



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADOS**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y / O DE DESARROLLO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

MAGÍSTER EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

TEMA:

TASA DE SUDORACIÓN COMO INDICADOR DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN Y
SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO EN CORREDORES DE 5K Y 10K:
UNA REVISIÓN NARRATIVA.

AUTOR:

HURTADO RENGIFO GEANELLA STEFANY
ZAMORA VERA MARIA PATRICIA

TUTOR:

MSC. JUAN LUIS MORÁN ZULOAGA, MSC.

MILAGRO, 2026

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, **Geanella Stefany Hurtado Rengifo**, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de nuestro Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación **Nutrición Deportiva** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **14 de julio del 2026**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**GEANELLA STEFANY
HURTADO RENGIFO**

Geanella Stefany Hurtado Rengifo

C.I.: 1316630811

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, **Maria Patricia Zamora Vera**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de nuestro Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación **Nutrición Deportiva** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **14 de julio del 2026**



Maria Patricia Zamora Vera

C.I.: 1314862192

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Juan Luis Morán Zuloaga**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Geanella Stefany Hurtado Rengifo y Maria Patricia Zamora Vera**, cuyo tema es “**Tasa de sudoración como indicador del estado de hidratación y su influencia sobre el rendimiento en corredores de 5k y 10k: una revisión narrativa**”, que aporta a la Línea de Investigación **Nutrición Deportiva**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Nutrición Deportiva**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 14 de julio del 2026



Juan Luis Morán Zuloaga

C.I.: 0931612303

ACTA DE CALIFICACIÓN



FACULTAD DE POSGRADO ACTA DE SUSTENTACIÓN MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los catorce días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 09:59 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, LIC. HURTADO RENGIFO GEANELLA STEFANY, a defender el Trabajo de Titulación denominado "TASA DE SUDORACIÓN COMO INDICADOR DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO EN CORREDORES DE 5K Y 10K: UNA REVISIÓN NARRATIVA.", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.67
DEFENSA ORAL	39.00
PROMEDIO	97.67
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 11:00 horas.



KEVIN GABRIEL
ARMJO VALVERDE

MSC ARMJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



GEANELLA STEFANY
HURTADO RENGIFO

HURTADO RENGIFO GEANELLA STEFANY
MAESTRANTE

ACTA DE CALIFICACIÓN



FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los catorce días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 09:59 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, LIC. ZAMORA VERA MARIA PATRICIA, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **TASA DE SUDORACIÓN COMO INDICADOR DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO EN CORREDORES DE 5K Y 10K: UNA REVISIÓN NARRATIVA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.67
DEFENSA ORAL	39.00
PROMEDIO	97.67
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 11:00 horas.



MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



ZAMORA VERA MARIA PATRICIA
MAESTRANTE

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, los seres que sacrificaron sus propios sueños por cimentar los míos. Gracias por su entrega absoluta y por recordarme siempre la importancia de la calidad humana sobre el éxito profesional, por inculcarme toda la fé que necesite en cada paso de mi vida.

A Salvador mi hijo, que el ejemplo de este esfuerzo juntos, te acompañe siempre, para que sepas que el mundo está a tu alcance y no hay imposibles cuando hay voluntad.

A mi hermano, mi luz y refugio en los momentos de mayor dificultad. Por ser el faro que me guía en los días de sombra.

Con amor eterno, todos mis logros siempre serán suyos.

Geanella S. Hurtado Rengifo.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi pequeño hijo, Bruno; por ser mi impulso y motivación para seguir adelante. A mis papás y hermanos por el apoyo incondicional y el acompañamiento en este camino recorrido.

María Patricia Zamora Vera.

Agradecimientos

Gracias Dios por permitirme vivir este momento rodeada de los seres que amo. Gracias Salvador por tu infinita paciencia, perdona las veces que por alcanzar esta meta, no pude atender tu llanto, ni secar tus lágrimas a tiempo. Quiero que sepas que en la vida todo logro exige sacrificios y este camino lo recorrimos juntos desde que estabas en mi vientre. Gracias por seguir abrazándome y por ver en mi ese refugio que siempre, sin importar las circunstancias, seré para ti. Todo este esfuerzo es el preámbulo de las oportunidades que deseo para tu camino. Roberto, mi compañero, por su apoyo constante y por transitar a mi lado este camino de esfuerzo y crecimiento.

Geanella S. Hurtado Rengifo.

Agradecimientos

Gracias a Dios, por lo bueno y lo malo, por los aciertos y desaciertos, por las nuevas oportunidades y por las puertas que se cierran. Cada paso recorrido y cada decisión me han traído hasta donde estoy, pero sin la guía de él nada de esto fuera posible. Gracias a la vida por tanto.

María Patricia Zamora Vera.

Resumen

Introducción: El mantenimiento de la homeostasis térmica es un pilar fundamental en corredores de 5K y 10K, quienes ejecutan esfuerzos a intensidades cercanas al VO_2 máx. En estas distancias, el estrés térmico agudo derivado de que el 80% de la energía se disipa como calor, provoca que pérdidas hídricas moderadas generen alteraciones hemodinámicas y deriva cardiovascular. **Objetivos:** Analizar la evidencia científica de la Tasa de Sudoración como predictor del rendimiento frente a otros métodos de monitoreo hídrico categorizando los métodos actuales y contrastando la suficiencia de la evidencia vigente ante las necesidades del corredor. **Metodología:** Revisión narrativa de la literatura científica, priorizando evidencia publicada entre 2021 y 2026 en bases de datos de alto impacto. El análisis abarcó corredores recreativos y competitivos que entrenan en rangos de umbral ventilatorio y VO_2 máx. **Resultados:** El método gravimétrico optimizando con el enfoque integral WUT (Weight, Urine, Thirst) y biosensores, es la herramienta más eficaz. Pérdidas superiores al 2% reducen el ritmo de carrera entre un 6% y 15% debido a la deriva cardiovascular.. Se detectó que las guías actuales se enfocan en la ultraresistencia, obviando el estrés térmico agudo en distancias cortas, lo que invalida la hidratación ad libitum. **Conclusiones:** La Tasa de Sudoración es un predictor preciso para anticipar el deterioro físico y mitigar la fatiga. Se valida la eficacia del monitoreo gravimétrico con el principio WUT y la imperante necesidad de estrategias personalizadas para cerrar la brecha en nutrición deportiva en pruebas de alta intensidad y mitigar la fatiga precoz.

Palabras clave: Tasa de sudoración; Estado de hidratación; Rendimiento deportivo; Deriva cardiovascular; Termoregulación; 5k y 10k.

Abstract

Introduction: Maintaining thermal homeostasis is a fundamental pillar for 5K and 10K runners, who perform efforts at intensities close to VO_2 max. In these distances, acute thermal stress arising from the fact that 80% of energy is dissipated as heat causes moderate fluid losses to generate hemodynamic alterations and cardiovascular drift. **Objectives:** To analyze scientific evidence of Sweat Rate as a performance predictor compared to other fluid monitoring methods, categorizing current methods and contrasting the sufficiency of existing evidence against the runner's needs. **Methodology:** A narrative review of scientific literature was conducted, prioritizing evidence published between 2021 and 2026 in high-impact databases. The analysis encompassed recreational and competitive runners training within ventilatory threshold and VO_2 max ranges. **Results:** The gravimetric method, optimized through the comprehensive WUT (Weight, Urine, Thirst) approach and biosensors, was determined to be the most effective field tool. Fluid losses exceeding 2% reduce race pace between 6% and 15% due to cardiovascular drift. It was detected that current guidelines focus on ultra-endurance, overlooking acute thermal stress in short distances, which invalidates ad libitum hydration. **Conclusions:** Sweat Rate is a precise predictor for anticipating physical deterioration and mitigating fatigue. This study validates the efficacy of gravimetric monitoring combined with the WUT principle and highlights the imperative need for personalized strategies to close the sports nutrition gap in high-intensity trials and mitigate early fatigue.

Keywords: Sweat rate; Hydration status; Athletic performance; Cardiovascular drift; Thermoregulation; 5K and 10K.

Lista de Figuras

FIGURA 1 PROGRESIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA VS. PORCENTAJE DE DESHIDRATACIÓN.

19

Lista de Tablas

TABLA 1 CUADRO DE CATEGORIAS DE ANALISIS.	6
TABLA 2 ECUACIONES FUNDAMENTALES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA TASA DE SUDORACIÓN.	36
TABLA 3 DIFERENCIA ENTRE MARCADORES URINARIOS.	36
TABLA 4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS WEARABLES.	37
TABLA 5 IMPACTO DE LA HIPOHIDRATACIÓN (>2%) EN LA EFICIENCIA MECÁNICA.	38
TABLA 6 ANÁLISIS DE LA BRECHA EN LA EVIDENCIA SOBRE HIDRATACIÓN Y RENDIMIENTO (5K – 10K)	38

Índice / Sumario

<i>Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación</i>	<i>II</i>
<i>ACTA DE CALIFICACIÓN</i>	<i>IV</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>VI</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>VII</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>VIII</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>IX</i>
<i>Resumen</i>	<i>X</i>
<i>Abstract</i>	<i>XI</i>
<i>Lista de Figuras</i>	<i>XII</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación</i>	<i>3</i>
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Delimitación del problema.....	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Justificación.....	5

1.7. Declaración de las variables (Operacionalización).....	6
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial.....	8
2.1. Antecedentes Referenciales.....	8
2.2. Marco Conceptual.....	10
Rendimiento y Bioenergética.....	10
Fisiología de la hidratación y termorregulación.....	12
Tecnología y Métodos de Evaluación.....	14
2.3. Marco Teórico.....	14
ESTADO DE HIDRATACIÓN.....	14
DISTRIBUCIÓN REGIONAL DEL SUDOR (BODY MAPPING):.....	16
INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA (REGLAS DE BERGMANN Y ALLEN):....	16
FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DE LA TERMORREGULACIÓN.....	17
MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN EN CORREDORES.....	20
METODOS DE EVALUACION URINARIA.....	22
RENDIMIENTO DEPORTIVO.....	27
PROTOCOLOS.....	31
CAPÍTULO III: Diseño Metodológico.....	33
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	33
2.2. La población y la muestra.....	33
2.3. Métodos y técnicas.....	34
2.4. Procesamiento estadístico de la información.....	35
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados.....	35
2.1. Análisis e Interpretación de Resultados.....	35

<i>CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones</i>	39
2.1. Discusión	39
2.2. Conclusiones	41
2.3. Recomendaciones	42
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	43

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se fundamenta en la premisa de que el mantenimiento de la homeostasis térmica y el equilibrio hídrico constituyen pilares esenciales para la integridad fisiológica y el rendimiento en deportes de resistencia. En el campo de la nutrición deportiva y la fisiología del ejercicio, la Tasa de Sudoración ha adquirido relevancia como indicador clave para la individualización de estrategias de hidratación, superando los enfoques generalizados tradicionales.

Durante el ejercicio de media y alta intensidad, aproximadamente el 80% de la energía metabólica se disipa en forma de calor, lo que genera una elevada carga térmica interna. Este calor debe ser regulado eficazmente mediante mecanismos termorreguladores, siendo la sudoración y su evaporación el principal proceso de enfriamiento en condiciones de estrés térmico.

En este contexto, la Tasa de Sudoración permite cuantificar de manera específica la pérdida de fluidos, considerando la variabilidad interindividual influenciada por factores fisiológicos, ambientales y metabólicos. A pesar de los avances tecnológicos, como el uso de biosensores y dispositivos portátiles para la monitorización en tiempo real, persiste una subestimación del impacto de la hidratación en pruebas de corta y media distancia, como los 5K y 10K.

Diversos estudios han demostrado que estas pruebas se ejecutan a intensidades cercanas al consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), lo que incrementa la sensibilidad del organismo a variaciones en el volumen plasmático. Incluso pérdidas hídricas moderadas pueden generar alteraciones hemodinámicas, incremento de la frecuencia cardíaca (deriva cardiovascular) y deterioro del rendimiento físico.

Ante esta problemática, la presente investigación plantea analizar la Tasa de Sudoración como indicador del estado de hidratación y su influencia sobre el

rendimiento en corredores de 5K y 10K, mediante una revisión narrativa de la literatura científica reciente.

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

1.1. Planteamiento del problema

Durante el ejercicio físico de media y alta intensidad, una proporción significativa de la energía metabólica se libera en forma de calor, lo que incrementa la temperatura corporal y activa mecanismos de termorregulación como la sudoración. La pérdida continua de fluidos a través del sudor genera una reducción del volumen plasmático, lo que conlleva un aumento de la frecuencia cardíaca, redistribución del flujo sanguíneo y mayor estrés fisiológico. (Andrade et al., 2023; Matias et al., 2023)

Uno de los principales problemas radica en que la sensación de sed no constituye un indicador inmediato del estado de hidratación, ya que se manifiesta cuando ya existe un déficit hídrico del 1% al 2% del peso corporal. Esta condición favorece la aparición de deshidratación progresiva, afectando el rendimiento y aumentando el riesgo de complicaciones fisiológicas. (Francisco et al., 2026)

En el caso específico de corredores de 5K y 10K, existe una percepción errónea de que la hidratación no influye significativamente en el rendimiento debido a la duración relativamente corta de estas pruebas. Sin embargo, estas se desarrollan a intensidades cercanas al VO_2 máx, lo que incrementa la demanda metabólica y la producción de calor, haciendo al organismo altamente vulnerable a desequilibrios hídricos. (Andrade et al., 2023; Quaresma et al., 2025)

Adicionalmente, la variabilidad individual en la TS dificulta la aplicación de estrategias de hidratación estandarizadas, lo que evidencia la necesidad de implementar métodos personalizados que permitan optimizar el rendimiento y prevenir riesgos como la deshidratación o la hiperhidratación.

1.2. Delimitación del problema

La presente investigación propone analizar la Tasa de Sudoración (TS) como un parámetro fisiológico y su vínculo directo con la homeostasis hídrica y la optimización del rendimiento físico. El tema aborda la fisiología del ejercicio, centrándose en la termorregulación, la hemodinámica cardiovascular y las estrategias de nutrición deportiva. El alcance poblacional comprende a corredores de distancia de 5k y 10k, abarcando espectros recreativos como competitivos, que entrenan a intensidades metabólicas situadas en los rangos del umbral ventilatorio y VO₂ máx. El estudio se define como una revisión narrativa de la literatura científica priorizando evidencia publicada en los últimos 5 años, brindando una visión actualizada sobre la gestión de la hidratación en esfuerzos de alta intensidad.

1.3. Formulación del problema

¿En qué medida la TS funciona como un indicador preciso del estado de hidratación y cómo influye su variabilidad sobre los parámetros de rendimiento físico en corredores de distancias de 5k y 10k según la literatura científica actual?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la evidencia científica disponible referente a la TS como predictor del rendimiento de corredores de 5k y 10k, contrastando su fiabilidad frente a otros métodos de monitoreo hídrico de corredores.

1.4.2. Objetivos específicos

- Categorizar los métodos de monitoreo de hidratación en corredores descritos en la evidencia científica, para su uso en corredores de 5k y 10k.

- Determinar el valor predictivo de la TS como indicador del estado de hidratación y su impacto sobre las variaciones del rendimiento físico en corredores de 5k y 10k.
- Contrastar la suficiencia y la calidad de la evidencia disponible sobre la gestión de hidratación en corredores de 5k y 10k, determinando si la evidencia actual responde a las necesidades del corredor.

1.5. Hipótesis

Se plantea que la personalización de las estrategias de hidratación basada en la TS podría constituir un factor determinante en el rendimiento de corredores de 5K y 10K.

1.6. Justificación

La presente investigación se justifica desde una perspectiva científica, práctica y social.

Desde el ámbito científico, existe evidencia que demuestra que pérdidas de tan solo el 2% del peso corporal afectan negativamente la termorregulación, la función cardiovascular y el rendimiento físico. Sin embargo, gran parte de la literatura se ha centrado en deportes de larga duración, dejando un vacío en el análisis específico de pruebas como los 5K y 10K. (Racinais et al., 2023; Smith et al., 2021)

Desde una perspectiva práctica, la determinación de la TS representa una herramienta accesible, económica y aplicable en campo, permitiendo a atletas y entrenadores diseñar estrategias de hidratación individualizadas sin necesidad de equipamiento sofisticado. (García Guerrero, 2017; Li et al., 2025; Smith et al., 2021) Esto facilita la optimización del rendimiento y la prevención de riesgos asociados a desequilibrios hídricos.

En el ámbito social, el incremento de la práctica del running como actividad recreativa y competitiva ha generado la necesidad de promover estrategias basadas

en

evidencia que garanticen una práctica segura. (*Esta ha sido la evolución de las*

carreras de running en Quito, 2025) La desinformación sobre la hidratación en distancias cortas expone a los corredores a riesgos prevenibles.

Finalmente, la investigación aporta valor metodológico al sintetizar evidencia científica reciente y evaluar la utilidad de la TS como indicador del estado de hidratación, contribuyendo al desarrollo de estrategias

1.7. Declaración de las variables (Operacionalización)

Dado que el presente estudio corresponde a una revisión narrativa, no se realiza una operacionalización clásica de variables. En su lugar, se establecen categorías de análisis que permiten organizar, sintetizar e interpretar la evidencia científica disponible.

Tabla 1 Cuadro de Categorías de Análisis.

Categoría de Análisis	Definición Conceptual (Cita)	Definición Operacional	Indicadores o criterios de extracción.
Tasa de Sudoración	Volumen de fluido secretado por las glándulas ecrinas por unidad de tiempo. (Baker, 2017)	Identificación de métodos para cuantificar la pérdida de fluidos (gravimétrica o biosensores) en estudios analizados. (Baker, 2017; Smith et al., 2021)	Tasa Absoluta (L o g). Tasa Relativa (L/h o mL/min) Pérdida de masa (%) (Baker, 2017; Martins Nobrega et al., 2007; Palleres et al., 2023)

Estado de hidratación	Mantenimiento de la volemia y los fluidos intracelulares en niveles de estabilidad homeostática. (Pence et al., 2025)	Síntesis de la evidencia sobre el balance hídrico (euhidratación, hipohidratación o hiperhidratación) mediante marcadores biológicos. (Kenefick, 2018; Smith et al., 2021)	Gravedad Específica de la Orina (USG: 1,005 – 1,030) Color de la orina (Ucol). Osmolaridad plasmática / urinaria.
Rendimiento Cinemático	Capacidad de desplazamiento eficiente en distancias que dependen del VO ₂ máx y el umbral anaeróbico. (Alvero-Cruz et al., 2020)	Recopilación e variaciones en los tiempos de ejecución y velocidad media bajo diferentes condiciones hídricas.	Tiempo total de carrera (Min:seg) Velocidad media (km/h) Potencia aeróbica (VO ₂ máx)
Respuesta Psicofisiológica	Integra las señales metabólicas, térmicas y cardiorrespiratorias para determinar la magnitud del esfuerzo. (Eston, 2012)	Análisis de la respuesta del organismo al estrés térmico e hídrico, incluyendo la deriva cardiovascular y percepción de fatiga.	Escala de percepción del esfuerzo (RPE). Frecuencia cardíaca (Latidos/min) Incremento de la temperatura central (°C)

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Antecedentes Referenciales

A nivel internacional, la gestión de hidratación en el deporte a experimentado una evolución conceptual pasando de recomendaciones generales de ingesta de líquidos hacia protocolos basados en la biología individual.

En la investigación titulada "Hydration Status, Fluid Intake, Sweat Rate, and Sweat Sodium Concentration in Recreational Tropical Native Runners" (Surapongchai et al., 2021), sobre corredores recreativos en entornos tropicales, se examinó el estado de hidratación y la dinámica de sudoración en una muestra de 166 sujetos. Los hallazgos mostraron una variante en las tasas de transpiración en hombres alcanzaron un promedio de 1.3 ± 0.5 L/h, mientras que las mujeres promediaron 0.9 ± 0.3 L/h. El estudio resalta que, tras la adaptación al clima tropical, la heterogeneidad interindividual demanda el abandono de protocolos genéricos en favor las estrategias de hidratación personalizadas.

El objetivo de la investigación "Whole body sweat rate prediction: outdoor running and cycling exercise" (Jay et al., 2024), fue desarrollar modelos de predicción de la TS para corredores y ciclistas en entornos exteriores. En un análisis a gran escala que involucró 340 pruebas experimentales, se desarrollaron modelos de predicción para la TS en entornos outdoor. Los hallazgos determinaron que, en la modalidad de carrera a pie, la pérdida hídrica promedio fue de 1.4 ± 0.46 L/h, identificando a la velocidad de desplazamiento y radiación solar como los determinantes de mayor peso. Con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.77$, el estudio demuestra la viabilidad de anticipar el déficit hídrico mediante variables ambientales e intensitarias, permitiendo una planificación preventiva de la hidratación.

Existe una tendencia a subestimar el impacto del déficit hídrico en pruebas de corta duración; no obstante, la evidencia científica recopilada en el estudio "Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies" (Périard, Eijssvogels, Daanen, et al., 2021), demuestra que una pérdida de masa corporal superior al 2% compromete severamente la función termorreguladora y exacerba la tensión cardiovascular. Los hallazgos sugieren que el deterioro del rendimiento aeróbico responde de manera más directa al incremento de la temperatura corporal central y la hipovolemia resultante que a las condiciones ambientales externas por sí solas.

En el contexto regional, específicamente en Latinoamérica y zonas de climas tropicales o de altitud, la dinámica de hidratación adquiere ajustes particulares, que, si bien se alinean con estándares globales, manifiestan respuestas heterogéneas por la adaptación térmica local. Ante la escasa literatura regional sobre el monitoreo en tiempo real, resulta necesario validar métodos accesibles y con alta validez ecológica que atienden las demandas específicas del atleta sudamericano en su entorno geográfico.

Pese a que su origen es en el sudeste asiático referente al principal ecosistema cálido - húmedo análogos a la costa latinoamericana, (Surapongchai et al., 2021) cuestiona la aplicabilidad universal de las guías de hidratación estandarizadas. La evidencia de que más de un tercio de los corredores inicia su práctica con un déficit hídrico significativo sugiere que la autorregulación basada en sed es insuficiente en estos entornos. En conclusión, la ingesta de líquidos ad libitum suele ser insuficiente para compensar las elevadas tasas de sudoración en estos entornos.

2.2. Marco Conceptual

Rendimiento y Bioenergética:

- **Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂ máx):** Se define como el indicador de la potencia aeróbica, el cual cuantifica la tasa límite de utilización de oxígeno a nivel celular durante el ejercicio de intensidad máxima. Este parámetro refleja la eficiencia integrada de los sistemas cardiovascular, respiratorio y muscular cuando se moviliza a una masa esquelética significativa. (Hall, 2007)
- **Velocidad asociada al VO₂ máx (vVO₂máx):** Se representa como una variable integradora de gran valor, ya que combina la potencia aeróbica VO₂ máx con la eficiencia mecánica (economía de la carrera). Este factor permite identificar disparidades en el rendimiento que no pueden ser explicadas mediante un análisis aislado de sus componentes. (Billat & Koralsztein, 1996)
- **Umbral Anaeróbico:** La literatura científica sugiere que el éxito en eventos de larga distancia depende fundamentalmente del nivel de umbral anaerobio, superando en relevancia diagnóstica al VO₂ máx. La eficiencia en esta zona de transición metabólica permite al corredor mantener intensidades relativas elevadas sin el compromiso del equilibrio ácido - base. Metodológicamente, el entrenamiento diseñado sobre este umbral genera adaptaciones sistémicas que elevan tanto el techo aeróbico como la tolerancia al esfuerzo sostenido. Además, la accesibilidad de su medición a través de la relación velocidad-frecuencia cardiaca facilita el control de la carga en entornos reales de entrenamiento. (Ghosh, 2004)
- **Economía de Carrera (EC):** La determinación metodológica de la EC exige condiciones de equilibrio fisiológico (Steady State), caracterizadas por niveles de lactato próximos a los valores de reposo y un cociente de intercambio respiratorio (VO₂) por debajo de la unidad. Si bien la velocidad estándar de

evaluación suele ser de 16 km/h, la literatura científica, particularmente la revisión de Barnes y Kilding (Barnes & Kilding, 2015), propone ajustar estas intensidades según el nivel del deportista: desde 10-14 km/h en corredores recreativos hasta rangos de 14-20 km/h en atletas de élite con un VO₂ máximo superior a 75,4 ml/kg/min. Esta estratificación garantiza que la prueba se realice en una zona de intensidad metabólica adecuada para cada perfil competitivo. (González-Mohino et al., 2018)

- **Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE):** Se define como un constructor psicofisiológico complejo que integra señales aferentes (metabólicas, térmicas y cardiorrespiratorias) y procesos de anticipación central (feed-forward) para determinar la magnitud del esfuerzo experimentado. Más allá de la respuesta fisiológica, la RPE es modulada por variables cognitivas, la experiencia previa del atleta y el conocimiento de la duración de la prueba. Su validez científica reside en la alta correlación que presenta con indicadores objetivos de intensidad, tales como el consumo de oxígeno (VO₂), la frecuencia cardíaca y las concentraciones de lactato plasmático. En consecuencia, la RPE actual como un indicador global de estrés fisiológico, siendo sensible incluso a perturbaciones ambientales como el estrés térmico o la hipoxia, lo que la convierte en una herramienta de monitorización del entrenamiento tan robusta como versátil en diversas poblaciones. (Eston, 2012)
- **Resistencia:** Capacidad de rendimiento ante el cansancio, es decir, la cualidad física que permite al individuo realizar esfuerzos sin cansarse. (Ponce et al., 2021)
- **Movilidad:** Se define como la capacidad de poder realizar movimientos con la requerida amplitud de movimiento. Desde el punto de vista funcional y anatómico viene condicionada por la capacidad de estiramiento y por la

flexibilidad. Esta última designa el grado de amplitud de movimiento de las articulaciones y varía de la estructura corporal de cada persona. (Ponce et al., 2021)

Fisiología de la hidratación y termorregulación:

- **Tasa de Sudoración:** La TS se define como el volumen de fluido secretado por las glándulas ecrinas por unidad de tiempo. Fisiológicamente, el sudor es un fluido hipotónico derivado principalmente del plasma sanguíneo. El método de cálculo más preciso y común en el campo es el gravimétrico, que consiste en medir el cambio en la masa corporal desnuda antes y después del ejercicio (1 kg de pérdida equivale aproximadamente a 1 L de sudor). Para un cálculo exacto, se debe sumar el volumen de líquido ingerido y restar la pérdida por micción durante el intervalo de la prueba. (Baker, 2017)
- **Deriva Cardiovascular (Cardiovascular Drift):** Se define como el incremento progresivo de la frecuencia cardíaca (FC) durante el ejercicio de intensidad constante y prolongada (>10 minutos a >50 % VO₂ máx), acompañado de una reducción concomitante de volumen sistólico. (Costa, 2022) Este proceso ocurre en ambientes térmicamente neutros, aunque exacerba en condiciones de calor y humedad. Fisiológicamente, este desvío responde a una compensación cronotrópica ante la hipovolemia y el aumento de la temperatura interna, pudiendo elevar la FC hasta un 15% en una hora de actividades. Esto explica por qué un maratonista puede alcanzar valores cercanos a su FC en los kilómetros finales, a pesar de desplazarse a una intensidad relativa moderada (75-80% vVO₂máx). (Coyle & González-Alonso, 2001; Wingo et al., 2012)
- **Euhidratación:** Se entiende por euhidratación al mantenimiento de la volemia

y los fluidos intracelulares en niveles de estabilidad homeostática. Este

equilibrio es fundamental para el rendimiento, dado que el agua desempeña funciones críticas en la fisiología del ejercicio, tales como la entrega de nutrientes a los miocitos, la eliminación de desechos metabólicos y la disipación del calor. En el ámbito del deporte de élite, la euhidratación se define por la ausencia de un déficit hídrico significativo, establecidos comúnmente el umbral crítico de deshidratación a partir de una pérdida de peso corporal mayor al 2%. (Pence et al., 2025)

- **Hiponatremia Asociada al Ejercicio (EAH):** La hiponatremia asociada al ejercicio a 135 mmol/L, manifestándose durante la práctica física o en las 24 horas posteriores. Su etiología es multifactorial, fundamentada principalmente en un desequilibrio entre el agua corporal total y los niveles de sodio. Este fenómeno ocurre por la combinación de una ingesta excesiva de fluidos hipotónicos – impulsada por conductas de hidratación sobreestimadas – y una secreción no osmótica de la hormona antidiurética (ADH) inducida por el esfuerzo, la cual limita la excreción de agua libre. Dada su potencial gravedad, es imperativo un diagnóstico diferencial preciso, ya que la administración errónea de líquidos adicionales puede precipitar cuadro de encefalopatía hiponatrémica o coma. (Pence et al., 2025)
- **Osmolaridad Plasmática (Posm):** Se define como la medida de la concentración de solutos osmóticamente activos en el compartimento intravascular. Químicamente, se determina mediante la integración de los principales determinantes del equilibrio hídrico: el sodio, la glucosa y la urea. (Louden, 2009)
- **Termólisis:** El balance térmico del atleta depende de la eficiencia de sus mecanismos de pérdida de calor al nivel de la superficie de nuestro cuerpo por

convección y por evaporación de sudor o transpiración. El mecanismo es simple, el volumen y la masa corporal incrementa en razón del cubo de las dimensiones lineales del cuerpo, en tanto que la superficie aumenta en razón solo del cuadrado. (Olivier, 1993)

Tecnología y Métodos de Evaluación

- **Sensores (Wearables):** Los biosensores permiten la transición de la monitorización dinámica y longitudinal de la salud. Operan de manera prolongada, garantizando la adquisición de biomarcadores en tiempo real durante el entrenamiento y la competición. (Li et al., 2025)
- **Microfluídica:** Se constituye como una disciplina interdisciplinar que integra la física, la química. La ciencia de materiales y la microelectrónica para la manipulación de fluidos en canales y cámaras de dimensiones micrométricas. Esta tecnología permite la arquitectura de chips miniaturizados con geometrías precisas, diseñados para aplicaciones críticas que van desde la síntesis de nanopartículas y sistemas de administración de fármacos, hasta el análisis celular avanzado. (Niculescu et al., 2021)

2.3. Marco Teórico

ESTADO DE HIDRATACIÓN

El 60% del cuerpo humano esta compuesto por agua, propocion que fluctua por edad, sexo, cantidad de masa muscular y estado de salud. Este volumen hídrico se distribuye en dos secciones: líquido intracelular, que abarca las dos terceras partes y líquido extracelular, que representa el tercio restante y se divide entre la sangre, la linfa, las secreciones y el espacio entre las células. Para mantener el equilibrio, el organismo recibe cerca de 2,300 mililitros diarios de agua mediante el consumo de líquido, por otro lado su eliminación ocurre principalmente por la orina. (Ponce et al., 2021)

Un estudio sobre el estado de hidratación y conocimiento en deportistas reveló que existe una percepción errónea de cómo identificar la falta de líquidos, el 75% consideraba que es la sed y el 61,4% identificaba el color de orina como un parámetro válido. (Papaoikonomou et al., 2025) Una de las principales causas de disminución del rendimiento deportivo es la deshidratación. (Laiz & Sagasta, 2023). Debido al riesgo de desequilibrio electrolíticos como la hiponatremia, es fundamental incluir la reposición de electrolitos en la estrategia de rehidratación posterior a la actividad física. (Surapongchai et al., 2021)

La deshidratación se clasifica según el desequilibrio entre agua y sodio, generando tres cuadros clínicos distintos: Isotónica: Pérdida equitativa de líquidos; Hipertónica: Mayor pérdida de agua en razón del sodio; Hipotónica: Mayor pérdida de sodio en razón del agua. (Taylor & Tripathi, 2026) En el contexto del ejercicio, la evidencia científica señala que la hidratación es un pilar determinante para el desempeño atlético. (Bravo, 2024)

Con frecuencia los deportistas experimentan una caída en su desempeño ya que la ingesta de líquidos suele ser insuficiente para compensar lo que se pierde durante el esfuerzo, razón por la cual la bebida de reposición debe ser equilibrada en macronutrientes y una carga precisa de electrolitos. (Ponce et al., 2021)

Planificado Vs. Ad Libitum

Es habitual que el nivel competitivo decaiga durante el ejercicio a causa de la deshidratación, un fenómeno provocado principalmente por la incapacidad de reponer el líquido perdido en su totalidad. No existe evidencia que indique que consumir elevadas cantidades de agua pura, previo a la actividad mejore el rendimiento. (Armstrong, 2021) El mecanismo de sed del ser humano no es un indicador ideal, debido a que este suele desaparecer antes de que el cuerpo haya recuperado sus niveles hídricos totales. En contextos de sudoración intensa, si el

base a su deseo (Ad Libitum), se genera un déficit hídrico acumulado. Cuando esta pérdida alcanza o supera el 2% de la masa corporal, el organismo sufre un deterioro en la termorregulación y un aumento del estrés cardiovascular, lo que impacta negativamente en el rendimiento aeróbico, sobre todo en climas cálidos. (Kenefick, 2018) Mientras que la hidratación planificada se basa en la ejecución de un protocolo de ingesta personalizado, diseñado para contrarrestar la pérdida de fluido de manera sistemática. El objetivo central es mantener el peso corporal en un margen de $\pm 2\%$ respecto al estado inicial. (Bravo, 2024)

DISTRIBUCIÓN REGIONAL DEL SUDOR (BODY MAPPING):

Dado que la respuesta de sudoración cumple un papel fundamental en la supervivencia y el funcionamiento del organismo humano, no resulta sorprendente que exista una considerable cantidad de investigaciones en este campo. Estudios previos han puesto énfasis en las variaciones regionales. Es evidente que hay diferencias en las tasas de sudoración regional (TSR), con los valores más altos en la parte superior de la espalda y la frente, y los más bajos en las manos y los pies. (Coull et al., 2021) El consenso científico identifica a la retroalimentación negativa como el mecanismo principal para la regulación de la temperatura corporal, ante el esfuerzo físico o el calor ambiental. No obstante, existe un debate sobre su rapidez; algunos investigadores creen erróneamente que es lenta porque asumen que sólo responde a la temperatura central en realidad, el sistema es extremadamente ágil porque regula una temperatura integrada obtenida de múltiples sensores en todo el cuerpo incluida la piel. (Mitchell et al., 2025)

INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA (REGLAS DE BERGMANN Y ALLEN):

La morfología corporal, fundamentada en principios ecogeográficos como las reglas de Bergman y Allen, es un factor determinante en la eficiencia de la disipación del calor y la termorregulación. (Longman et al., 2021; Sims et al., 2026) La regla de

Bergman postula que los organismos en ambientes cálidos tienden a poseer un menor tamaño corporal, lo que genera una mayor relación superficie-volumen que facilita la pérdida de calor hacia el entorno. (Sims et al., 2026) Complementariamente, la regla de Allen señala que las extremidades y apéndices son proporcionalmente más largos en climas cálidos, funcionando como sitios clave para disipar el exceso de calor metabólico. (McQueen et al., 2022) En el contexto de corredores de 5k y 10k, estas características morfológicas influyen directamente en la tasa de sudoración, ya que individuos con extremidades más largas o menor masa corporal pueden tener una ventaja termorreguladora al facilitar el intercambio térmico por vías no evaporativas. (Sims et al., 2026) Por lo tanto, la variabilidad individual en la forma y tamaño del cuerpo no solo condiciona el estado de hidratación del atleta, sino que también es un componente crítico que impacta el rendimiento deportivo bajo condiciones de estrés térmico. (Millard-Stafford et al., 2025)

FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DE LA TERMORREGULACIÓN.

Deshidratación: respuestas fisiológicas y rendimiento deportivo.

Al ser homeotermos, el ser humano preserva una temperatura interna relativamente estable, situada normalmente entre los 36 °C y 38 °C en la zona de cabeza – tórax. Este equilibrio térmico depende de la producción de calor mediante el metabolismo endotérmico y de la capacidad del organismo para disipar calor hacia el exterior. Durante la actividad física o el estrés térmico es común y tolerable alcanzar rangos de 38 °C a 40 °C, especialmente en individuos aclimatados, sobrepasar el umbral de los 40 °C resulta crítico, ya que incrementa la vulnerabilidad de padecer de un golpe de calor o graves patologías. (Cramer et al., 2022)

La composición del tejido magro humano es mayoritariamente hídrica (cerca del 73%), lo que explica porque el porcentaje de agua corporal total varía entre el 50% y 70% según la cantidad de grasa de cada individuo. Este recurso hídrico es el pilar de

estabilidad cardiovascular y de regulación térmica. En función del balance hídrico, el organismo puede encontrarse en euhidratación, hiperhidratación o hipohidratación. (Smith et al., 2021) El incremento de la osmolaridad sanguínea altera los mecanismos de enfriamiento al retrasar la sudoración y la vasodilatación cutánea, lo que provoca que el cuerpo conserve más calor y reduzca su capacidad de evaporación ante una misma temperatura interna. Paralelamente, la caída en el volumen plasmático reduce el volumen sistólico obligando al corazón a elevar su frecuencia cardíaca para compensar. (Kenefick, 2018)

Fisiopatología de la deshidratación y la deriva cardiovascular.

La homeostasis térmica durante el esfuerzo físico o el estrés ambiental es el resultado de la sinergia entre los sistemas termorreguladores pasivos y activos. Mientras que el sistema pasivo está determinado por características morfológicas del individuo, el sistema activo responde mediante órganos efectores que facilitan la disipación del calor a través de la transpiración y la vasodilatación cutánea. (Cramer et al., 2022) La deshidratación por sudoración prolongada impacta directamente el espacio extracelular reduciendo el volumen del plasma. Esta disminución eleva la viscosidad de la sangre y afecta el retorno venoso, provocando el fenómeno de deriva cardiovascular o Cardiac Drift, donde el sistema circulatorio debe realizar ajustes compensatorios para mantener el gasto cardíaco ante la caída de la presión de llenado. (Marriott & Research, 1994)

Para mantener la estabilidad del gasto cardíaco ($Q = VS \times FC$) durante el ejercicio, el organismo debe compensar la caída del volumen sistólico (VS) –derivada de la deshidratación y el bajo retorno venoso– mediante un incremento proporcional de la frecuencia cardíaca (FC). En corredores, se estima que por cada 1% de peso perdido, la FC incrementa de 6 a 10 latidos por minuto, lo que eleva la percepción del esfuerzo (RPE) y acelera el alcance del límite cardiovascular. Este fenómeno no solo

compromete la oxigenación muscular, sino que restringe el flujo sanguíneo periférico necesario para la termólisis, provocando un aumento crítico de la temperatura interna debido a la compleja demanda hídrica entre la piel y los músculos. (Funnell et al., 2023) La evidencia científica respalda el impacto negativo de este equilibrio: un estudio en el Journal of Sport Sciences demostró que una hipodritacion del 2.2% de la masa corporal anula cualquier ventaja mecánica de ser “más ligero”. En una prueba de 3 km, los atletas deshidratados fueron un 6% más lentos (955 versus 900) y presentaron mayor osmolaridad sérica, reducción del volumen plasmático y una FC significativamente más alta. Lo cual confirma que la alteración fisiológica y el estrés cardiovascular impuestos por la falta de fluidos son factores determinantes que limitan el rendimiento deportivo de forma más agresiva que el peso corporal total. (Funnell et al., 2023)

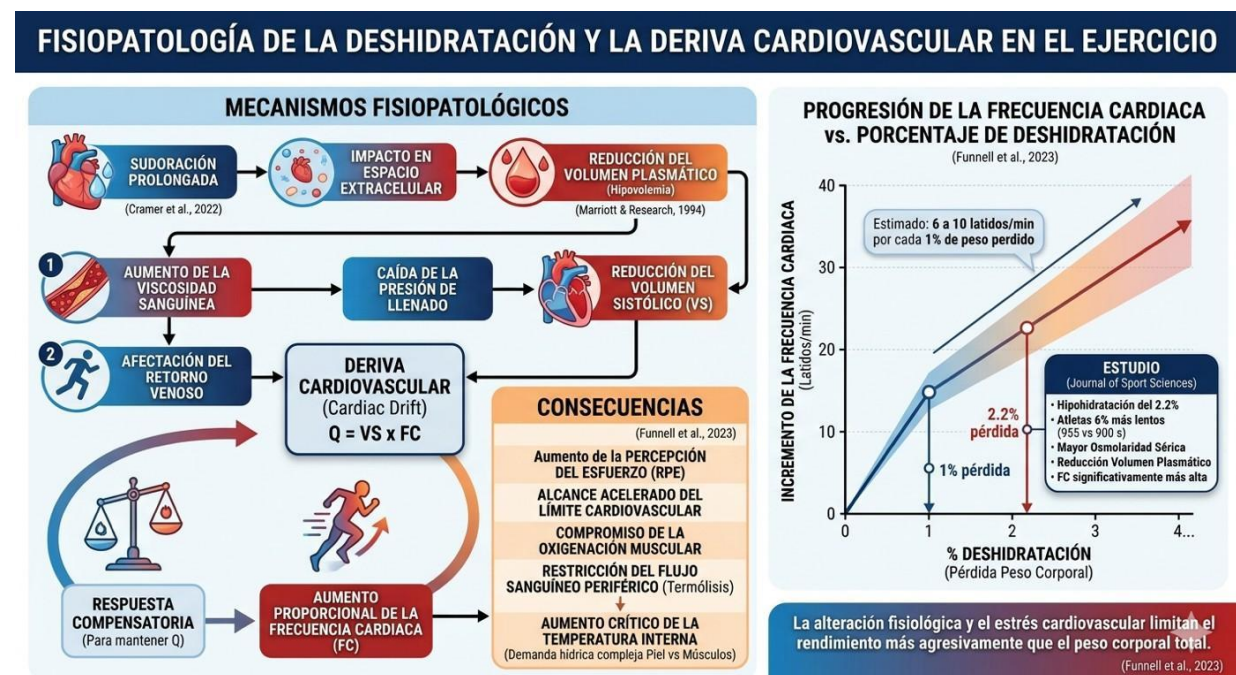


Figura 1 Progresión de la frecuencia cardiaca Vs. Porcentaje de deshidratación.

Descripción: La evidencia técnica indica que por cada 1% de peso corporal perdido, la frecuencia cardiaca incrementa entre 6 a 10 latidos por minuto. Este incremento

acelera el alcance del límite cardiovascular y eleva la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), incluso antes de que el corredor perciba la sensación de sed.

Figura elaborada por autoras a partir de los datos recolectados.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN EN CORREDORES

Tasa de sudoración

La TS y la pérdida de masa corporal están fuertemente influenciadas por tres factores: la intensidad del ejercicio, la duración del mismo y la temperatura ambiental. En casos extremos, los atletas pueden perder entre un 11% y 18% de su peso corporal (deshidratación) o ganar más de un 10% (sobrehidratación extrema). (Armstrong, 2021)

Para estimar la tasa de sudoración, se suele utilizar la variación de la masa corporal antes y después del ejercicio bajo la premisa de que 1 kilogramo (kg) perdido equivale a 1 litro (L) de sudor, aunque este método no está exento de errores técnicos. Una alternativa común es el consumo de ad libitum, que consiste en hidratarse guiándose únicamente por la sensación natural de sed. Este enfoque busca equilibrar la ingesta de líquidos de forma fisiológica. (Kenefick, 2018)

Aunque el cuerpo mantiene su balance hídrico diario mediante el hambre y la sed, la deshidratación se consolida cuando el déficit de agua supera el 2% de masa corporal. En reposo este umbral activa mecanismos de conservación de líquidos y el deseo de beber, impulsados principalmente por el incremento de la osmolaridad plasmática (P_{osm}) y, en menor cantidad, por la reducción de volumen plasmático. Durante el ejercicio de calor, el plasma pierde líquido para producir sudor (que es hipoosmótico), lo que concentra el sodio en la sangre. Un incremento de apenas un 2% en la P_{osm} basta para que los riñones ahorren agua y se dispare la sed, lo que equivale a perder aproximadamente 1,4 L en un individuo de 70 kg. (Kenefick, 2018)

Un estudio observacional destaca que la TS es un fenómeno multifactorial influenciado principalmente por las condiciones climáticas, donde el calor ambiental, la radiación y la falta de viento elevan la pérdida de líquidos. A estos factores externos se suma el uso de la vestimenta, que puede facilitar o entorpecer la disipación del calor según el microclima que genera sobre la piel. A nivel biológico el estudio señala que el entrenamiento constante en un entorno específico mejora la eficiencia del mecanismo de sudoración, los adultos sudan más que los adolescentes y que los hombres registran tasas de sudoración más elevadas que las mujeres. (Smith et al., 2021) (El cálculo de la TS se basa en el monitorio de las variaciones de la masa corporal. Por ende, debe de haber una medición inicial, antes de iniciar el entrenamiento y tras haber evacuado la vejiga, se registra el peso del atleta. Cualquier consumo de líquidos posterior a este punto es contabilizado. Para la toma de la medición final, al concluir la sesión, se vuelve a registrar la masa corporal, asegurándose nuevamente de que el sujeto orina previamente para evitar errores en el balance hídrico. Posterior a estas tomas debe aplicarse una ecuación que integra estas mediciones junto con el volumen de líquidos ingeridos. (Baker, 2017)

Tasa de Sudoración = (Peso Perdido + Líquido Ingerido – Orina) / Minutos actividad].

Peso expresado en kg. (Palleres et al., 2023)

Tasa de Sudoración corporal total (TSCT) = [Masa corporal antes del ejercicio – (Masa corporal después del ejercicio – ingesta de líquidos durante el ejercicio)] / duración del ejercicio (Baker, 2017)

Para calcular el porcentaje de peso perdido se utilizó la fórmula de (Martins Nobrega et al., 2007): Porcentaje (%) Peso perdido o Deshidratación = [(Peso antes – Peso después) / Peso antes] x 100. Peso expresado en kg.

Variación del peso corporal

Este método se basa en la equivalencia fisiológica donde la pérdida de 1 gramo de masa corporal corresponde a 1 mililitro de agua perdida. Para garantizarla precisión, la medición debe realizarse en momentos inmediatamente anteriores y posteriores a la actividad física, idealmente con la mínima vestimenta posible para evitar que el sudor retenido en la ropa sesgue el peso. Uno de los requisitos técnicos es una balanza calibrada, ubicada sobre una superficie firme y nivelada, operada bajo un protocolo estandarizado y reproducible. (Bravo, 2024)

Impedancia bioeléctrica (BIA):

La BIA es un método ampliamente empleado para la estimación de la composición corporal y el equilibrio hídrico, es simple rápido y no invasivo. (Dupertuis et al., 2025) El análisis vectorial de impedancia bioeléctrica (BIVA) muestra una concordancia moderadamente significativa con la gravedad específica de la orina en deportistas de resistencia, con una sensibilidad tanto estadística como gráfica. Sin embargo la evidencia es moderadamente sólida, pero de alcance limitado. (Abdelnour et al., 2024)

METODOS DE EVALUACION URINARIA

La composición de la orina consiste en agua y diferentes solutos, cuya concentración se incrementa proporcionalmente cuando el volumen hídrico se reduce. Este proceso se ve afectado por factores externos como: hábitos de consumo, sustancias externas, estado de salud. Por tal razón es indispensable considerar el estado médico de un deportista. (Barley et al., 2020)

Gravedad Específica de la Orina (Urine Specific Gravity -USG-)

Entre los muchos marcadores de hidratación disponibles, la gravedad específica de la orina es un indicador no invasivo, económico y más sensible que mediciones como

la osmolaridad plasmática, el sodio plasmático o el hematocrito. La USG mide la relación

entre la densidad de la orina y la del agua y proporciona información sobre la capacidad de concentración de los riñones. El rango de referencia para la USG está entre 1,005 y 1,030. Los valores altos se observan en la deshidratación, el síndrome nefrótico, la insuficiencia cardíaca y hepática y con una ingesta baja de líquidos; los valores bajos pueden indicar diabetes insípida, glomerulonefritis, pielonefritis o polidipsia psicógena. (Waheed et al., 2022) En un estudio publicado en el 2025 sugiere que las personas con grandes cantidades de masa libre de grasa (FFM) y músculo tienen una USG elevada. Si bien la USG se asocia negativamente con la ingesta diaria de agua en la literatura, otros factores dietéticos pueden influir en la USG independientemente de los líquidos; la proteína dietética, por ejemplo, parece afectar la USG a través de subproductos metabólicos del metabolismo de las proteínas (p. ej., urea) que se excretan en la orina. Los individuos muestran un aumento de la USG cuando se alimentan con dietas altas en proteínas. Además, el consumo de electrolitos, particularmente sodio, puede afectar agudamente la USG. Los estudios también han demostrado que la USG varía según la hora de muestreo del día, siendo los valores de USG de la primera orina de la mañana a menudo más altos que las muestras puntuales tomadas más tarde en la tarde. (Wilson et al., 2025) En otro estudio del año 2022, se buscó la validación de un prototipo automatizado instalado directamente en urinarios para medir la hidratación de atletas masculinos en tiempo real. Tradicionalmente, la medición de la USG, requiere la recolección manual de muestras y el uso de un refractómetro, un proceso que suele considerarse tedioso y poco higiénico. El dispositivo utiliza un sensor de índice de refracción que analiza el flujo de orina mientras ocurre la micción, el sensor se coloca en la tubería de drenaje o en el receptáculo del urinario. Aunque el estudio fue exitoso, los autores mencionan que la tecnología actual está limitada a urinarios (hombres), sugiriendo que futuras

versiones deberían adaptarse para inodoros estándar para incluir a atletas femeninas. (Bender et al., 2022)

Osmolaridad de la Orina (U_{osm})

La U_{osm} se define como la cantidad de partículas disueltas por cada unidad de agua, funcionando como un indicador de determinación de la osmolaridad urinaria utiliza la crítica de la concentración de la orina, ofrece un dato fisiológico medible y exacto es más precisa que la USG debido a que la densidad se puede ver afectada por moléculas de gran peso como: glucosa, exceso de proteínas o medios de contraste radiológicos. (Kitiwan et al., 2021) Un método técnico de depresión del punto de congelación, aplicado con un osmómetro, siguiendo el procedimiento que consiste en recolectar una micromuestra precisa de 150 μ l de orina con una micropipeta, posterior se transfiere a un tubo Eppendorf para su procesamiento. Este método se basa en que la temperatura de congelación del líquido desciende de manera proporcional a la cantidad de partículas disueltas, así al medir el descenso térmico, el equipo puede cuantificar con alta exactitud la concentración de solutos en la muestra. (Francisco et al., 2024) El rango de medición de los osmómetros puede variar dependiendo del instrumento y la muestra utilizada, pero generalmente, para los osmómetros que miden por descenso del punto de congelación, el rango suele ser de 0 a 2000 mOsm/kg. El rango de referencia normal para el suero es de 275 a 295 mOsm/kg, y para la orina (en condiciones basales) es de 300 a 750 mOsm/kg aunque estos rangos pueden variar. (Larkins et al., 2026)

La osmolalidad urinaria varía entre 50 y 1200 mOsmol/kg; la clave radica en compararla siempre con la osmolalidad sérica para determinar una condición patológica. (Queremel Milani & Jialal, 2026)

Escala de color de la orina (Ucol)

La concentración urinaria es un biomarcador clave para detectar la deshidratación, incluso antes de que aparezca la sed o cambie la osmolaridad del plasma. A pesar que la osmolaridad es el estándar de laboratorio, el Ucol es una alternativa practica muy utilizada en deportistas por ser económica, inmediata y no invasiva. Para evaluar correctamente la hidratación mediante el color, no basta con una tabla comparativa; es fundamental estandarizar el tipo de iluminación, preferiblemente LED y la técnica de observación, ya que las luces fluorescentes o halógenas pueden arrojar falsos positivos de deshidratación al oscurecer artificialmente la muestra. La medición de Ucol tiene varias ventajas: el método es económico y no invasivo, no requiere experiencia técnica y proporciona resultados inmediatos. Ciertas variables, como vitaminas y otras sustancias bioactivas, así como proteínas, pueden influir en la Ucol, se ha sugerido una alta concentración de orina como biomarcador para detectar la deshidratación. (Wardenaar et al., 2022)

A pesar de que la gravedad específica de la orina (USG) es ampliamente utilizada como indicador de hidratación, su aplicabilidad en tiempo real es limitada en comparación con la tasa de sudoración, la cual permite una evaluación dinámica durante el ejercicio. No obstante, algunos autores señalan que la USG presenta mayor precisión en condiciones controladas, lo que evidencia la necesidad de combinar múltiples métodos para una evaluación integral del estado hídrico.

Monitoreo digital y biosensores "wearables"

La rápida expansión de los biosensores portátiles marca un punto de encuentro entre la tecnología y la medicina personalizada, permitiendo una visión constante y directa de la salud del usuario. Estos dispositivos, que se incorporan en la ropa o se adhieren a la piel, facilitan el seguimiento en tiempo real de indicadores biomédicos cruciales,

tales como la actividad cardíaca, glucemia y el balance hídrico, transformando la atención médica convencional en un modelo continuo y preventivo.

La TS destaca por su importancia, y esta se puede estimar mediante diversos métodos, clasificados como portátiles y no portátiles. La magnitud de la TS es un parámetro clave para cualquier parche sensor portátil enfocado en el análisis del sudor. Además, los valores de esta tasa se emplean de dos formas: autodiagnóstico de deshidratación y ajuste o normalización de otras métricas fisiológicas, como la escala de Borg, el VO2 max y las concentraciones de diferentes especies químicas. (Xuan et al., 2024) El término "parches" suele asociarse principalmente a dos aplicaciones tecnológicas y terapéuticas: el vendaje neuromuscular (Kinesiology Taping - KT). A continuación, se detalla el análisis de estas aplicaciones basado en la evidencia técnica proporcionada:

Vendaje Neuromuscular (Kinesiology Tape) y Rendimiento

El vendaje neuromuscular se utiliza ampliamente para optimizar la función muscular y aliviar el dolor mediante la mejora del flujo circulatorio, aunque su impacto directo en la excitabilidad neuronal sigue siendo motivo de debate. En términos de rendimiento, destaca su ventaja sobre los vendajes rígidos en patologías como fascitis plantar, ya que ofrece mayor movilidad y confort sin obstruir la transpiración natural ni elevar la temperatura local, lo que resulta fundamental para la termorregulación durante el ejercicio extenso. (Chen et al., 2021; Xuan et al., 2024)

El control de la TS mediante parches cutáneos es una estrategia vital para mantener la integridad del rendimiento aeróbico. Al identificar fugas críticas de sodio, estos dispositivos ayudan a prevenir niveles de deshidratación superiores al 2%, umbral donde aparece la deriva cardíaca (cardiac drift) y se reduce el volumen sistólico, limitando el transporte de oxígeno hacia la musculatura activa y precipitando la fatiga. (Chen et al., 2021; Xuan et al., 2024)

Parche para sudor GX

El GX Sweat Patch representa una innovación significativa en la ciencia del deporte al permitir una monitorización personalizada y no invasiva de la TS y la pérdida de electrolitos mediante tecnología microfluídica. Al adherirse al antebrazo, el parche recolecta el sudor y utiliza reacciones colorimétricas que, procesadas por una aplicación móvil, predicen con alta precisión el estado de hidratación y el balance de sodio del atleta, incluso en condiciones ambientales variables o piel tatuada. Este sistema digital no solo previene riesgos como la hipohidratación o la fatiga prematura al ajustar el rendimiento aeróbico, sino que también integra inteligencia artificial para brindar recomendaciones específicas de rehidratación y nutrición, cerrando la brecha entre el análisis clínico complejo y la práctica deportiva cotidiana. (Baker & Wolfe, 2022)

RENDIMIENTO DEPORTIVO

En cuanto al rendimiento en el ejercicio, la mayoría de la literatura concuerda en que la deshidratación de $\geq 2\%$ de la masa corporal afecta tanto el rendimiento como la resistencia en el ejercicio aeróbico. En un estudio, se analizaron 34 investigaciones relacionadas con el ejercicio de resistencia y la deshidratación, que en total sumaron 60 observaciones independientes. De esas, 41 (68%) mostraron un impacto significativo ($p < 0,05$) debido a la pérdida de $\geq 2\%$ de la masa corporal. Independientemente del valor de p , 53 de esas 60 observaciones negativas (88%) mostraron una disminución en el rendimiento para pérdidas de $\geq 2\%$ de la masa corporal. (Kenefick, 2018) Para mejorar el rendimiento y disminuir el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor, la Declaración de Posición del Colegio Americano de Medicina Deportiva recomienda evitar una pérdida de masa corporal superior al 2% respecto a la masa corporal antes del ejercicio. (Surapongchai et al.,

2021) Las cualidades físicas que son base fundamental del rendimiento son cuatro: resistencia, fuerza, velocidad y movilidad. (Ponce et al., 2021)

Carreras de corta y media distancia (5k y 10k)

Desde una perspectiva fisiológica, la distinción operativa entre las pruebas de 5,000 m (5k) y 10,000 (10k) radica en el predominio de sus vías energéticas y los umbrales de esfuerzo. Mientras que la distancia de 5k se caracteriza por una mayor dependencia de la velocidad asociada al VO₂ máx y una elevada tolerancia a la acidosis metabólica, la prueba de 10k exige el mantenimiento de un estado estable láctico vinculado al umbral anaeróbico. De acuerdo con la literatura revisada, los determinantes predictivos del rendimiento en el fondo atlético se concentran en el VO₂ máx, la velocidad máxima anaeróbica, la economía de la carrera y la cinética del lactato, destacándose que la evaluación el esfuerzo fisiológico agudo adquiere una relevancia crítica y casi exclusiva en estas especialidades de distancia intermedia. (Alvero-Cruz et al., 2020)

El análisis comparativo entre las distancias de 5K y 10K, revela determinantes fisiológicos diferenciados. Mientras que el éxito de la prueba de 5K está condicionado por una combinación multifactorial, que incluye la velocidad máxima anaeróbica, el tiempo hasta el agotamiento y el umbral ventilatorio, el rendimiento en los 10K se encuentra condicionado casi exclusivamente al umbral anaeróbico. Estos hallazgos corroboran la naturaleza táctica de ambas pruebas: los 5k exigen una mayor tolerancia a intensidades críticas y una menor latencia de error, mientras los 10k, priorizan la eficiencia metabólica y una gestión rigurosa del ritmo para evitar el agotamiento prematuro. (Souza, 2011)

Durante el ejercicio de alta intensidad, como las pruebas de 5k y 10k, la tasa metabólica aumenta sustancialmente, produciéndose aproximadamente un 80% de la energía en forma de calor. El cuerpo humano, al ser homeotérmico, activa

mecanismos de disipación para evitar un aumento crítico de la temperatura central. El hipotálamo actúa como el integrador central que recibe señales de termorreceptores periféricos y centrales, enviando una orden referente para aumentar el flujo sanguíneo cutáneo y activar las glándulas sudoríparas eccrinas. La evaporación del sudor es la vía principal de pérdida de calor en ambientes cálidos, siendo esencial para mantener el equilibrio térmico durante el esfuerzo. (Périard, Eijssvogels, & Daanen, 2021) En corredores de 5k y 10k, la intensidad del ejercicio suele estar cerca del máximo consumo de oxígeno ($\text{VO}_2 \text{ máx}$), lo que genera una rápida acumulación de calor. La pérdida de fluidos a través del sudor reduce el volumen plasmático, lo que provoca una disminución del volumen sistólico. Para compensar esta caída y mantener el gasto cardíaco, el cuerpo aumenta la frecuencia cardíaca, un fenómeno conocido como deriva cardiovascular. Esta inestabilidad hemodinámica, sumada a la reducción del flujo sanguíneo hacia los músculos activos, limita la entrega de oxígeno y acelera la fatiga, incrementando el tiempo de ejecución en la carrera. (Périard, Eijssvogels, & Daanen, 2021)

Riesgos asociados

La evidencia empírica subraya el impacto deletéreo de la deshidratación sobre el rendimiento en resistencia, sin embargo en un estudio realizado con 19 corredores en una prueba de 5k, se observó un incremento estadísticamente significativo en los tiempos de ejecución, los cuales ascendieron en una media de 13,18 minutos en estado de euhidratación a 15,51 minutos bajo condiciones de déficit hídrico. (Hidayatulloh & Gandasari, 2023)

Considerando que la hidratación adecuada es un factor crítico para el éxito del atleta, se lleva a cabo una investigación experimental para cuantificar el impacto del volumen de líquidos ingeridos sobre el rendimiento en una carrera continua de 10k. Tras un exhaustivo proceso de búsqueda documental en repositorios como PubMed,

Sciences y Sport Discus, se analizó una muestra de 18 triatletas bajo un modelo cruzado. Los resultados obtenidos demostraron que un incremento en la ingesta hídrica mitiga de forma significativa el porcentaje de pérdida de peso corporal y estabiliza la frecuencia cardiaca, confirmando que la reposición de fluidos mejora los indicadores de rendimiento deportivo. El estudio sienta las bases para explorar los límites superiores de la ingesta de líquidos en relación con la capacidad física. (Emén-Sánchez et al., 2017)

Dada la correlación directa entre el estado de hidratación y la capacidad de resistencia, resulta imperativo establecer planes de reposición de fluidos optimizados. Estas intervenciones nutricionales buscan mitigar el impacto negativo de la deshidratación en disciplinas de alta intensidad sostenida, garantizando así el mantenimiento de los ritmos competitivos de las carreras de 5k y 10k. (Ponce et al., 2021)

Declaración de consenso del COI sobre recomendaciones y reglamentos para eventos deportivos en condiciones de calor

Los grandes eventos deportivos internacionales, como los Juegos Olímpicos, enfrentan numerosos desafíos para ofrecer una atención médica de calidad a los atletas. Como los Juegos Olímpicos de Verano y la mayoría de los eventos deportivos de verano suelen realizarse en los meses más calurosos, uno de los principales retos para la salud de los deportistas es prevenir y tratar las enfermedades relacionadas con el calor. (Racinais et al., 2023)

Durante estas actividades físicas, que generalmente se realizan a intensidades relativamente altas y en ambientes cálidos o calurosos, los atletas pueden experimentar tasas de sudoración de moderadas a elevadas, dependiendo de su metabolismo y de las condiciones de estrés térmico ambiental. (Jay et al., 2024)

Independientemente del entorno, las contracciones musculares durante el ejercicio producen una gran cantidad de calor, elevando la temperatura corporal central en

unos minutos. Si el ambiente facilita disipar el calor mediante la piel, por ejemplo, por convección, radiación o evaporación del sudor, la temperatura central se mantendrá en un nivel cercano a ($\sim 38,5\text{--}39\text{ }^{\circ}\text{C}$, según la intensidad). Sin embargo, cuando la capacidad del cuerpo para disipar calor se ve limitada por condiciones cálidas, húmedas, o por la ropa y el equipo que se usa, esto genera un estrés térmico adicional. (Racinais et al., 2023) Si las pérdidas de líquidos no se reponen de manera adecuada, las personas enfrentan un mayor esfuerzo fisiológico, que se refleja en un aumento de la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca, además de un rendimiento deportivo reducido en ambientes templados o calurosos. (Jay et al., 2024)

PROTOCOLOS

Uno de los hallazgos más importantes publicado en el British Journal of Sports Medicine es que el éxito no se logra con un solo método, sino mediante la combinación de varios:

- Sinergia de métodos: Los atletas que emplearon diferentes técnicas de enfriamiento, como chalecos de hielo, toallas frías e ingesta de granizados de hielo, tuvieron un mejor rendimiento en comparación con sus mejores marcas de la temporada.
- Estrategias comunes: Las técnicas más utilizadas incluyeron toallas heladas, enfriamiento del cuello y la ingesta de agua fría o hielo. (Cheuvront & Kenefick, 2022; Racinais et al., 2021)

Según el consenso del Comité Olímpico Internacional (COI) su objetivo es ofrecer una guía preventiva y de respuesta médica frente al golpe de calor por esfuerzo (EHS, en inglés). A continuación, se presentan los puntos clave divididos por áreas de responsabilidad:

Los organizadores deben crear un entorno lo más seguro posible mediante una

logística adecuada y monitoreo constante.

Recomendaciones para los atletas y su entorno: El éxito en condiciones de calor depende mucho de la preparación previa:

- Aclimatación al calor: Es la recomendación más importante. Se sugiere un período de 10 a 14 días de entrenamiento en condiciones similares a las de competición para inducir adaptaciones fisiológicas (como sudoración más temprana y mayor volumen plasmático).
- Estrategias de Hidratación: Planificar la hidratación de manera personalizada considerando las tasas de sudoración. Es importante reponer agua y electrolitos (especialmente sodio).
- Enfriamiento (Pre-cooling y Per-cooling): Utilizar chalecos de hielo, toallas húmedas frías o granizados (slushies) antes de la prueba y, si las reglas lo permiten, durante los descansos.
- Vestimenta: Usar ropa técnica de colores claros que facilite la evaporación del sudor y la transpiración.

Recomendaciones para el personal médico: El abordaje médico cambia en condiciones de calor extremo. Se destaca un cambio de paradigma en el tratamiento del golpe de calor por esfuerzo:

- "Enfriar primero, transportar después" (Cool first, transport second): La recomendación principal. Cuando se sospeche de golpe de calor, el enfriamiento debe comenzar inmediatamente en el lugar (preferiblemente mediante inmersión en agua fría) antes de trasladar al paciente al hospital. La supervivencia casi es del 100% si la temperatura corporal baja rápidamente en los primeros 30 minutos.
- Diagnóstico Preciso: Capacitar al personal para medir la temperatura rectal, pues los termómetros de oído, frente o boca no son precisos en ejercicio

intenso.

- Triage en la Meta: Crear puestos de atención inmediata ("heat decks") justo después de la línea de meta para detectar signos de confusión o colapso tempranamente. (Racinais et al., 2023)

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

El presente capítulo detalla la ruta metodológica seguida para el desarrollo de la investigación, fundamentando el alcance y los procedimientos técnicos utilizados para analizar la TS y su impacto en el rendimiento de corredores de 5k y 10k.

2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación se enmarca en un enfoque cualitativo de carácter descriptivo, utilizando como modalidad el diseño de revisión narrativa. Este diseño permite sintetizar y analizar críticamente el cuerpo de conocimiento existente, identificando vacíos en la literatura y comparando distintas metodologías de monitoreo de hidratación.

Contrario a un estudio experimental, no se realiza una manipulación de variables en sujetos reales, sino que se garantiza la consistencia metodológica mediante la estandarización de protocolos de búsqueda y el uso de matrices de extracción de datos, el estudio de corte transversal y retrospectivo, al priorizar evidencia científica publicada predominantemente en el periodo de 2021 a 2026.

2.2. La población y la muestra

En el contexto de revisión narrativa, se realizó el análisis de documentos científicos y artículos de revisión.

Se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

- Herramientas de búsqueda de evidencia científica: PubMed, Scopus, Web of Science, Google Académico, Open Evidence.

- Herramientas de Inteligencia Artificial de búsqueda de evidencia científica: Elicit, Research Rabbit.
- Artículos originales y artículos de revisión sistemática anexas a las bases de datos descritas.
- Población objetiva de estudios revisados: corredores de 5k y 10k.
- Espectro de corredores: Recreativo y competitivo.
- Documentación que contenga y analice temas de: Tasa de Sudoración, y Parámetros de rendimiento.

Criterios de exclusión:

- Estudios centrados únicamente en ultra-resistencia (maratón, ultramaratón) que no brinden datos comparables a la alta intensidad de los 5k y 10k.
- Artículos menores de 5 años como consideración de los pilares fisiológicos.

2.3. Métodos y técnicas

Se aplica la técnica de análisis documental y revisión bibliográfica profunda.

- Estrategia de búsqueda: Se emplearon descriptores de salud (MeSH/DeCS) como: Sweat rate, hydration status, 5k/10k running, cardiac drit, Vo2 peak.
- Instrumento de recolección: Se elaboró una matriz de extracción de datos (tabla 1) que permite categorizar la información bajo indicadores específicos.
 - Indicadores gravimétricos: Cambio de masa corporal total antes y después del ejercicio.
 - Indicadores urinarios: Gravedad Específica de la Orina (USG) y Colorimetría.

- Indicadores de rendimiento: Tiempo de ejecución, velocidad media y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE).

La fiabilidad del proceso se asegura mediante la triangulación de fuentes, contrastando estudios con diferentes metodologías.

2.4. Procesamiento estadístico de la información

El procesamiento de la información se describe en tres fases:

- Búsqueda de evidencia en repositorios científicos digitales.
- Análisis crítico de los hallazgos.
- Contraste de la suficiencia y calidad de la evidencia disponible, determinando si las actuales recomendaciones sobre hidratación responden a las necesidades biológicas del corredor de manera individual.

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

2.1. Análisis e Interpretación de Resultados

El análisis de los resultados obtenidos tras la revisión sistemática de la literatura científica (2021 - 2026) permite estructurar la evidencia en tres dimensiones:

- Precisión de los instrumentos de monitoreo.
- Respuesta psicofisiológica ante el estrés térmico.
- Impacto cinemático en las pruebas de 5k y 10k.

En la gestión de hidratación deportiva, la elección del instrumento determina la capacidad de respuesta del atleta ante el déficit de fluidos. La evidencia sugiere que no existe un método único infalible, si no una sinergia de métodos que optimizan el rendimiento. El monitoreo de la masa corporal se consolida como la herramienta de mayor validez ecológica para el corredor debido a su accesibilidad y bajo costo, este método opera bajo la premisa de que 1 kilogramo de peso equivale a 1 litro de sudor, sin embargo, para que el análisis sea preciso debe considerar las variables de ingesta de líquidos y excreción urinaria.

Tabla 2 Ecuaciones fundamentales para la cuantificación de la Tasa de Sudoración.

Concepto	Formula de calculo	Referencia
TS	$(\text{Peso Perdido} + \text{Líquido Ingerido} - \text{Orina}) / \text{Minutos actividad}$. Peso expresado en kg.	(Palleres et al., 2023)
TSCT	$[\text{Masa corporal antes del ejercicio} - (\text{Masa corporal después del ejercicio} - \text{ingesta de líquidos durante el ejercicio})] / \text{duración del ejercicio}$	(Baker, 2017)
Porcentaje de Deshidratación	$[(\text{Peso antes} - \text{Peso después}) / \text{Peso antes}] \times 100$. Peso expresado en kg.	(Martins Nobrega et al., 2007)

Nota: El peso debe expresarse en Kg y los fluidos en litros.

Tabla 3 Diferencia entre marcadores urinarios.

Características	Gravedad específica de la orina	Osmolaridad de la orina	Escala de color
Abreviaturas	USG	Uosm	Ucol
Definición	Mide la capacidad de concentración renal.	Mide la cantidad de partículas disueltas por cada unidad de agua.	Evalúa la hidratación mediante su color.
Costo	Económico y sensible.	Estándar de laboratorio exacto.	Económico y sensible.
Momento de medición	Pre ejercicio	Pre ejercicio	Pre y Post ejercicio
Valores de referencia	Rango de referencia de 1.005 a 1,030	50 y 1200 mOsmol/kg	Escala visual Armstrong 1-3
Sesgos	Dieta hiperproteica, consumo de electrolitos como sodio.	No se ve afectado por moléculas de gran peso como glucosa y proteínas.	Estandarización en iluminación preferiblemente LED.
Referencias: (Kitiwan et al., 2021; Queremel Milani & Jialal, 2026; Waheed et al., 2022; Wardenaar et al., 2022)			

Nota: A diferencia de la UCOL, que mide la pérdida dinámica, los marcadores urinarios evalúan el estado de hidratación basal o previo a la competencia.

Tabla 4 Análisis comparativo de Tecnologías Wearables.

Características	Vendaje Neuromuscular (Wearable Pasivo)	Parche para sudor Gx (Wearable Activo)
Mecanismo de acción	Elevación de la epidermis para reducir presión intersticial y mejorar el flujo linfático.	Captación de sudor mediante microcanales hacia cámaras reactivas.
Variables que mide	Propiocepción, soporte articular y reducción de fatiga muscular percibida.	TS (L/h) y concentración de sodio (mg/L)
Aplicación en 5k y 10k	Estabilización mecánica y optimización de la economía de carrera.	Prescripción nutricional e hidratación personalizada post – carrera.
Limitaciones	Su eficacia depende de la técnica de aplicación y es subjetiva en rendimiento.	Requiere una tasa mínima de sudoración para activar los reactivos.
Nivel de Evidencia	Moderado (efectos más notables en rehabilitación/dolor)	Alto en validación de pérdida de fluidos frente al pesaje tradicional.
Referencias: (Baker & Wolfe, 2022; Chen et al., 2021; Xuan et al., 2024)		

El análisis interpretativo de la fisiología del corredor de 5k y 10k revela que el principal desafío no es la duración de la prueba si no la intensidad metabólica. En estas distancias, los corredores operan cerca de su VO₂ máx., generando que el 80% de la energía se convierta en calor. La deriva cardiovascular es uno de los hallazgos más críticos en la interpretación de los datos es la relación directa entre la pérdida de fluidos y la inestabilidad hemodinámica. La deshidratación reduce el volumen plasmático, lo que incrementa la viscosidad sanguínea y disminuye el retorno venoso. Como mecanismo compensatorio para mantener el gasto cardíaco ante la caída del volumen sistólico, el corazón incrementa su frecuencia cardíaca.

Figura 1

La interpretación de múltiples estudios de caso confirma un consenso científico: una

pérdida de masa corporal superior al 2% degrada irreversiblemente el rendimiento aeróbico y la eficiencia mecánica. En este punto, el incremento de la osmolaridad

plasmática retrasa la vasodilatación cutánea y la sudoración, provocando que el cuerpo conserve mas calor interno y eleve la temperatura central hacia rangos críticos ($>40^{\circ}\text{C}$).

En razón del impacto en los tiempos de ejecución de las carreras de 5k y 10k.

En 5k la revisión identificó que en condiciones de déficit hídrico, los tiempos de ejecución incrementaron drásticamente. En una muestra analizada, los corredores pasaron de una media de 13,18 minutos euhidratados a 15,51 minutos deshidratados. Esto representa una pérdida de eficiencia ligada a la acidosis metabólica y la dependencia de la velocidad asociada al VO_2 máx en esa distancia.

En la distancia de 10k, donde el rendimiento depende del umbral anaeróbico, la ingesta planificada de líquidos demostró mitigar la pérdida de peso y estabilizar la frecuencia cardiaca, permitiendo mantener ritmos competitivos más estables.

Tabla 5 Impacto de la hipohidratación ($>2\%$) en la eficiencia mecánica.

Distancia	5k	10k	Ambas
Variable de rendimiento	Velocidad media	Eficiencia mecánica / Tiempo total	Percepción del esfuerzo (RPE)
Impacto observado	Reducción del 6% al 15% del ritmo de carrera.	Incremento significativo de fatiga.	Incremento precoz de la sensación de agotamiento.
Factor limitante	Acidosis metabólica y compromiso del VO_2 máx.	Alteración de eficiencia metabólica y termorregulación deficiente.	Deriva cardiovascular e hipovolemia secundaria.
Fuente: (Emén-Sánchez et al., 2017; Hidayatulloh & Gandasari, 2023)			

Interpretación de la evidencia actual.

Tabla 6 Análisis de la Brecha en la Evidencia sobre Hidratación y Rendimiento (5k – 10k)

Factor De Análisis	Hallazgo / Brecha Identificada	Implicación Fisiológica	Relevancia en Nutrición Deportiva.
--------------------	--------------------------------	-------------------------	------------------------------------

Riesgo Metabólico	Subestimación del estrés hídrico	Alta demanda térmica interna	Necesidad de protocolos de
------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

	debido a la brevedad de la prueba (5k y 10k).	que compensa la corta duración, provocando estrés térmico agudo.	prehidratación mas agresivos que en distancias largas.
Estrategia De Ingesta	Insuficiencia de la hidratación ad libitum (por sed) ante alta intensidad.	Aparición de la sed post-inicio de la deriva cardiovascular y déficit del 1-2% de masa corporal.	Transición hacia una hidratación planificada para evitar pérdida de velocidad.
Determinantes Morfológicos	Ventaja termorreguladora según reglas biológicas (Bergmann y Allen).	Mayor disipación de calor por vías no evaporativas en sujetos con extremidades largas o menor masa.	Personalización de la TS según el somatotipo y volumen muscular del atleta.

La evidencia recopilada demuestra que las pautas nutricionales vigentes, diseñadas mayoritariamente para ultraresistencia, fallan al no contemplar la intensidad metabólica como el principal motor del estrés hídrico en distancias cortas. Mientras que en un maratón el riesgo es la deshidratación crónica, en 5k y 10k el desafío es la limitación del flujo sanguíneo muscular debido a una termorregulación forzada por la alta velocidad, lo que exige una reevaluación de las estrategias de reposición hídrica en este espectro competitivo.

CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones

2.1. Discusión

El análisis de la literatura científica reciente (2021-2026) confirma la hipótesis: ajustar la estrategia de hidratación según la TS es esencial para el rendimiento en corredores de 5k y 10k. Contrario a la creencia popular que minimiza la importancia de la hidratación en carreras cortas por su menor duración, los estudios muestran que la alta intensidad metabólica en estas pruebas (cercana al VO₂ máx) provoca un estrés térmico agudo que requiere una disipación rápida del calor a través del sudor.

En respuesta al primer objetivo específico, se encontró que el método gravimétrico (que mide el cambio de masa corporal) sigue siendo la herramienta más válida para el medio ambiente y fácil de usar para el corredor. Sin embargo, la discusión técnica señala que la TS por sí sola solo muestra una 'pérdida dinámica', por lo que es recomendable complementar con otros marcadores del estado basal, como la Gravedad Específica de la Orina (USG) o la osmolaridad. La llegada de tecnologías como el parche de sudor GX y los dispositivos microfluídicos portátiles representan un cambio importante, ya que permiten no solo medir el volumen de pérdida, sino también detectar en tiempo real la pérdida de electrolitos (como el sodio), ayudando a prevenir riesgos de hiponatremia o deshidratación severa.

El segundo objetivo nos llevó a explorar cómo la TS afecta nuestro rendimiento. La evidencia nos muestra claramente que perder más del 2% de masa corporal puede disminuir de manera irreversible la eficiencia de nuestro cuerpo. Además, por cada 1% de peso que perdemos, nuestra frecuencia cardíaca puede aumentar entre 6 y 10 latidos por minuto, un fenómeno conocido como deriva cardiovascular. Esta inestabilidad en nuestro sistema circulatorio, junto con un aumento en la viscosidad de la sangre, puede dificultar el transporte de oxígeno a los músculos. Por eso, en carreras de 5k, los tiempos de carrera pueden llegar a aumentar de 13,18 a 15,51 minutos cuando estamos en un déficit hídrico.

Finalmente, se aborda la insuficiencia de la hidratación ad libitum (por sed). La sed es un mecanismo retrasado que surge cuando ya hay un déficit del 1-2%, justo cuando el rendimiento empieza a disminuir. La evidencia indica que en condiciones cálidas o de alta intensidad, el corredor debería optar por una hidratación planificada que mantenga el peso corporal dentro de un margen de $\pm 2\%$. Existe una brecha importante: las guías actuales suelen enfocarse en la ultra-resistencia, sin considerar

que en 5k y 10k, el principal desafío es la limitación del flujo sanguíneo muscular por la termorregulación a altas velocidades.

2.2. Conclusiones

1. La validación de la TS como predictor concluye que esta representa un indicador preciso y esencial para anticipar el deterioro del rendimiento en corredores de 5k y 10k. Un déficit hídrico que exceda el 2% de la masa corporal no solo aumenta la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), sino que también disminuye el ritmo de carrera entre un 6% y un 15%, debido a la inestabilidad cardiovascular y metabólica.
2. Eficacia de los métodos de monitoreo: el monitoreo gravimétrico (peso antes y después del ejercicio) se confirma como el método más práctico y económico para personalizar la hidratación en el campo. Sin embargo, incorporar el principio WUT (Weight, Urine, Thirst) o ofrece una validación más sólida del estado de hidratación real, especialmente al combinarse con tecnologías emergentes en microfluídica que analizan la composición del sudor.
3. Impacto Diferenciado por Distancia: Mientras que en los 5k, el rendimiento se ve afectado por la dependencia de la velocidad asociada al VO₂ máx y la acidosis, en los 10k, la hidratación planificada es fundamental para estabilizar la frecuencia cardíaca y mantener la eficiencia metabólica vinculada al umbral anaeróbico.
4. La necesidad de un cambio de paradigma en la nutrición deportiva se sostiene en que la investigación indica que la brevedad de las pruebas de 5k y 10k no garantiza la "neutralidad hídrica". La elevada demanda térmica interna compensa la duración limitada, lo que requiere la implementación de protocolos de pre-hidratación y reposición más agresivos y personalizados, los cuales

deben considerar factores morfológicos como el somatotipo y la relación superficie-volumen del atleta.

2.3. Recomendaciones

1. Se recomienda que entrenadores y nutricionistas deportivos personalicen sus recomendaciones, dejando atrás las sugerencias generales sobre ingesta de líquidos. Es muy importante calcular la TS individual de los atletas; de esta manera, podrán crear planes de hidratación adecuados que ayuden a prevenir pérdidas de peso superiores al 2% de la masa corporal, cuidando siempre del bienestar de los atletas.
2. La educación en el Marcador WUT busca empoderar tanto a corredores recreativos como a los más competitivos, enseñándoles a usar el monitoreo WUT (Peso, Orina, Sed) como una sencilla herramienta de autodiagnóstico que pueden usar cada día. Esto les ayuda a reconocer si están en un estado de hipohidratación antes de empezar a correr, promoviendo un enfoque más cuidadoso y consciente de su bienestar.
3. El uso de Tecnologías de Enfriamiento llevados a cabo bajo condiciones de estrés térmico, se recomienda la utilización combinada de métodos de pre-enfriamiento (como granizados de hielo y chalecos) y de enfriamiento durante la actividad para reducir el incremento de la temperatura corporal central y retrasar la deriva cardiovascular.
4. Estudios Futuros y Limitaciones:
 - Fisiología femenina: Es importante promover investigaciones específicas en mujeres, ya que las tecnologías de monitoreo actuales tienen limitaciones en su diseño (principalmente enfocadas en urinarios masculinos) y las tasas de sudoración en las mujeres varían por diferencias biológicas.

- Contexto regional: Es fundamental recopilar más evidencia en regiones de altitud y climas tropicales en Latinoamérica, para validar métodos económicos que tengan en cuenta las realidades socioeconómicas de los atletas locales.
 - Morfología: Es interesante profundizar en cómo las reglas de Bergmann y Allen (que relacionan la longitud de extremidades y la masa corporal) afectan la eficiencia de la termorregulación en cada individuo, con el fin de ajustar las tasas de sudoración teóricas.
5. Limitaciones del Estudio: Esta revisión narrativa presenta algunas restricciones, como la variedad en los protocolos utilizados en los estudios analizados y la falta de datos específicos que relacionen directamente la TS con el rendimiento en distancias de 5k en comparación con maratones. Sin embargo, esto nos ayuda a entender mejor el panorama y a identificar áreas para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelnour, M., Berkachy, R., Nasreddine, L., & Fares, E.-J. (2024). Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) for Assessment of Hydration Status: A Comparison between Endurance and Strength University Athletes. *Sensors*, 24(18), 6024. <https://doi.org/10.3390/s24186024>
- Alvero-Cruz, J. R., Carnero, E. A., García, M. A. G., Alacid, F., Correias-Gómez, L., Rosemann, T., Nikolaidis, P. T., & Knechtle, B. (2020). Predictive Performance Models in Long-Distance Runners: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8289. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218289>
- Andrade, M. T., Nunes-Leite, M. M. S., Bruzzi, R. S., Souza, C. H., Uendele-Pinto, J. P., Prado, L. S., Soares, D. D., Gonçalves, D. A. P., Coimbra, C. C., & Wanner,

- S. P. (2023). Predicting the body core temperature of recreational athletes at the end of a 10 km self-paced run under environmental heat stress. *Experimental Physiology*, 108(6), 852-864. <https://doi.org/10.1113/EP091017>
- Armstrong, L. E. (2021). Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods. *Nutrients*, 13(3), 887. <https://doi.org/10.3390/nu13030887>
- Baker, L. B. (2017). Sweating Rate and Sweat Sodium Concentration in Athletes: A Review of Methodology and Intra/Interindividual Variability. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 111-128. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0691-5>
- Baker, L. B., & Wolfe, A. S. (2022). Gx SWEAT PATCH AND APP FOR PERSONALIZED HYDRATION. Gatorade Sports Science Institute. <https://www.gssiweb.org/sports-science-exchange/article>
- Barley, O. R., Chapman, D. W., & Abbiss, C. R. (2020). Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17, 52. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00381-6>
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: Measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0007-y>
- Bender, B. F., Johnson, N. J., Berry, J. A., Frazier, K. M., & Bender, M. B. (2022). Automated Urinal-Based Specific Gravity Measurement Device for Real-Time Hydration Monitoring in Male Athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.921418>
- Billat, L. V., & Koralsztejn, J. P. (1996). Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, 22(2), 90-108. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622020-00004>

- Bravo, D. P. (2024). Métodos para la evaluación del estado de hidratación en ejercicio y deporte. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte*, 69(1), 35-46.
<https://doi.org/10.59856/arch.soc.chil.med.deporte.v69i1.84>
- Chen, Y.-S., Zhou, S., Crowley-McHattan, Z. J., Bezerra, P., Tseng, W.-C., Chen, C.-H., & Ye, X. (2021). Acute Effects of Kinesiology Taping Stretch Tensions on Soleus and Gastrocnemius H-Reflex Modulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4411.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18094411>
- Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2022). Personalized Hydration Requirements of Runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 32(4), 233-237. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2022-0001>
- Costa, I. A. (2022). *Preparacion fisica para el fitness y el deporte de rendimiento: Una mirada revisionista*. Universidad FASTA.
https://www.academia.edu/93870517/Preparacion_fisica_para_el_fitness_y_el_deporte_de_rendimiento_Una_mirada_revisionista
- Coull, N. A., West, A. M., Hodder, S. G., Wheeler, P., & Havenith, G. (2021). Body mapping of regional sweat distribution in young and older males. *European Journal of Applied Physiology*, 121(1), 109-125.
<https://doi.org/10.1007/s00421-020-04503-5>
- Coyle, E. F., & González-Alonso, J. (2001). Cardiovascular drift during prolonged exercise: New perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(2), 88-92. <https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00009>
- Cramer, M. N., Gagnon, D., Laitano, O., & Crandall, C. G. (2022). Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury.

Dupertuis, Y. M., Jimaja, W., Levoy, C. B., & Genton, L. (2025). Bioelectrical impedance analysis instruments: How do they differ, what do we need for clinical assessment? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 28(5), 379. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000001142>

Emén-Sánchez, J. P., Borja-Santillán, M. A., Montenegro-Morán, E. E., & Ruiz-Ortega, M. G. (2017). Valoración del rendimiento deportivo en prueba continua de 10 km, en corredores amateurs de Madrid, entre normohidratación e hiperhidratación. *Dominio de Las Ciencias*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Valoraci%C3%B3n-del-rendimiento-deportivo-en-prueba-de-e-Em%C3%A9n-S%C3%A1nchez-Borja-Santill%C3%A1n/7c6ae86dfdd269427cba7347ad63305b1b0f8dad>

Esta ha sido la evolución de las carreras de running en Quito. (2025, diciembre 11). Primicias.

<https://www.primicias.ec/deportes/mas-deportes/evolucion-carreras-running-quito-111596/>

Eston, R. (2012). Use of Ratings of Perceived Exertion in Sports. *International journal of sports physiology and performance*, 7, 175-182. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.175>

Francisco, R., Armstrong, L. E., & Silva, A. M. (2026). Recommendations for Optimizing Research Regarding the Effects of Dehydration on Athletic Performance. *Sports Medicine*, 56(1), 23-34. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02310-6>

Francisco, R., Jesus, F., Vincenzo, O. D., Nunes, C. L., Alvim, M., Sardinha, L. B., Mendonca, G. V., Lukaski, H., & Silva, A. M. (2024). Assessment of exercise-induced dehydration in underhydrated athletes: Which method shows the most promise? *Clinical Nutrition*, 43(9),

- García Guerrero, S. (2017). *Estudio comparativo de la práctica de actividades físico-deportivas en los espacios urbanos entre universitarios italianos y españoles* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad Pablo de Olavide]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=157463>
- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 11(1), 24-36.
- González-Mohíno, F., Jimenez, F., Juárez Santos-García, D., Barragán, R., Yustres Amores, I., & Gonzalez Rave, J. M. (2018). Economía de carrera y rendimiento. Esfuerzos de alta y baja intensidad en el entrenamiento y calentamiento. Revisión Bibliográfica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 35.
- Hall, W. J. (2007). Exercise. En *Practice of Geriatrics* (pp. 159-167). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-2261-9.50017-3>
- Hidayatulloh, K., & Gandasari, M. F. (2023). Dampak Kehilangan Cairan Terhadap Aktivitas lari 5 Putaran Sebelum dan Sesudah Dehidrasi. *Journal of SPORT (Sport, Physical Education, Organization, Recreation, and Training)*, 7(3), 661-672. <https://doi.org/10.37058/sport.v7i3.8828>
- Jay, O., Périard, J. D., Clark, B., Hunt, L., Ren, H., Suh, H., Gonzalez, R. R., & Sawka, M. N. (2024). Whole body sweat rate prediction: Outdoor running and cycling exercise. *Journal of Applied Physiology*, 136(6), 1478-1487. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00831.2023>
- Kenefick, R. W. (2018). Drinking Strategies: Planned Drinking Versus Drinking to Thirst. *Sports Medicine*, 48(1), 31-37. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0844-6>
- Kitiwan, B. K., Vasunilashorn, S. M., Baer, H. J., Mukamal, K., & Juraschek, S. P. (2021). The association of urine osmolality with decreased kidney function

- and/or albuminuria in the United States. *BMC Nephrology*, 22, 306.
<https://doi.org/10.1186/s12882-021-02478-9>
- Laiz, M., & Sagasta, C. O. (2023). Análisis del estado de hidratación de atletas de diferentes disciplinas deportivas previo al inicio del entrenamiento. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte*, 68(2), 14-22.
<https://doi.org/10.59856/arch.soc.chil.med.deporte.v68i2.75>
- Larkins, M. C., Zubair, M., & Thombare, A. (2026). Osmometer. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK589659/>
- Li, Q., Gao, M., Sun, X., Wang, X., Chu, D., Cheng, W., Xi, Y., & Lu, Y. (2025). All-in-one self-powered wearable biosensors systems. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 163, 100934.
<https://doi.org/10.1016/j.mser.2025.100934>
- Longman, D. P., Murray, A., Roberts, R., Oakley, S., Wells, J. C. K., & Stock, J. T. (2021). Energetics as a driver of human morphological thermal adaptation; evidence from female ultra-endurance athletes. *Evolutionary Human Sciences*, 3, e22. <https://doi.org/10.1017/ehs.2021.17>
- Louden, J. D. (2009). Regulation of fluid and electrolyte balance. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine, Renal*, 10(6), 279-285.
<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2009.04.001>
- Marriott, B. M., & Research, I. of M. (US) C. on M. N. (1994). Changes in Plasma Volume During Heat Exposure in Young and Older Men. En *Fluid Replacement and Heat Stress*. National Academies Press (US).
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231117/>
- Martins Nobrega, M., Tumiski, J. A., Jorge, K., Worms, R. H., Mendes Rosa, W., Bohn Zanoni, J. H., & Coppi Navarro, A. (2007). A desidratação corporal de atletas

- amadores de futsal. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)*, 1(5), 4.
- Matias, A. A., Albin, I. F., Glickman, L., Califano, P. A., Faller, J. M., Layec, G., & Ives, S. J. (2023). Impact of high intensity interval exercise with and without heat stress on cardiovascular and aerobic performance: A pilot study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00682-8>
- McQueen, A., Klaassen, M., Tattersall, G. J., Atkinson, R., Jessop, R., Hassell, C. J., Christie, M., & Symonds, M. R. E. (2022). Thermal adaptation best explains Bergmann's and Allen's Rules across ecologically diverse shorebirds. *Nature Communications*, 13, 4727. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32108-3>
- Millard-Stafford, M. L., Brown, M. B., & Wittbrodt, M. T. (2025). Perspectives on enhancing human performance in the heat: Is the solution to simply "just add water"? *Sports Medicine and Health Science*, 7(5), 317-328. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2024.12.001>
- Mitchell, D., Maloney, S. K., Snelling, E. P., Hetem, R. S., & Fuller, A. (2025). Revisiting Concepts of Thermal Physiology: Understanding Feedback and Feedforward Control, and Local Temperature Regulation. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 241(7), e70063. <https://doi.org/10.1111/apha.70063>
- Niculescu, A.-G., Chircov, C., Bîrcă, A. C., & Grumezescu, A. M. (2021). Fabrication and Applications of Microfluidic Devices: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 2011. <https://doi.org/10.3390/ijms22042011>
- Olivier, G. (1993). *La ecología humana*. Publicaciones Cruz O., S.A.
- Palleres, X. R., Bustamante, L. L., & Bascuñán, V. C. (2023). *Nivel de hidratación y composición corporal en tenistas adolescentes chilenos*.

- Papaoikonomou, G., Kandyliari, A., Vlassopoulos, A., Malisova, O., & Koutelidakis, A. E. (2025). Hydration Status, Dietary Habits, and Functional Food Consumption Preferences of Football Athletes: A Cross-Sectional Pilot Study. *Nutrients*, 17(6), 1078. <https://doi.org/10.3390/nu17061078>
- Pence, J., Davis, A., Allen-Gregory, E., & Bloomer, R. J. (2025). Hydration Strategies in Older Adults. *Nutrients*, 17(14), 2256. <https://doi.org/10.3390/nu17142256>
- Périard, J. D., Eijsvogels, T., Daanen, H. A. M., & Racinais, S. (2021). *Hydration for the Tokyo Olympics: To thirst or not to thirst?* <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102803>
- Périard, J. D., Eijsvogels, T. M. H., & Daanen, H. A. M. (2021). Exercise under heat stress: Thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*, 101(4), 1873-1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>
- Ponce, L. H., García, M. S. C., Cortés, T. L. F., Unzaga, M. A. G., & Polo, A. O. (2021). Nutrición e hidratación en el deportista, su impacto en el rendimiento deportivo. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(18), 141-152. <https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18.6366>
- Quaresma, M. V. L. dos S., Trindade, M. C. de C., Oliveira, E. P. de, Dáttilo, M., Pimentel, G. D., Barros, A. R. Z. de, Barrella, A. B., Mendes, R. R., Campanholi, R. A., Alvarenga, M. L., Braggion, G. F., Longo, S., Santos, K. G. M. dos, Melo, C. M. de, Gonçalves, L. de S., Juzwiak, C. R., Joaquim, D. P., Gonçalves, D. C., Marins, J. C. B., ... Santos, T. R. dos. (2025). CLINICAL PRACTICE GUIDELINES FOR SPORTS NUTRITION: BRAZILIAN SPORTS NUTRITION ASSOCIATION. *Journal of Physical Education*, 36, e3605.

- Queremel Milani, D. A., & Jialal, I. (2026). Urinalysis. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557685/>
- Racinais, S., Hosokawa, Y., Akama, T., Bermon, S., Bigard, X., Casa, D. J., Grundstein, A., Jay, O., Massey, A., Migliorini, S., Mountjoy, M., Nikolic, N., Pitsiladis, Y. P., Schobersberger, W., Steinacker, J. M., Yamasawa, F., Zideman, D. A., Engebretsen, L., & Budgett, R. (2023). IOC consensus statement on recommendations and regulations for sport events in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, 57(1), 8-25.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105942>
- Racinais, S., Ihsan, M., Taylor, L., Cardinale, M., Adami, P. E., Alonso, J. M., Bouscaren, N., Buitrago, S., Esh, C. J., Gomez-Ezeiza, J., Garrandes, F., Havenith, G., Labidi, M., Lange, G., Lloyd, A., Moussay, S., Mtibaa, K., Townsend, N., Wilson, M. G., & Bermon, S. (2021). Hydration and cooling in elite athletes: Relationship with performance, body mass loss and body temperatures during the Doha 2019 IAAF World Athletics Championships. *British Journal of Sports Medicine*, 55(23), 1335-1341.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103613>
- Sims, I., Ryding, S., McQueen, A., & Symonds, M. R. E. (2026). Spatial trends in morphology do not predict species' responses to climatic warming in Australian birds. *Evolutionary Ecology*, 40(2), 16.
<https://doi.org/10.1007/s10682-026-10382-7>
- Smith, J. W., Bello, M. L., & Price, F. G. (2021). A Case-Series Observation of Sweat Rate Variability in Endurance-Trained Athletes. *Nutrients*, 13(6), 1807.
<https://doi.org/10.3390/nu13061807>

- Souza, K. M. de. (2011). *Variáveis fisiológicas e neuromusculares associadas com a performance aeróbia em corredores de endurance: Efeitos da distância da prova.*
- Surapongchai, J., Saengsirisuwan, V., Rollo, I., Randell, R. K., Nithitsuttibuta, K., Sainiyom, P., Leow, C. H. W., & Lee, J. K. W. (2021). Hydration Status, Fluid Intake, Sweat Rate, and Sweat Sodium Concentration in Recreational Tropical Native Runners. *Nutrients*, 13(4), 1374. <https://doi.org/10.3390/nu13041374>
- Taylor, K., & Tripathi, A. K. (2026). Adult Dehydration. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555956/>
- Waheed, W., Khan, F., Naud, S., Kasarskis, E., Matthews, D., & Tandan, R. (2022). Urine specific gravity to identify and predict hydration need in ALS. *Amyotrophic lateral sclerosis & frontotemporal degeneration*, 23(5-6), 407-414. <https://doi.org/10.1080/21678421.2021.2013894>
- Wardenaar, F., Armistead, S., Boeckman, K., Butterick, B., Youssefi, D., Thompsett, D., & Vento, K. (2022). Validity of Urine Color Scoring Using Different Light Conditions and Scoring Techniques to Assess Urine Concentration. *Journal of Athletic Training*, 57(2), 191-198. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0389.21>
- Wilson, P. B., Ferguson, B. K., & Winter, I. P. (2025). Time of urine sampling may influence the association between urine specific gravity and body composition. *PLOS One*, 20(9), e0333479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0333479>
- Wingo, J. E., Ganio, M. S., & Cureton, K. J. (2012). Cardiovascular drift during heat stress: Implications for exercise prescription. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(2), 88-94. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31824c43af>

Demonstration of a Validated Direct Current Wearable Device for Monitoring

Sweat Rate in Sports. *Sensors*, 24(22), 7243.
<https://doi.org/10.3390/s24227243>