante una sesión de entrenamiento con esfuerzo sostenido a intensidad máxima o durante una competición de 5 o 10 km (Garatachea, 2013).

El método para determinar el GET con base en la FC considera que esta aumenta con la actividad física y se relaciona directamente con el volumen de O₂ utilizado por las mitocondrias durante intervalos de 1 minuto para la oxidación de los sustratos.

Recordando que 1 L de O₂ consumido por minuto (VO₂=1.0) equivale aproximadamente a 5 kcal/min, este registro permite estimar el GET por periodos de tiempo en los cuales el individuo puede realizar actividades habituales.

Para la estimación se utiliza una recta de regresión lineal entre FC y VO₂ que se muestra en la **Figura 3** y se describe mediante la ecuación 9.

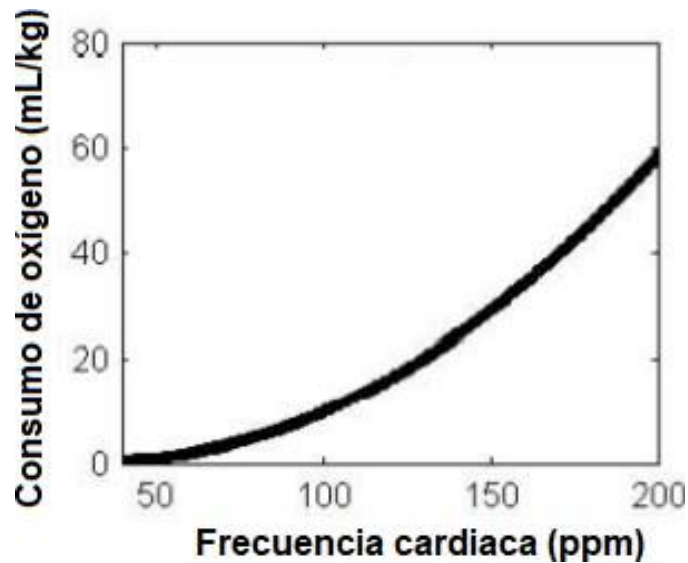


Figura 3: Recta de regresión lineal que correlaciona la FC con respecto al VO_2 .

(Saalasti, S. 2003).

$$VO_2 = 0.002 * FC^2 - 0.13 * FC + 2.3 \quad \text{(Ecuación 9)}$$

La desventaja del método es que esta relación lineal no se mantiene a niveles bajos de FC en los cuales está la mayor parte del tiempo o la mayoría de los individuos que realizan actividades moderadas por lo que se aplica un valor constante de VO_2 a bajos valores de FC y con ello se suele subestimar el GET (FB, 2005).

De igual manera se presentan las siguientes limitaciones:

- Durante el ejercicio no se consideran las inconsistencias entre la FC-GET al cambiar dinámicamente la intensidad de la actividad.
- No considera los aumentos no metabólicos como son el estrés físico o mental no relacionados con el ejercicio.

- No se toma en cuenta los cambios en el metabolismo del cuerpo que ocurre durante la actividad física prolongada o la recuperación.

Debido a lo anteriormente descrito, se desarrolló un método con mayor precisión y sensibilidad para estimar el GET durante y después de la actividad física y en las variaciones que ocurren durante el estado de reposo (Saalasti, S. 2003).

Aun así, este método es de utilidad durante la actividad física intensa por lo que se utilizó de manera práctica en este trabajo debido a que los monitores de frecuencia cardíaca marca GARMIN registran otras dinámicas de carrera como son la longitud de zancada, oscilación vertical y tiempo de contacto con el suelo las cuales son de utilidad para el atleta.

5.5 Estimación basada en la variación de la frecuencia cardíaca.

Los latidos del corazón son un parámetro complejo de varios mecanismos fisiológicos lo que dificulta su interpretación, especialmente durante la actividad. Las emociones y el estrés mental tienen un efecto instantáneo en la FC. La recuperación del estrés puede ser moderadamente rápida pero el estrés continuo aparece como una alteración prolongada de la FC.

Además, estos latidos no son regulares debido a que el tiempo (en milisegundos) que transcurre entre un latido y el siguiente cambia constantemente debido a que el corazón y sus latidos se regulan por el SNA. El análisis y la interpretación de los datos de FC y el tiempo entre latidos conocido como variación de la frecuencia cardíaca (VFC) indica cambios en el equilibrio entre la rama simpática (RS) y la rama parasimpática (RP) del SNA (Guyton, A. 1986).

La RS domina el ritmo cardíaco durante los momentos de estrés cuando el cuerpo siente que hay que pasar a la acción. En ese momento la FC aumenta y el corazón late a un ritmo regular lo que significa que la VFC disminuye.

La RP es dominante durante los momentos de tranquilidad, por lo que la FC disminuye y el latido del corazón es irregular ya que se adapta a las necesidades y cambios del cuerpo, por lo que la VFC aumenta. Es por ello por lo que una elevada VFC equivale a un menor nivel de estrés (Garmin, 2022).

A su vez la edad, el género, el estrés mental y el estado de salud del individuo afectan la VFC.

La VFC se puede observar en un electrocardiograma como el intervalo RR (IRR) expresado como el tiempo entre dos curvas consecutivas QRS como se muestra en la **Figura 4**. Este valor en milisegundos se puede transformar a milésimas de ppm para su interpretación por los equipos que evalúan la VFC por medio de las pulsaciones.

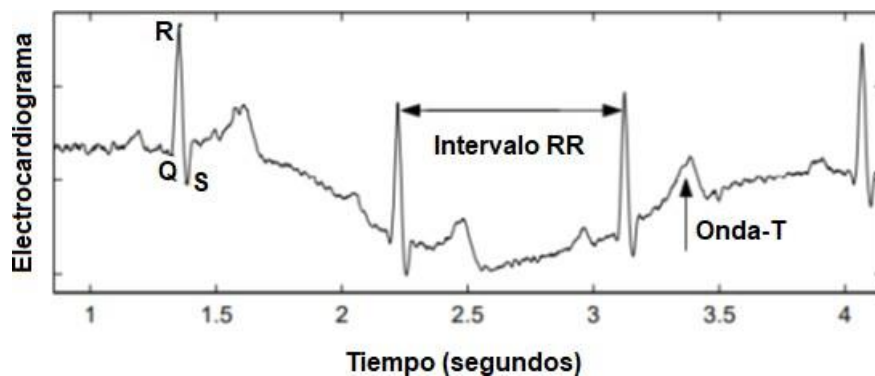


Figura 4: Señales derivadas de un electrocardiograma donde se observa el tiempo que transcurre entre un Intervalo RR. (Saalasti, S. 2003).

La VFC es un parámetro que se aplica como un índice de salud general al no ser invasivo y debido a que permite la monitorización del estrés mental, la prevención y predicción de infartos, la monitorización del ejercicio dinámico, la predicción y diagnóstico de sobreesfuerzos, la monitorización de la recuperación del ejercicio o de una lesión.

La diferencia entre dos intervalos de latidos sucesivos disminuye a medida que aumenta la FC, por lo que durante un ejercicio intenso la FC puede ser monitoreada mediante el método tradicional de la medición de la FC, no obstante, en estado de reposo como el sueño la VFC es máxima debido a los movimientos corporales, cambios de posición, alteraciones de la temperatura, dolor o respuestas mentales. Algunos dispositivos inteligentes, como los relojes portátiles Garmin, utilizan un software que realiza la estimación del GET utilizando la tecnología proporcionada por la empresa holandesa Firstbeat Analytics (FBA) a lo largo del día (FT, 2012).

El método utilizado por FBA se basa en una relación entre la función cardiorrespiratoria y el GET mediante el análisis de datos de la VFC con el objetivo de resolver los problemas que causan errores por la estimación por regresión lineal de la FC.

Se puede utilizar en todas las condiciones desde el reposo hasta el ejercicio máximo, en los cambios dinámicos en las condiciones de reposo y durante el estado de recuperación después del ejercicio.

La VFC está relacionada con varias medidas fisiológicas como el VO_2 , la frecuencia respiratoria, la presión arterial y por lo tanto con los cambios metabólicos que ocurren en el organismo por lo que es de utilidad para estimar el GET de manera precisa y continua (FB, 2005).

La frecuencia respiratoria (FR) en primera instancia al igual que la FC está regulada por el SNA por lo que ambas se relacionan con los mensajes que el SNA envía al corazón.

5.5.1 Relación entre la respiración, la variación de la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno.

La respiración se puede controlar hasta cierto punto de forma consciente pero la mayor parte del tiempo se inhala y exhala sin ser consciente de ello.

Una FR baja en reposo es un indicador de un estado de salud adecuado y de una buena condición para la actividad física. Estos individuos suelen presentar una FR baja incluso cuando están activos y vuelven a frecuencias bajas más rápidamente después de la actividad.

Una FR promedio para un adulto en reposo es de entre 12 a 20 respiraciones por minuto y puede variar de una persona a otra y es de esperar que aumente durante la actividad.

En el sistema cardiovascular la fluctuación breve de la presión arterial y la FC están relacionados con la arritmia sinusal respiratoria (ASR). En condiciones de reposo en sujetos sanos la inhalación aumenta la FC y disminuye la presión arterial, mientras que la exhalación disminuye la FC y aumenta la presión arterial.

Se sabe que la frecuencia y el volumen de la respiración influyen en la ASR independientemente de las activaciones del SNA (Berntson, et. Al. 1997).

La ASR se reduce ante el estrés fisiológico y el ejercicio físico mientras que aumenta con la relajación psicológica.

El patrón respiratorio y la VFC se ven afectados por incidentes tanto físicos y mentales como son los cambios en la postura, el control motor, la estimulación cognitiva y la excitación emocional. Estos incidentes son frecuentes desde el punto de vista fisiológico, pueden tener una gran amplitud y a menudo interfiere con el ritmo de la FC y la presión arterial (Kollai, 1990).

El VO_2 es un mecanismo central en la respiración y permite describir la intensidad del ejercicio. El O_2 inhalado se necesita en el cuerpo para oxidar los sustratos y por lo tanto el VO_2 está estrechamente relacionado con los requisitos de consumo de energía provocados por el ejercicio y la actividad física. Así el VO_2 es una medida indirecta de las calorías consumidas durante el ejercicio.

La estimación del VO_2 parte de la relación entre la FR y la FC ya que ambas están controladas por el SNA.

El consumo máximo de O_2 (VO_2 max) se define como la cantidad máxima de O_2 consumido durante el ejercicio exhaustivo. Describe la capacidad máxima de producción de energía aeróbica de una persona. Las altas intensidades de ejercicio dan como resultado un efecto creciente en medidas como la fatiga corporal o el GET (Ritz, 2001).

5.5.2 Modelo de cálculo

La mayor precisión del método para estimar el GET por medio de la VFC se debe a la capacidad para utilizar:

- La información de la FR
- La cinética de la variación del VO_2 junto con la VFC
- La información sobre el metabolismo del cuerpo.

Dada la relativa dificultad de medir directamente el VO_2 durante la actividad física intensa se realizó una evaluación de la FC en 158 diferentes individuos que se muestra en el gráfico de la **Figura 5** y se utilizó la Ecuación 9 para desarrollar una ecuación polinomial de segundo orden que permitiera estimar el cambio del VO_2 (pVO_2) con respecto a la VFC (pFC) obteniendo la siguiente expresión:

$$pVO_2 = 1.459 * pFC^2 - 0.49 * pFC + 0.04 \quad \text{(Ecuación 10)}$$

La anterior ecuación es de utilidad para determinar la variación del VO_2 con respecto a la VFC a elevadas intensidades de ejercicio, y es el modelo que utiliza Garmin para determinar el GET.

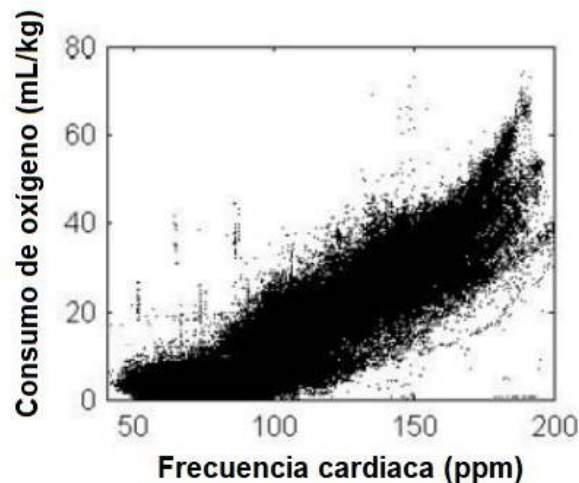


Figura 5: Estimación del VO_2 con respecto a la FC evaluada en 158 diferentes individuos. (Saalasti, S. 2003).

El GET se calcula utilizando información sobre los eventos metabólicos que ocurren en el cuerpo con base en la información sobre el pVO_2 y el cociente respiratorio

(CR). El CR describe la relación entre el CO_2 producido y el O_2 consumido en el metabolismo reflejando el tipo de sustratos que se están utilizando como fuente de energía ya sea hidratos de carbono o grasas y tiene una relación con los equivalentes metabólicos (MET por sus siglas en inglés) bien definida que describen la cantidad de energía utilizada por 1 litro de O_2 por minuto como 5 kcal/L. O_2 por minuto. De esta manera es posible estimar el GET con respecto al tiempo.

El inconveniente es que la estimación sólo ocurre para actividades aeróbicas por lo que durante actividades anaeróbicas se puede generar una subestimación. Aun así la duración de estos esfuerzos es de 2 a 3 minutos por lo que resulta insignificante para las mediciones globales.

La estimación utilizando relojes portátiles Garmin o cualquier dispositivo que utilice el software de FBA mediante el análisis de la VFC presentan un error de tan solo el 7-10% con respecto a la calorimetría directa, no requieren de un monitoreo en laboratorio y provee una estimación cada segundo.

Además, tienen mayor precisión al basado únicamente en FC debido a que:

- Se puede utilizar en un amplio rango de intensidad desde el reposo hasta el ejercicio máximo.
- Puede distinguir entre cambios en las posiciones corporales.
- Puede distinguir entre actividades metabólicas (actividad física) y no metabólicas (estrés físico o mental no relacionado al ejercicio).
- Corrige la inconsistencia de la relación lineal de FC-VO_2 al cambiar la intensidad del ejercicio o durante actividades de reclutamiento muscular.
- Corrige la sobreestimación del VO_2 durante la recuperación del ejercicio, cuando la FC tiende a permanecer elevada (FT, 2005).

Otra diferencia con el método de estimación por la FC es que la estimación por medio de la VFC permite observar el efecto acumulativo de la duración del ejercicio en el VO_2 , su efecto posterior y por lo tanto su influencia con el GET.

5.5.3 Recuperación posterior al ejercicio

Las características y propiedades de la FC cambian considerablemente si se comparan las FC de un individuo en reposo o en ejercicio. Por ejemplo, una aceleración de la FC desde el reposo hasta la FC máxima puede ser relativamente rápida como respuesta al ejercicio máximo. A pesar de esto, la recuperación desde la FC_{máx} hasta el nivel de reposo no es instantánea y puede tardar horas o incluso días después de un ejercicio intenso como por ejemplo una carrera de maratón.

Después de un ejercicio intenso, el cuerpo permanece en un estado metabólico para eliminar CO_2 y lactatos corporales lo que acelera el sistema cardiovascular. Asimismo, cuerpo tiene que recuperarse del déficit de O_2 inducido por el ejercicio. El exceso de VO_2 posterior al ejercicio es el grado de GEAF inducido por un nivel elevado de VO_2 después del cese de la actividad física.

Después del ejercicio el VO_2 no vuelve a su nivel de reposo inmediatamente, sino de forma curvilínea. Mientras mayor sea la acumulación de fatiga durante el ejercicio mayor será el exceso de VO_2 y más tiempo se requiere para que se recupere al nivel previo al ejercicio.

Es por ello por lo que el monitoreo de la VFC nos permite observar este efecto sobre el GET y realizar una planeación adecuada del consumo energético para mejorar el rendimiento del deportista aun cuando se encuentra en reposo después de una actividad física exigente.

6. Parámetros del dispositivo Garmin aplicadas al deporte

El dispositivo Garmin Forerunner 945 utiliza el modelo de la VFC proporcionada por FirstBeat Analytics para calcular el GET.

Los datos obtenidos a partir de la VFC permiten analizar otros parámetros estimados del estilo de vida del individuo como son las horas de sueño o el estrés metabólico.

Todas las actividades, parámetros y estimaciones registradas por el equipo se descargan en la aplicación Garmin Connect® para ser consultadas en cualquier fecha. La forma en la que se presentan algunas de ellas se ilustra en la **Figura 6** utilizando de ejemplo el viernes 19 de marzo de 2021:



Figura 6: Gráfico de la FC con respecto al movimiento, el sueño, las actividades físicas realizadas y el tiempo del viernes 19 de marzo de 2021.

El gráfico de FC con respecto a múltiples variables permite analizar como el movimiento o la actividad física del individuo alteran el estado de la FC aún en estado de reposo, correlacionando de igual manera las horas de sueño.

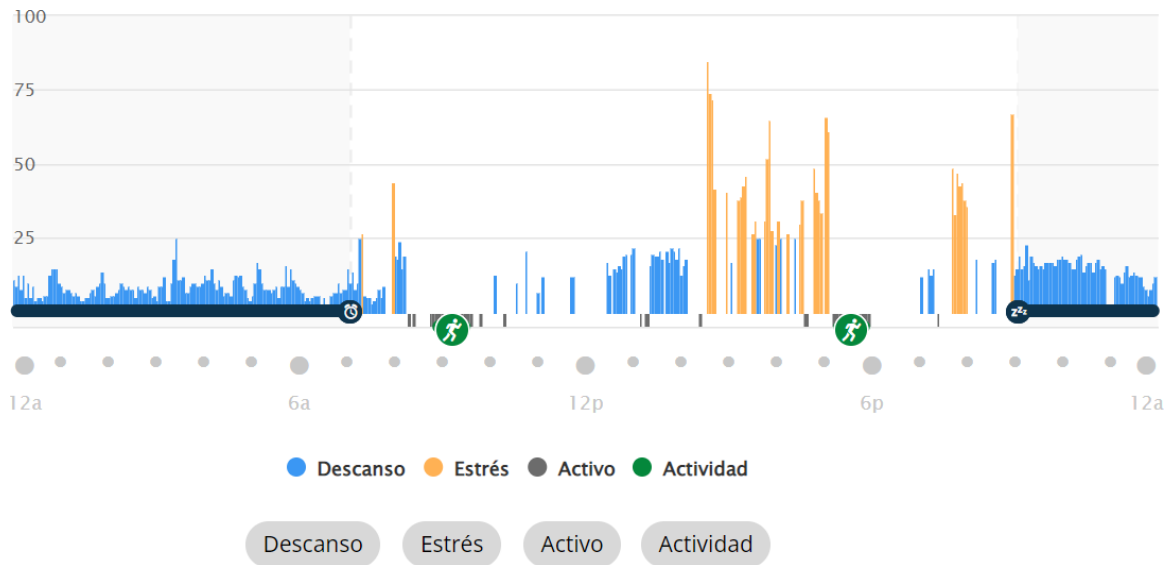


Figura 7: Gráfico del nivel de estrés, descanso y actividad durante el viernes 19 de marzo de 2021.

Una menor VFC representa un mayor nivel de estrés y por lo tanto un estado de alerta mientras que una mayor VFC es proporcional a un menor nivel de estrés y a su vez un estado de calma, lo que permite al dispositivo establecer una puntuación acorde. El seguimiento a lo largo del día como se muestra en el gráfico de la **Figura 7** permite ver la tendencia del estrés con respecto al tiempo y evaluar si existe alguna condición adversa como enfermedad, comienzo de una lesión o agotamiento físico.

El gráfico de barras del nivel de estrés permite observar el estrés diario del organismo ante diversas situaciones y con ello analizar si existe alguna alteración.

Los espacios en blanco sobre el gráfico lineal corresponden a los momentos del día donde se realizó alguna actividad física moderada en la cual la FC se determinó mediante la curva de regresión lineal de la FC y no el método de la VFC.

METODOLOGIA

Se presenta un estudio cuantitativo y comparativo para estimar el GET en un deportista del centro de México de 25 años clínicamente sano, por medio de un dispositivo Garmin Forerunner 945 (GF 945) que cuenta con un sensor óptico de FC en la muñeca como el de la **Figura 9**.

Características del sujeto en estudio:

Varón de 25 años del centro de México clínicamente sano con antecedentes familiares de abuelos paternos diagnosticados con hipertensión y abuela materna diagnosticada con diabetes mellitus; refiere como ocupación deportista de alto rendimiento y realiza actividad física intensa diaria durante más de 2 horas al día. Presenta un peso inicial de 62.2 kg, una talla de 175 cm, una masa magra de 53.4 kg, una FC en reposo de 38 pulsaciones por minuto (ppm) y una FC máxima de 172 ppm.

Periodo del estudio:

Continúo del 01 de marzo de 2021 al 07 de marzo de 2022 de acuerdo con el período competitivo anual del atleta.

Lugares de estudio:

Diferentes estados en México e internacionales:

7 en México (Baja California, Ciudad de México, Estado de México, Durango, Jalisco, Sinaloa y Querétaro), 2 estados en EUA (California y Oregón) y 1 estado en Colombia (Bogotá).

Factores adicionales en el estudio:

El sujeto comenzó el monitoreo el 01 de marzo de 2021 con un entrenamiento físico regular y continuo, en ocasiones una o dos veces al día y utilizó en todo momento un dispositivo GF 945 el cual estimó las VFC y el GET además de registrar las actividades realizadas. Se vinculó diariamente con la aplicación Garmin Connect® donde se encuentran los datos de manera permanente.

Se realizó un registro escrito donde se registró las situaciones que no estaban planificadas al inicio del estudio las cuales se presentan a continuación:

- El 29, 30 de abril y 1, 2 de mayo del 2021 presentó una infección grave por *Staphylococcus aureus*, con incremento de la temperatura corporal a 39°C los días 29 y 30 de abril; por lo que interrumpió el plan de entrenamiento y entró en estado de reposo total. Se reintegró a las actividades de forma gradual el 2 de mayo del mismo año.
- Los días 5 y 6 de septiembre del mismo año registró reposo total como parte de la recuperación después de un bloque de entrenamiento.
- Los días 21 de agosto y 29 de septiembre del mismo año recibió la vacuna de Pfizer BioNTech contra el COVID-19 por lo que interrumpió el plan de entrenamiento; el sujeto no presentó malestar o molestias relacionadas.

Determinaciones:

- **Datos antropométricos:**

Se pesó el sujeto el 20 de febrero de 2021 con un equipo de grado médico para análisis por bioimpedancia InBody S10. Se utilizó la talla referida por el deportista.

- **Frecuencia cardíaca:**

Se realizó una prueba de esfuerzo cardiopulmonar con la que se determinó la FC máxima del sujeto el 05 de septiembre de 2020 en la clínica Sport Performance.

Se utilizó un protocolo de prueba incremental de 1 km/h en cinta para correr a partir de 8 km/h con 1% de inclinación en etapas de 2 minutos.

Se determinó la FC en reposo por medio de un electrocardiograma en estado de reposo acostado durante 5 minutos.

- **Gasto energético total:**

Se utilizó un valor constante de GER de 1791 kcal determinado por el equipo GF 945 que utiliza la ecuación de Harris y Benedict al 11 de diciembre de 2021 (25 años) y de 1783 kcal (26 años), calibrando una sola vez el equipo con los valores antropométricos de peso, talla, fecha de nacimiento, FC en reposo y FC máxima.

Durante la actividad física se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca Garmin, o Heart Rate Monitor Run como se encuentra comercialmente (HRM Run) que se vinculó con el reloj para obtener una medición completa de la FC.

Se registro y sincronizo todos los datos con la aplicación Garmin Connect®.

Se realizó entrenamiento de carrera aeróbica e intervalos anaeróbicos para desarrollar las pruebas de medio fondo de 5000 m y 10000 m planos con carreras

al aire libre y entrenamiento en pista de atletismo, en conjunto con actividades de fortalecimiento general en gimnasio mediante un programa anual que englobó 4 periodos concretos:

- Fase competitiva (1): 15 semanas del 01 de marzo al 13 de junio de 2021.

Entrenamiento con esquema polarizado:

- 80% de las sesiones a una FC menor al 70% de la FCmáx
 - 5% de las sesiones a una FC del 80% de la FCmáx.
 - 15% de las sesiones a una FC mayor al 90% de la FCmáx.
 - El menor volumen de kilómetros y duración en tiempo de entrenamientos de todas las fases.
- Acondicionamiento y fuerza (2): 16 semanas del 14 de junio al 3 de octubre de 2021 en las cuáles el enfoque fue desarrollo de fuerza en gimnasio y técnica de carrera junto con carreras de aeróbicas en un intervalo del 70% al 90% de la FCmáx.
 - Entrenamiento aeróbico (3). 15 semanas del 4 de octubre de 2021 al 16 de enero de 2022. Enfoque en carreras de aeróbicas en un intervalo del 70% al 90% de la FCmáx, con el mayor volumen de kilómetros y duración de los entrenamientos de todas las fases.
 - Preparación para la fase competitiva (4): 7 semanas del 17 de enero al 6 de marzo de 2022. Entrenamiento con esquema piramidal.
 - 80% de las sesiones a una FC menor al 70% de la FCmáx
 - 5% de las sesiones a una FC del 80% de la FCmáx.
 - 15% de las sesiones a una FC mayor al 90% de la FCmáx.

Equipos utilizados:

- ***InBody S10. Análisis de grado médico.***

Analizador de composición y agua corporales de grado investigación que se ilustra en la **Figura 8**. Además de evaluar toda la composición corporal, brinda una hoja de resultados únicamente de agua, adicional al análisis de Ángulo de Fase total y segmental, gracias a que mide a través de las 6 frecuencias eléctricas que aplica (hasta 1,000 kHz). Cuenta con electrodos reutilizables (para no tener el gasto en consumibles) y se adapta con electrodos adhesivos en caso de requerirlos (pacientes con alguna amputación).



Figura 8: Equipo de grado médico para análisis de composición corporal por bioimpedancia Inbody S10

- **Garmin Forerunner 945.**

El dispositivo que se observa en la **Figura 9** incluye un sensor óptico de FC en la muñeca Garmin Elevate™ incorporado en la parte posterior del dispositivo el cual proporciona información las 24 horas del día. La FC se detectó mediante el sensor el cual emite hacia la piel una luz verde que se refleja en los glóbulos rojos que hay en los vasos sanguíneos de la piel. La contracción muscular del latido del corazón impulsa la sangre por el sistema circulatorio; los ciclos que genera este flujo sanguíneo pulsante son los que se registran como FC ya que se pueden detectar en distintas partes del cuerpo.



Figura 9: Garmin Forerunner 945 utilizado para la estimación del gasto energético total mediante la variación de la frecuencia cardiaca.

- **Heart Rate Monitor Run**

Monitor portátil compatible con el GF 945 que se muestra en la **Figura 10** y se coloca a la altura del pecho el cual midió las señales eléctricas del corazón al latir con mayor sensibilidad en el ejercicio intenso que el sensor óptico de muñeca. Aporta información de otros parámetros de carrera y se usó únicamente durante el ejercicio.



Figura 10: Heart Rate Monitor Run Garmin para la determinación de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio.

RESULTADOS

En el anexo 1, de la **Tabla 8 a la 60**, se muestran los datos de los 371 días de estudio junto con sus valores de gasto energético por actividad física (GEAF), gasto energético total (GET) y los factores de actividad física (FA).

El promedio de gasto energético por actividad física del periodo de estudio es de 1317 kcal \pm 427 kcal mientras que el promedio del gasto energético total es de 3105 kcal \pm 427 kcal. El promedio anual del factor de actividad física es de 1.81 \pm 0.26

Los promedios por fase de entrenamiento para el gasto energético por actividad física, el gasto energético total y sus respectivos factores de actividad física se muestran en la **Tabla 5**:

Fase de entrenamiento	GEAF (kcal)	GET (kcal)	FA
Fase 1	1133 \pm 367	2923 \pm 367	1.70 \pm 0.23
Fase 2	1394 \pm 374	3184 \pm 374	1.86 \pm 0.23
Fase 3	1328 \pm 477	3116 \pm 477	1.82 \pm 0.29
Fase 4	1507 \pm 420	3290 \pm 420	1.93 \pm 0.26

Tabla 5: Promedios del GEAF y del GET del periodo de estudio.

El rango de datos considerando un incremento del 0.1 en el FA se muestran en el **Gráfico 1**.

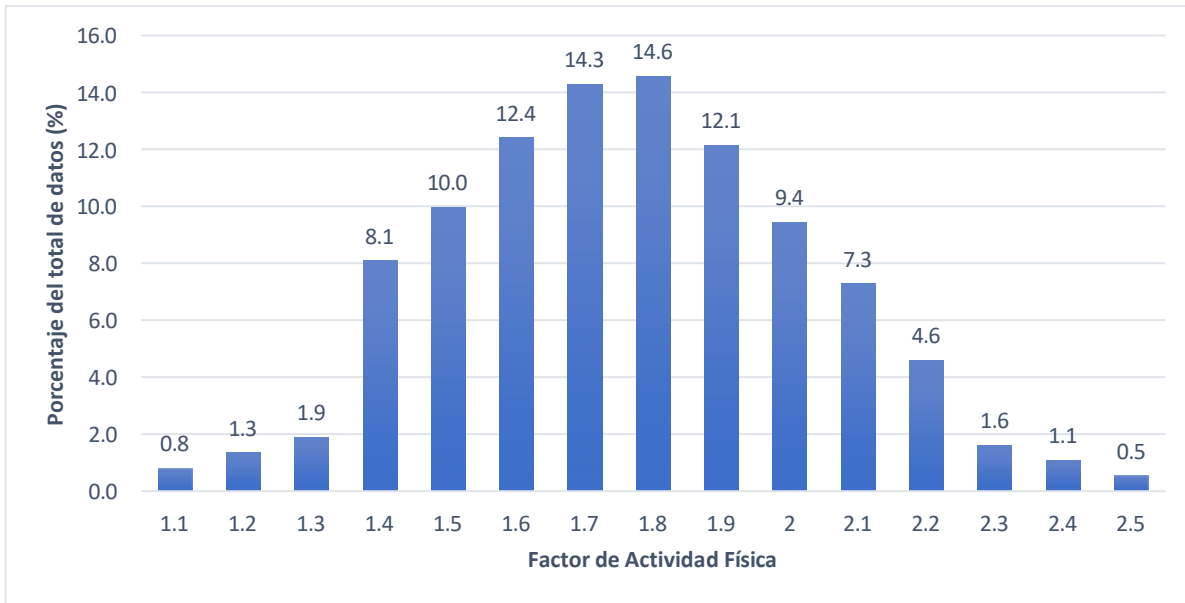


Gráfico 1: Porcentaje del total de datos para los factores de actividad física.

En el **Gráfico 2** se observa el factor de actividad física promedio por cada mes del estudio.

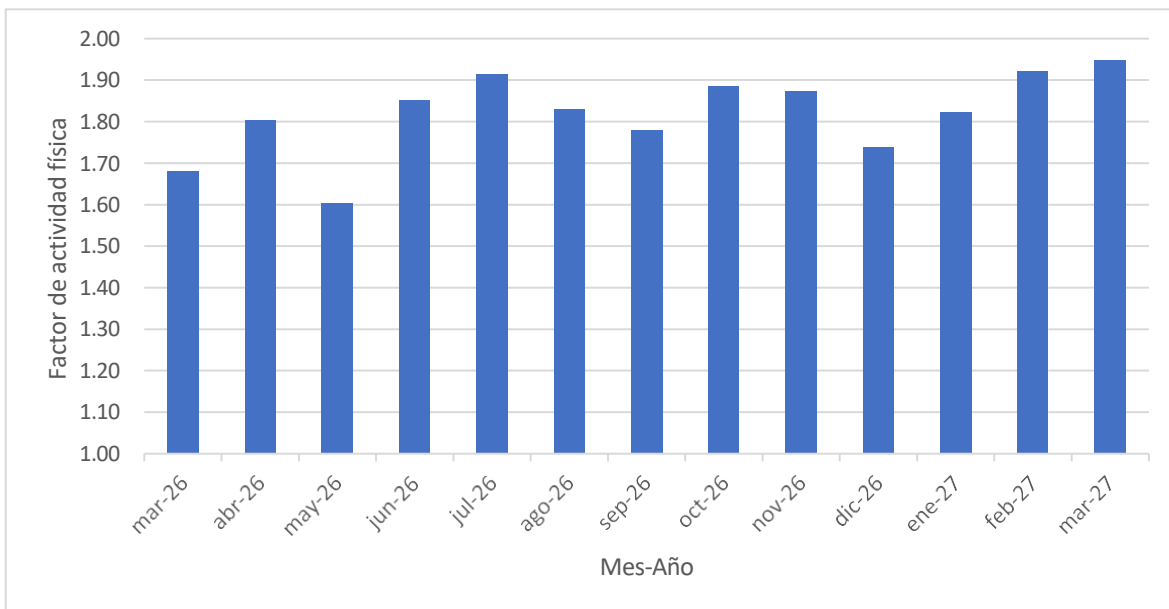


Gráfico 2: Factor de actividad física promedio por mes durante el estudio con el Garmin Forerunner 945.

Considerando la descripción de los factores de actividad física descritos por diferentes autores el individuo se catalogaría en función de su tipo de actividad física como se describe en la **Tabla 6**:

Promedio anual del factor de actividad física 1.81 ± 0.26		
Autor	Tipo de actividad	Factor de actividad física
Shöfield 1985	Pesada	2.1
FAO/OMS 2001	Vigorosa	2.0-2.4
Academia Nacional de la Ciencia de EUA.	Muy activo	1.48
Raciones Dietéticas Recomendadas. (EUA)	Pesada	2.1

Tabla 6: Tipo de actividad de acuerdo con diferentes autores y en función a lo descrito en los hábitos de vida del individuo.

Los registros de los casos no considerados al inicio del estudio se describen en la

Tabla 7.

Fecha	GEAF (kcal)	GET (kcal)	FA	Ejercicio
Caso 1: Enfermedad Gastrointestinal				
29-04	2072	3862	2.27	Carrera de 30 min a 4:30 min/km
30-04	825	2615	1.51	Reposo
1-05	319	2109	1.20	Reposo
2-05	864	2654	1.53	Carrera de 30 min a 4:30 min/km
Caso 2: Vacunas por COVID-19				
21-09	1316	3106	1.81	Reposo
29-10	967	2757	1.59	Reposo
Caso 3: Descanso en el entrenamiento				
5-09	308	2098	1.19	Reposo
6-09	203	1993	1.12	Reposo

Tabla 7: Registros de GEAF y GET en diferentes casos.

DISCUSIÓN

7. Monitoreo de la variación de la frecuencia cardiaca mediante un dispositivo Garmin.

Mediante el monitoreo con el dispositivo Garmin Forerunner 945 que utiliza una estimación del GET por medio de la variación de la frecuencia cardiaca; el promedio anual del GET fue de 3105 kcal \pm 427 kcal.

Considerando que un exceso o deficiencia en el aporte energético pueden generar una ganancia o pérdida de peso que con el tiempo sería perjudicial para el rendimiento del deportista, no se recomienda utilizar el promedio anual del GET para elaborar un plan de alimentación debido a que su desviación estándar es de \pm 427 kcal, lo cual puede llegar a representar un riesgo para la salud y los objetivos del individuo en ciertos periodos.

Es por ello por lo que se consideró adecuado utilizar el software de FirstBeat Analytics para determinar el GET de manera continua y así realizar una planeación acorde a los objetivos que requiera el deportista realizando ajustes en el plan de alimentación de manera semanal o mensual y de acuerdo con las exigencias del entrenamiento y la fase de preparación.

8. Factor de actividad física.

El factor de actividad física promedio calculado durante el monitoreo fue de 1.81 \pm 0.26. De acuerdo con los datos de la tabla 6, el intervalo establecido por la FAO/OMS para el estilo de vida vigorosamente activo de 2.0 a 2.4 es el más cercano al establecido en este estudio, aunque sobre estima en un 0.19 el registrado por el método de la VFC.

Esta diferencia representa 309 kcal lo que puede representar una ganancia o pérdida de peso en ciertas fases del entrenamiento.

De acuerdo con la descripción de actividad del individuo se le asigna un factor de 2.1 conforme a la ecuación de Schöfield de 1985 y de la RDA y se calcula una diferencia de 0.29 con respecto a la media del factor de actividad física establecido. Por lo anterior, se recomienda monitorear el GET y la actividad física del deportista frecuentemente ya que los factores de actividad física más comunes no son precisos y sobre estiman el cálculo del GET, lo que puede representar un riesgo para la preparación física del individuo.

9. Factor de actividad física por fase de entrenamiento

De acuerdo con la tabla 5, existe una diferencia en el factor de actividad física y el gasto energético total en cada fase de entrenamiento, por lo que se demuestra la importancia del monitoreo constante del GET para la elaboración de una estrategia nutricional acorde a los objetivos del individuo y se comprueba que no es adecuado considerar un valor constante para el FA.

Del mismo modo no se observa un comportamiento determinado al graficar el factor de actividad física cada mes, como se muestra en el **Gráfico 2** por lo que los ajustes en el plan de alimentación del deportista se deben personalizar acorde a la planificación que tenga el entrenador, a la fase competitiva y al estilo de vida del individuo.

El periodo en el que el FA es el más bajo, con un valor de 1.70 ± 0.23 se registró en el periodo competitivo. Se atribuye al menor volumen de kilómetros y a la menor duración en el tiempo de los entrenamientos. En esta fase el consumo energético

debe ser suficiente para permitir la recuperación del organismo, pero no debe exceder el GET para no generar un incremento en el peso corporal.

El periodo en el que el FA es el más elevado, con un valor de 1.93 ± 0.26 se encuentra en el periodo de preparación para la competencia. Se atribuye al mayor volumen de kilómetros y a la mayor duración en el tiempo de los entrenamientos para preparar al deportista para el periodo competitivo. El consumo energético se debe ajustar a las demandas fisiológicas para que se estimule la recuperación y se aproveche al máximo los esfuerzos realizados durante el entrenamiento.

10. Situaciones durante el estudio.

10.1 Infección gastrointestinal

Se registró el inicio del malestar al mediodía del jueves 29 de abril. Se presentó síntomas de dolor articular, cuadro de diarrea y fiebre durante la noche mayor a los $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ por lo que el GET fue de 3862 kcal, un valor por encima de la media, aun cuando ese día solo realizó un entrenamiento de 30 minutos a baja intensidad.

La FC y el nivel de estrés metabólico se muestra en el gráfico de la **Figura 11**:

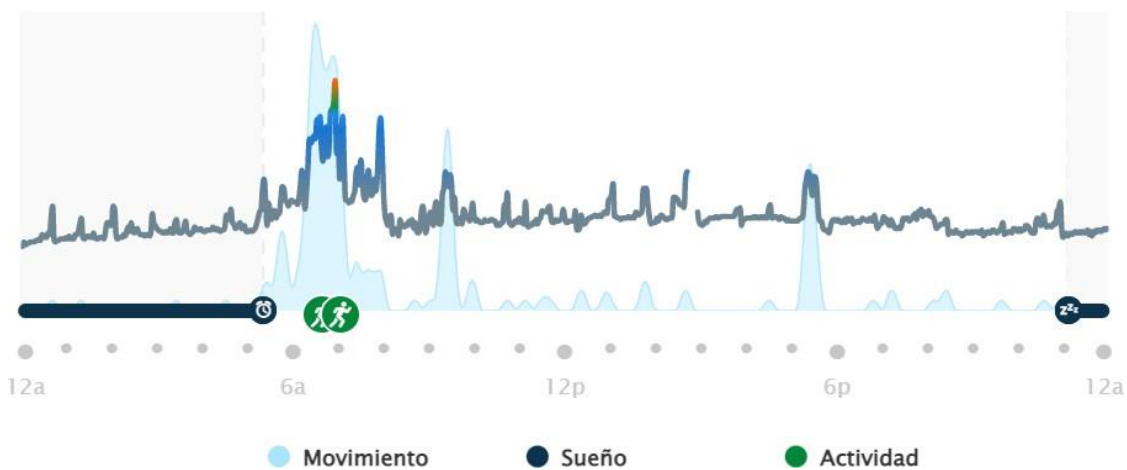


Figura 11: Gráfico de frecuencia cardíaca con múltiples variables para el 29 de abril de 2021

Se observó que la FC esta alterada con respecto a los días habituales y es debido al inicio de la infección y la respuesta inmunitaria del organismo.

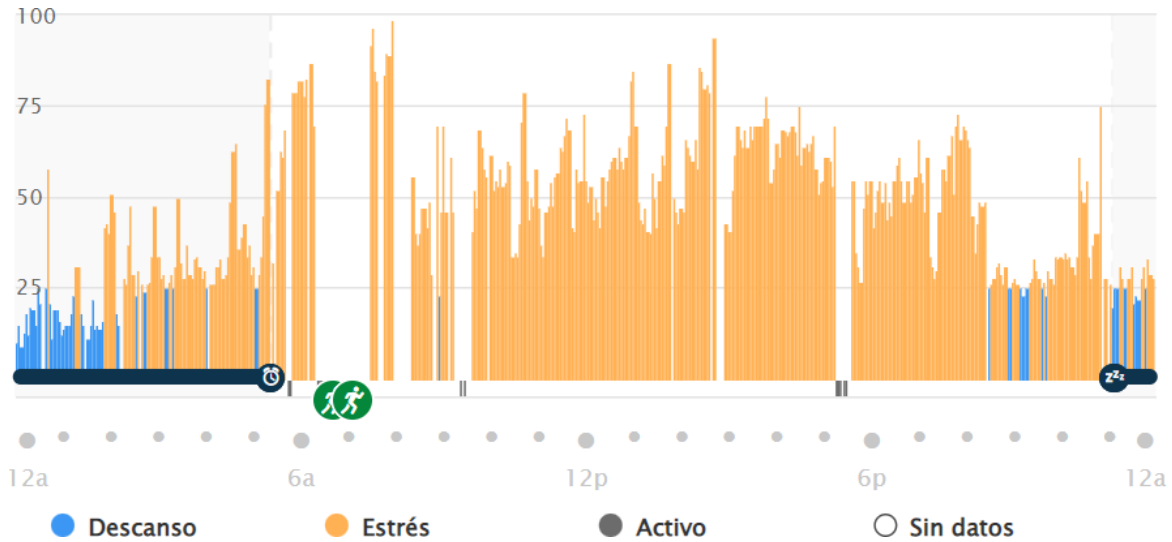


Figura 12: Gráfico de estrés para el 29 de abril de 2021

En la **Figura 12** el nivel de estrés es alto y se puede observar un incremento a medio día lo cual coincide con el inicio de la sintomatología. En la noche se observa que el organismo no logra entrar en un estado de reposo.

El día 30 de abril acudió al médico donde se diagnosticó la enfermedad y recibió tratamiento por lo que se disminuyó los síntomas con el transcurso del día y la temperatura corporal se estabilizó en 37°C. Por lo anterior se observó que el GET disminuyó a 2615 kcal, aún sin realizar ejercicio físico.

El estrés metabólico y la FC se muestran en el gráfico de la **Figura 13:**



Figura 13: Gráfico de FC con múltiples variables para el 30 de abril de 2021

La FC se encuentra menos alterada que el día anterior y disminuye al finalizar el día.

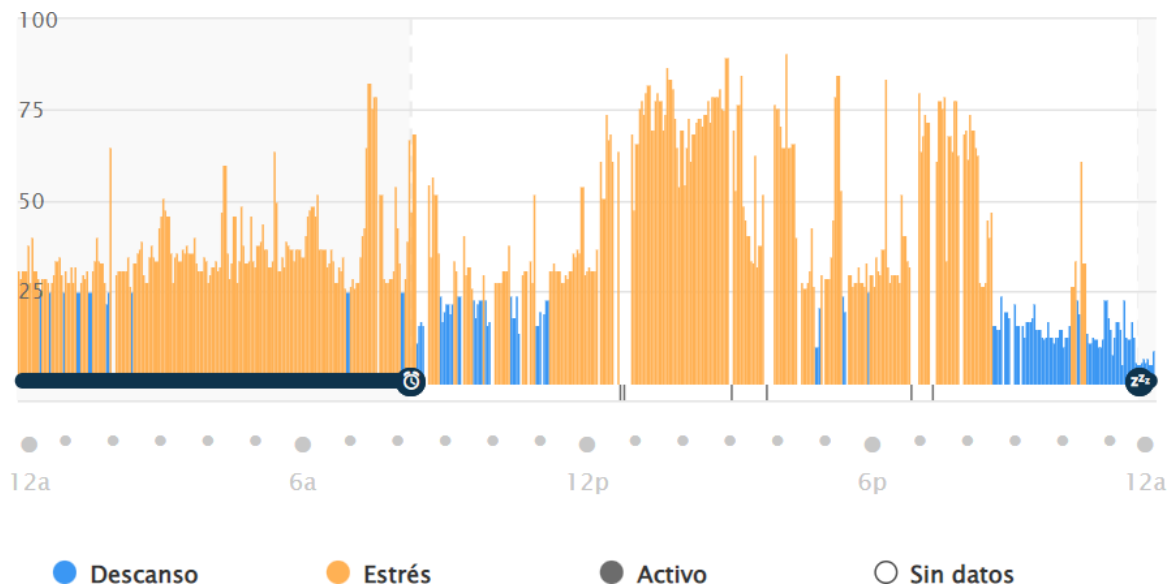


Figura 14: Gráfico de estrés para el 30 de abril de 2021

En la **Figura 14** se observa que el nivel de estrés a lo largo del día es elevado con respecto a un día regular, pero menor al día anterior. Al finalizar el día disminuye a un nivel bajo. Esto se atribuyó al comienzo del tratamiento farmacológico.

El 1 de abril se registró disminución de los síntomas relacionados a la enfermedad y se continuó con el reposo en casa. Se registró un GET de 2109 kcal menor con respecto a los dos días anteriores en estado de reposo.

Al día siguiente, 2 de abril, el individuo regreso a realizar entrenamiento a baja intensidad y de duración de 30 minutos. El GET se registró de 2654 kcal, un valor 1208 kcal menor al del 29 de abril realizando el mismo tipo de ejercicio.

Durante una infección por cualquier microorganismo patógeno el organismo genera una serie de respuestas catabólicas y bioquímicas como mecanismo de defensa las cuales consisten en la movilización de las proteínas musculares para proporcionar aminoácidos que son utilizados en la síntesis de glucosa para energía, así como para la síntesis de proteínas necesarias en la producción de anticuerpos.

Es por ello por lo que el cuerpo aumenta su GET debido al estrés metabólico causado por la enfermedad.

Por lo anterior es posible que el dispositivo GF 945 permita detectar el inicio y transcurso de una enfermedad de manera eficiente mediante la VFC y los gráficos de estrés y FC durante el día.

10.2 Vacuna contra COVID-19

Se registró la aplicación de la primera dosis de la vacuna de COVID-19 de la marca Pfizer-BioNTec el día 21 de agosto de 2022 con un estado de reposo del entrenamiento y con sintomatología de dolor muscular y dolor de cabeza,

registrando un GET de 3106 kcal que se atribuye a la respuesta inmunitaria del organismo ante la vacuna, generando un estado de estrés metabólico.

El día 29 de septiembre de 2022 se aplicó la segunda dosis de la vacuna de COVID-19 de la misma marca y mismo estado de reposo del entrenamiento y con sintomatología de dolor de cabeza. Se registró un GET de 2757 kcal que se atribuye a una respuesta inmune y un estrés metabólico menor al de la primera dosis.

10.3 Días de reposo

Se registró el GET de los días 5 y 6 de septiembre al ser los únicos días de reposo del entrenamiento por recuperación del bloque de entrenamiento. Se registró un GET de 2098 y 1993 kcal respectivamente, siendo el segundo valor el más bajo para todo el estudio.

En ambos días no se realizó ninguna actividad y el individuo permaneció en el hogar durante los dos días.

Es posible que por lo anterior se evidencie la sensibilidad del dispositivo frente a días sin ejercicio. Ahora bien, es necesario realizar un estudio más detallado para poder afirmarlo.

Se registró un FA de 1.19 y 1.12 respectivamente; y un GEAF de 308 kcal y 203 kcal respectivamente.

11. Aportaciones adicionales

Aun cuando durante las fases de entrenamiento el esquema de ejercicio era similar, se registraron situaciones como entrenamientos de más de 2 horas continuas de carrera, competencias o viajes entre ciudades que requieren de un análisis más

detallado para establecer algún comportamiento específico ya que el GET se ve influido por múltiples variables a las que está sometido el individuo, como el caso del mayor registro en el GET el día 27 de agosto de 2021 con un valor de 4345 kcal y un factor de actividad física de 2.57, en el cual se realizaron dos sesiones de entrenamiento y un viaje desde la Ciudad de México hacia Durango.

De igual forma se sugiere realizar un estudio más específico donde se monitoree de manera constante los cambios en el peso corporal.

De la misma manera se propone establecer condiciones de estudio más específicas con respecto a la ubicación geográfica y preservar el estado de salud del individuo durante el estudio para obtener resultados reproducibles, además de que realizar la evaluación en más individuos para observar la tendencia en un grupo específico.

Con respecto a los factores de actividad física establecidos por diferentes fuentes presentan el inconveniente de que al momento de elaborar un plan de alimentación se debe asignar de manera aleatoria con base en la experiencia del nutriólogo y que además no considera otras variables como la ubicación geográfica, el clima, situaciones de estrés que no son por actividad física, el tipo de ejercicio o la fase de entrenamiento; los cuales si considera el método de la variación de la frecuencia cardiaca.

A su vez, debido a que no existen factores de actividad física desarrollados específicamente para la población mexicana e únicamente se cuenta con la ecuación de Valencia para determinar el GEB en dicha población; se sugiere realizar un estudio posterior con individuos mexicanos para profundizar más en el comportamiento de los factores de actividad física y su influencia en el GET para individuos mexicanos.

Por lo anterior es por lo que se recomienda utilizar los dispositivos inteligentes que tienen incorporado el software para estimar el GET por medio de la VFC por las siguientes razones:

- Son portátiles y se pueden utilizar durante todo el día en diferentes actividades físicas.
- Son más económicos que otros métodos para determinar el GET como son la calorimetría directa, indirecta o con agua doblemente marcada.
- No son invasivos.
- Permiten un registro diario de los datos de manera automática para ser consultados en cualquier momento.
- En el caso de la marca Garmin, por medio de su aplicación electrónica, permiten observar gráficos que describen el comportamiento de la VFC y lo compara con otros datos como el movimiento, el estrés fisiológico o las horas de sueño.

CONCLUSIONES

- ✓ Se registró un valor de 3105 kcal \pm 427 kcal para el gasto energético total diario del deportista de medio fondo por el método de la VFC.
- ✓ Se calculó un factor de actividad física de 1.81 \pm 0.26
- ✓ Se discutió el FA calculado del deportista con los valores establecidos por diferentes instituciones y se determinó que de acuerdo al tipo de actividad física que realiza no corresponde con los FA de la bibliografía.
- ✓ Se sugirió no utilizar las ecuaciones predictivas del GET con los factores de actividad física establecidos por diferentes instituciones en deportistas de alto rendimiento ya que suelen subestimar o sobre estimar el GET lo que representa un riesgo para la preparación del deportista.
- ✓ Se registró una diferencia en el GET y el FA durante las diferentes fases de entrenamiento debido a la diferente duración y cantidad de las sesiones, no se observó un comportamiento determinado entre meses de entrenamiento.
- ✓ Se argumentó acerca de la sensibilidad del método de la VFC debido a su comportamiento durante el transcurso de una enfermedad o días de reposo del ejercicio.
- ✓ Se planteó realizar un estudio más completo para observar el comportamiento del método de la VFC ante evento como competencias, viajes, entrenamientos de elevada duración o entre diferentes individuos.
- ✓ Se sugirió utilizar el método de la variación de la frecuencia cardíaca por medio de los dispositivos inteligentes como es el caso de relojes portátiles de la marca Garmin para estimar el gasto energético total en deportistas de alto rendimiento o individuos interesados en monitorear su estado de salud.

REFERENCIAS

1. Ahuerma, S. (1997). *Manual de alimentación y nutrición del deportista*. Veracruz, México: Textos Universitarios.
2. Anderson, I. Dibble, M. Mitchell, H. Rynbergen, H. Turkki, P. (1982) *Nutrición humana. Principios y aplicaciones*. Philadelphia, EUA: J.B. Lippincott Company.
3. Ascencio, C. (2017). *Elementos fundamentales en el cálculo de dietas*. 2da edición. Ciudad de México, México: El Manual Moderno, S.A. de C.V.
4. Bazán, N. (2017). *Bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Paidotribo.
5. Bellido, D. De Luis, D. García, P. (2012). *Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
6. Berntson, G. et. Al. (1997). *Heart rate variability: Origins, methods, and interpretative caveats*. Psychophysiology.
7. Blasco, R. (2015). *Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones*. Valladolid, España: Revista Española de Nutrición Comunitaria.
8. Camera, K. (2020). *Alimentación para maratonistas*. Buenos Aires, Argentina: Grijalbo. 1ª edición.
9. Clapés, C. (2015). UF0681: *Valoración inicial del paciente en urgencias o emergencias sanitarias*. España: Editorial Elearning S.L.:200 pp
- 10.FNB - Food and Nutrition Board, National research Council. (2006) *Recommended Dietary Allowances*. Washington, D.C. EUA: National Academy Press.

11. FT - FirstBeat Technologies. (2012). *Energy Expenditure Estimation Method Based on Heart Rate Measurement*. Recuperado el 01 de mayo de 2022, de https://assets.firstbeat.com/firstbeat/uploads/2015/10/white_paper_energy_expenditure_estimation.pdf
12. FT - First Beat Technologies. (2005). *VO2 estimation method based on heart rate measurement*. Recuperado el 12 de mayo de 2022, de <https://www.firstbeat.com/en/oxygen-consumption-estimation-firstbeat-white-paper/>
13. Garatachea, N. Márquez, S. (2013). *Actividad Física y Salud*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
14. Garmin. (2022). *Monitorización de la frecuencia cardiaca*. Recuperado el 23 de mayo de 2022, de <https://www.garmin.com/es-MX/garmin-technology/health-science/heart-rate-monitoring/>
15. Guyton, A. (1986). *Textbook of medical physiology*.: W.B. Saunders company, 7ma edición.
16. Harris JA, Benedict FG. (1918) *A Biometric Study of the Basal Metabolism in Man*. Washington DC, EUA. Carnegie Institution of Washington. (370-373)
17. Haua, K. Suverza, A. (2010). *El ABCD de la evaluación del estado de nutrición*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
18. Henry C. (2005) *Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations*. Public Health Nutrition. 8 (7A): 1133-1152
19. Iturriaga, G. (2016). *Actividad física saludable, bienestar psicológico y la situación actual*. Vitoria, España: Universidad del país vasco

20. IMRD – Instituto Municipal de Recreación y Deportes Chía. (2021) *Hábitos deportivos. Salud y bienestar*. Bogotá, Colombia: Intelecto Editorial.
21. Kollai, M. Mizsei, G. (1990). *Respiratory sinus arrhythmia is a limited measure of cardiac parasympathetic control in man*. Journal of Physiology.
22. Lázaro, Y. Romero, S. (2019). *Deporte y sociedad. Una aproximación desde el fenómeno del ocio*. Bilbao: España: Universidad de Deusto.
23. Lopategui, E. (2011). *Avalúo de la salud y pruebas de aptitud física relacionadas con la salud*. Puerto Rico: Universidad Interamericana de Puerto Rico.
24. Mansilla, M. (2021). *Cómo se implementó la enseñanza del deporte hasta el año 2020 y el Juego Motor Insight*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Autores de Argentina.
25. Miller, T. (2016). *Guía de pruebas y evaluaciones de la NSCA*. Washington, EUA: Paidotribo.
26. Nikolaevich, V (2015). *Preparación de los deportistas de alto rendimiento – Teoría y metodología – Libro 2*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
27. OMS - Organización Mundial de la Salud. (2020). *Actividad física*. Recuperado el 23 de mayo de 2022, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
28. Ritz, T. Thöns, M. Dahme, B. (2001) *Modulation of respiratory sinus arrhythmia by respiration rate and volume: Stability across posture and volume variations*. Psychophysiology.
29. Saalasti, S. 2003. *Neutral Networks for Heart Rate Time Series Analysis*. Jyväskylä, Finlandia: University of Jyväskylä.

30. Taylor K, Anthony L. (1983) *Nutrición clínica*. EUA: McGraw-Hill.
31. Torres, J. (2015). *Estimación del gasto energético para el adulto mayor*.
Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
32. Wilmore, J. Costill, D. (2014) *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*.
Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
33. WHO - World Health Organization (1985). *Energy and protein requirements*.
Genova, Italia: World Health Organization.

APÉNDICE 1:

Fecha	1-03	2-03	3-03	4-03	5-03	6-03	7-03
GEOF	1491	1197	1385	774	619	1285	641
GET	3281	2987	3175	2564	2409	3075	2431
FA	1.92	1.74	1.85	1.48	1.38	1.79	1.39

Tabla 8: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 1 del estudio.

Fecha	8-03	9-03	10-03	11-03	12-03	13-03	14-03
GEOF	1172	916	804	583	1143	2299	527
GET	2962	2706	2594	2373	2933	4089	2317
FA	1.72	1.56	1.49	1.36	1.70	2.41	1.32

Tabla 9: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 2 del estudio.

Fecha	15-03	16-03	17-03	18-03	19-03	20-03	21-03
GEOF	2014	1426	1610	1579	1308	1364	995
GET	3804	3216	3400	3369	3098	3154	2785
FA	2.24	1.88	1.99	1.97	1.80	1.84	1.61

Tabla 10: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 3 del estudio.

Fecha	22-03	23-03	24-03	25-03	26-03	27-03	28-03
GEOF	897	798	814	471	1255	1067	1008
GET	2687	2588	2604	2261	3045	2857	2798
FA	1.55	1.49	1.50	1.29	1.77	1.66	1.62

Tabla 11: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 4 del estudio.

Fecha	29-03	30-03	31-03	1-04	2-04	3-04	4-04
GEOF	698	1122	1131	1048	1647	1419	949
GET	2488	2912	2921	2838	3437	3209	3281
FA	1.43	1.69	1.69	1.64	2.01	1.87	1.92

Tabla 12: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 5 del estudio.

Fecha	5-04	6-04	7-04	8-04	9-04	10-04	11-04
GEOF	949	1090	1847	1097	1204	1100	1133
GET	2739	2880	3637	2887	2994	2890	2923
FA	1.58	1.67	2.13	1.67	1.74	1.68	1.70

Tabla 13: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 6 del estudio.

Fecha	12-04	13-04	14-04	15-04	16-04	17-04	18-04
GEOF	1260	820	769	710	1420	1317	1563
GET	3050	2610	2559	2500	3210	3107	3353
FA	1.77	1.50	1.47	1.44	1.87	1.81	1.96

Tabla 14: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 7 del estudio.

Fecha	19-04	20-04	21-04	22-04	23-04	24-04	25-04
GEOF	1817	1420	1234	1328	1978	1418	1011
GET	3607	3210	3024	3118	3768	3208	2801
FA	2.12	1.87	1.76	1.82	2.21	1.87	1.62

Tabla 15: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 8 del estudio.

Fecha	26-04	27-04	28-04	29-04	30-04	1-05	2-05
GEOF	1421	924	1859	2072	825	319	864
GET	3211	2714	3649	3862	2615	2109	2654
FA	1.87	1.57	2.14	2.27	1.51	1.20	1.53

Tabla 16: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 9 del estudio.

Fecha	03-05	04-05	05-05	06-05	07-05	08-05	09-05
GEOF	1429	1095	1199	1146	981	1218	1000
GET	3219	2885	2989	2936	2771	3008	2790
FA	1.88	1.67	1.74	1.70	1.60	1.75	1.61

Tabla 17: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 10 del estudio.

Fecha	10-05	11-05	12-05	13-05	14-05	15-05	16-05
GEOF	755	674	682	811	744	1022	1252
GET	2545	2464	2472	2601	2534	2812	3042
FA	1.46	1.41	1.42	1.50	1.46	1.63	1.77

Tabla 18: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 11 del estudio.

Fecha	17-05	18-05	19-05	20-05	21-05	22-05	23-05
GEOF	1186	1096	1179	1407	1201	975	1037
GET	2976	2886	2969	3197	2991	2765	2827
FA	1.73	1.67	1.72	1.86	1.74	1.60	1.64

Tabla 19: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 12 del estudio.

Fecha	24-05	25-05	26-05	27-05	28-05	29-05	30-05
GEOF	771	1236	759	969	704	1004	698
GET	2561	3026	2549	2759	2494	2794	2488
FA	1.47	1.76	1.47	1.60	1.43	1.62	1.43

Tabla 20: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 13 del estudio.

Fecha	31-05	1-06	2-06	3-06	4-06	5-06	6-06
GEOF	1106	1570	974	1452	1250	1232	1042
GET	2896	3360	2764	3242	3040	3022	2832
FA	1.68	1.96	1.60	1.89	1.77	1.76	1.64

Tabla 21: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 14 del estudio.

Fecha	7-06	8-06	9-06	10-06	11-06	12-06	13-06
GEOF	784	761	650	868	1226	1705	1387
GET	2574	2551	2440	2658	3016	3495	3177
FA	1.48	1.47	1.40	1.53	1.75	2.05	1.85

Tabla 22: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 15 del estudio.

Fecha	14-06	15-06	16-06	17-06	18-06	19-06	20-06
GEOF	983	1467	1500	1511	1617	1555	1258
GET	2773	3257	3290	3301	3407	3345	3048
FA	1.60	1.90	1.92	1.93	1.99	1.96	1.77

Tabla 23: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 16 del estudio.

Fecha	21-06	22-06	23-06	24-06	25-06	26-06	27-06
GEOF	1223	1552	2046	1964	1790	1484	1604
GET	3013	3342	3836	3754	3580	3274	3394
FA	1.75	1.95	2.26	2.21	2.10	1.91	1.99

Tabla 24: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 17 del estudio.

Fecha	28-06	29-06	30-06	1-07	2-07	3-07	4-07
GEOF	1688	1381	2033	1526	1786	1659	1330
GET	3478	3171	3823	3316	3576	3449	3120
FA	2.04	1.85	2.25	1.94	2.10	2.02	1.82

Tabla 25: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 18 del estudio.

Fecha	5-07	6-07	7-07	8-07	9-07	10-07	11-07
GEOF	1335	1411	1706	1248	1888	1682	835
GET	3125	3201	3496	3038	3678	3472	2625
FA	1.82	1.87	2.05	1.77	2.16	2.03	1.51

Tabla 26: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 19 del estudio.

Fecha	12-07	13-07	14-07	15-07	16-07	17-07	18-07
GEOF	1349	1647	1601	1733	1139	1237	1058
GET	3139	3437	3391	3523	2929	3027	2848
FA	1.83	2.01	1.98	2.06	1.70	1.76	1.65

Tabla 27: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 20 del estudio.

Fecha	19-07	20-07	21-07	22-07	23-07	24-07	25-07
GEAF	1585	2055	1498	1755	853	1154	1511
GET	3375	3845	3288	3545	2643	2944	3301
FA	1.97	2.26	1.92	2.08	1.52	1.71	1.93

Tabla 28: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 21 del estudio.

Fecha	26-07	27-07	28-07	29-07	30-07	31-07	1-08
GEAF	1466	1600	1671	1512	1461	1807	974
GET	3256	3390	3461	3302	3251	3597	2764
FA	1.90	1.98	2.03	1.93	1.90	2.11	1.60

Tabla 29: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 22 del estudio.

Fecha	2-08	3-08	4-08	5-08	6-08	7-08	8-08
GEAF	1600	1485	1546	1514	1285	1415	636
GET	3390	3275	3336	3304	3075	3205	2426
FA	1.98	1.91	1.95	1.93	1.79	1.87	1.39

Tabla 30: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 23 del estudio.

Fecha	9-08	10-08	11-08	12-08	13-08	14-08	15-08
GEAF	1566	880	1591	1101	1442	1709	952
GET	3356	2670	3381	2891	3232	3499	2742
FA	1.96	1.54	1.98	1.68	1.89	2.05	1.58

Tabla 31: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 24 del estudio.

Fecha	16-08	17-08	18-08	19-08	20-08	21-08	22-08
GEAF	1213	1344	1580	1123	1208	957	1027
GET	3003	3134	3370	2913	2998	2747	2817
FA	1.75	1.83	1.97	1.69	1.74	1.59	1.63

Tabla 32: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 25 del estudio.

Fecha	23-08	24-08	25-08	26-08	27-08	28-08	29-08
GEAF	1664	1212	1896	1115	2555	1628	767
GET	3454	3002	3686	2905	4345	3418	2557
FA	2.02	1.74	2.16	1.68	2.57	2.00	1.47

Tabla 33: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 26 del estudio.

Fecha	30-08	31-08	1-09	2-09	3-09	4-09	5-09
GEAF	1578	1344	1330	1967	1648	1227	308
GET	3368	3134	3120	3757	3438	3017	2098
FA	1.97	1.83	1.82	2.21	2.01	1.75	1.19

Tabla 34: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 27 del estudio.

Fecha	6-09	7-09	8-09	9-09	10-09	11-09	12-09
GEAF	203	1371	1485	1714	1667	1596	1416
GET	1993	3161	3275	3504	3457	3386	3206
FA	1.12	1.84	1.91	2.05	2.02	1.98	1.87

Tabla 35: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 28 del estudio.

Fecha	13-09	14-09	15-09	16-09	17-09	18-09	19-09
GEAF	1360	1443	1354	1215	1266	1792	1318
GET	3150	3233	3144	3005	3056	3582	3108
FA	1.84	1.89	1.83	1.75	1.78	2.10	1.81

Tabla 36: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 29 del estudio.

Fecha	20-09	21-09	22-09	23-09	24-09	25-09	26-09
GEAF	1320	1316	1275	848	1612	1993	742
GET	3110	3106	3065	2638	3402	3783	2532
FA	1.81	1.81	1.78	1.52	1.99	2.22	1.46

Tabla 37: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 30 del estudio.

Fecha	27-09	28-09	29-09	30-09	1-10	2-10	3-10
GEAF	781	1029	287	1134	1087	1368	1031
GET	2571	2819	2077	2924	2877	3158	2821
FA	1.48	1.63	1.18	1.70	1.67	1.84	1.63

Tabla 38: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 31 del estudio.

Fecha	4-10	5-10	6-10	7-10	8-10	9-10	10-10
GEAF	1173	1373	1978	2067	921	1770	1486
GET	2963	3163	3768	3857	2711	3560	3276
FA	1.72	1.84	2.21	2.27	1.57	2.09	1.91

Tabla 39: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 32 del estudio.

Fecha	11-10	12-10	13-10	14-10	15-10	16-10	17-10
GEOF	1724	1690	1852	1811	1775	1822	1045
GET	3514	3480	3642	3601	3565	3612	2835
FA	2.06	2.04	2.14	2.11	2.09	2.12	1.64

Tabla 40: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 33 del estudio.

Fecha	18-10	19-10	20-10	21-10	22-10	23-10	24-10
GEOF	1892	1816	2368	1820	1252	1373	1228
GET	3682	3606	4158	3610	3042	3163	3018
FA	2.16	2.12	2.45	2.12	1.77	1.84	1.75

Tabla 41: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 34 del estudio.

Fecha	25-10	26-10	27-10	28-10	29-10	30-10	31-10
GEOF	1199	883	865	929	967	787	1324
GET	2989	2673	2655	2719	2757	2577	3114
FA	1.74	1.54	1.53	1.57	1.59	1.48	1.81

Tabla 42: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 35 del estudio.

Fecha	1-11	2-11	3-11	4-11	5-11	6-11	7-11
GEOF	1693	1095	2260	2135	1746	1586	697
GET	3483	2885	4050	3925	3536	3376	2487
FA	2.04	1.67	2.39	2.31	2.07	1.97	1.43

Tabla 43: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 36 del estudio.

Fecha	8-11	9-11	10-11	11-11	12-11	13-11	14-11
GEOF	2145	1016	809	1417	968	674	1353
GET	3935	2806	2599	3207	2758	2464	3143
FA	2.32	1.62	1.50	1.87	1.59	1.41	1.83

Tabla 44: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 37 del estudio.

Fecha	15-11	16-11	17-11	18-11	19-11	20-11	21-11
GEOF	1161	757	2361	1630	1932	1765	989
GET	2951	2547	4151	3420	3722	3555	2779
FA	1.71	1.46	2.45	2.00	2.19	2.08	1.61

Tabla 45: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 38 del estudio.

Fecha	22-11	23-11	24-11	25-11	26-11	27-11	28-11
GEOF	1977	1359	1446	1610	1351	1484	851
GET	3767	3149	3236	3400	3141	3274	2641
FA	2.21	1.83	1.89	1.99	1.83	1.91	1.52

Tabla 46: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 39 del estudio.

Fecha	29-11	30-11	1-12	2-12	3-13	4-12	5-12
GEOF	1632	799	1850	878	1444	1484	348
GET	3422	2589	3640	2668	3234	3274	2138
FA	2.00	1.49	2.14	1.54	1.89	1.91	1.21

Tabla 47: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 40 del estudio.

Fecha	6-12	7-12	8-12	9-12	10-12	11-12	12-12
GEAF	1429	1680	2112	721	2157	1270	351
GET	3219	3470	3902	2511	3947	3053	2134
FA	1.88	2.03	2.30	1.44	2.32	1.78	1.22

Tabla 48: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 41 del estudio.

Fecha	13-12	14-12	15-12	16-12	17-12	18-12	19-12
GEAF	693	1379	1131	811	983	362	2063
GET	2476	3162	2914	2594	2766	2145	3846
FA	1.43	1.85	1.70	1.50	1.61	1.22	2.27

Tabla 49: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 42 del estudio.

Fecha	20-12	21-12	22-12	23-12	24-12	25-12	26-12
GEAF	1262	1123	1224	1591	1165	1188	893
GET	3045	2906	3007	3374	2948	2971	2676
FA	1.78	1.69	1.76	1.98	1.72	1.73	1.55

Tabla 50: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 43 del estudio.

Fecha	27-12	28-12	29-12	30-12	31-12	1-01-22	2-01
GEAF	1800	832	1231	557	1108	1083	722
GET	3583	2615	3014	2340	2891	2866	2505
FA	2.11	1.51	1.76	1.34	1.68	1.67	1.45

Tabla 51: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 44 del estudio.

Fecha	3-01	4-01	5-01	6-01	7-01	8-01	9-01
GEAF	954	1176	1762	1753	1617	1408	1564
GET	2737	2959	3545	3536	3400	3191	3347
FA	1.59	1.73	2.09	2.08	2.00	1.87	1.96

Tabla 52: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 45 del estudio.

Fecha	10-01	11-01	12-01	13-01	14-01	15-01	16-01
GEAF	972	858	1367	860	535	868	936
GET	2755	2641	3150	2643	2318	2651	2719
FA	1.60	1.53	1.84	1.53	1.33	1.54	1.58

Tabla 53: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 46 del estudio.

Fecha	17-01	18-01	19-01	20-10	21-01	22-01	23-01
GEAF	1296	875	1242	1113	2091	2263	1016
GET	3079	2658	3025	2896	3874	4046	2799
FA	1.80	1.54	1.77	1.69	2.29	2.40	1.63

Tabla 54: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 47 del estudio.

Fecha	24-01	25-01	26-01	27-01	28-01	29-01	30-01
GEAF	1818	1689	1881	1887	1523	1582	1307
GET	3601	3472	3664	3670	3306	3365	3090
FA	2.12	2.04	2.16	1.94	1.98	1.81	1.78

Tabla 55: GEAF, GET en kcal y FA para la Semana 48 del estudio.

Fecha	31-01	1-02	2-02	3-02	4-02	5-02	6-02
GEOF	1261	1122	1696	903	1321	1650	1074
GET	3044	2905	3479	2686	3104	3433	2857
FA	1.78	1.69	2.05	1.56	1.81	2.02	1.66

Tabla 56: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 49 del estudio.

Fecha	7-02	8-02	9-02	10-02	11-02	12-02	13-02
GEOF	1721	1338	2106	1376	1780	1327	1926
GET	3504	3121	3889	3159	3563	3110	3709
FA	2.06	1.83	2.30	1.85	2.10	1.82	2.19

Tabla 57: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 50 del estudio.

Fecha	14-02	15-02	16-02	17-02	18-02	19-02	20-02
GEOF	1802	1270	1483	1300	1193	939	772
GET	3585	3053	3266	3083	2976	2722	2555
FA	2.11	1.78	1.91	1.80	1.74	1.58	1.48

Tabla 58: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 51 del estudio.

Fecha	21-02	22-02	23-02	24-02	25-02	26-02	27-02
GEOF	2486	1079	1861	1868	1748	1945	731
GET	4269	2862	3644	3651	3531	3728	2514
FA	2.53	1.67	2.15	2.15	2.08	2.20	1.45

Tabla 59: GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 52 del estudio.

Fecha	28-02	1-03	2-03	3-03	4-04	5-05	6-06
GEOF	1981	1570	1865	1754	1157	1997	871
GET	3764	3353	3648	3537	2940	3780	2654
FA	2.22	1.97	2.15	2.08	1.71	2.23	1.54

Tabla 60: *GEOF, GET en kcal y FA para la Semana 53 del estudio.*