



HIDRATACIÓN EN MUJERES FÍSICAMENTE ACTIVAS

Lindsay B. Baker, PhD

Gatorade Sports Science Institute, Valhalla, NY

PUNTOS CLAVE

- Las mujeres tienen menor tasa de sudoración de todo el cuerpo (TSTC) y concentraciones de sodio en el sudor como población que los hombres, pero en la mayoría de los ambientes estas diferencias se atribuyen a cargas de trabajo absolutas más bajas. Durante la fase lútea, hay un aumento en el umbral de temperatura corporal central para el inicio de la sudoración, pero no hay diferencias en la TSTC a través de las fases del ciclo menstrual.
- La hipohidratación significativa antes y durante el ejercicio es menos común en las mujeres que en los hombres. La hiponatremia asociada al ejercicio es más común en las mujeres, pero se atribuye más al comportamiento de consumo de líquido, al tamaño corporal más pequeño y a los tiempos de carrera más largos, que al sexo *per se*.
- Durante la fase lútea, el estrógeno disminuye el umbral osmótico para la sed y la liberación de vasopresina y progesterona puede aumentar la producción de aldosterona. Sin embargo, la fase del ciclo menstrual parece no tener ningún impacto en la rehidratación *ad libitum*, el balance total de líquidos o la retención de líquidos en reposo y durante el ejercicio.
- Las mujeres muestran respuestas fisiológicas similares a la deshidratación durante el estrés por calor-ejercicio en comparación con los hombres cuando se emparejan según la condición física, la aclimatación por calor y el porcentaje de grasa corporal.
- La hipohidratación ($\geq 2\%$ de pérdida de masa corporal), puede afectar negativamente la habilidad en deportes de equipo, el rendimiento cognitivo y de resistencia en las mujeres como lo hace en los hombres, aunque se han realizado menos estudios con mujeres atletas.

INTRODUCCIÓN

Se ha llevado a cabo una cantidad significativa de investigación para entender la regulación del agua corporal y los efectos de la hipohidratación en la termorregulación, la función cardiovascular y el rendimiento durante el ejercicio en el calor. Sin embargo, las mujeres han estado sub-representadas en la investigación sobre hidratación, representando menos del 30% de los sujetos examinados en estudios recientes (Nuccio et al., 2017). Sobre la base de las publicaciones científicas existentes, se recomienda que las estrategias de reposición de líquidos se personalicen por tasas de sudoración y condiciones de ejercicio individuales, con el objetivo de prevenir una pérdida de masa corporal (PMC) $\geq 2\%$ para mantener el rendimiento (McDermott et al., 2017). Sin embargo, no está claro si se deben hacer consideraciones adicionales para el sexo femenino al desarrollar un plan personalizado de reposición de líquidos.

El propósito de este artículo de Sports Science Exchange (SSE) es proporcionar una revisión narrativa de los estudios de hidratación realizados en mujeres y sugerir dónde se pueden necesitar futuras investigaciones. Se discutirán los posibles efectos de la fase del ciclo menstrual, así como las diferencias entre hombres y mujeres, al tiempo que se distingue entre las diferencias de población y las verdaderas diferencias entre sexos. Esta revisión incluirá pérdida de líquidos (tasa de sudoración y composición del sudor), rehidratación (consumo de líquidos, absorción y retención), y los efectos fisiológicos/de rendimiento de la hipohidratación durante el ejercicio. El principal foco aquí es acerca de sujetos adultos del sexo femenino (mujeres) con ciclos menstruales normales. Hay una investigación limitada sobre la hidratación con respecto al uso de anticonceptivos hormonales o las irregularidades del ciclo menstrual.

FISIOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUJER

En promedio, las mujeres tienen un tamaño corporal más pequeño y un mayor porcentaje de grasa corporal que los hombres. Debido

a que el tejido adiposo tiene un menor porcentaje de agua (~10%) que la masa libre de grasa (~74%), el agua corporal constituye un porcentaje general más bajo de la masa de una mujer (Visser et al., 1997). Por lo tanto, la pérdida de agua por sudoración representa un porcentaje ligeramente mayor de la pérdida de agua corporal en las mujeres que en los hombres (**Tabla 1**). Como población, las mujeres también tienen capacidades aeróbicas más bajas y un estado de aclimatación al calor más deficiente, los cuales influyen en la pérdida de sudor termorregulador y otras respuestas fisiológicas al estrés por calor-ejercicio (Kenney, 1985). Por lo tanto, es importante tener en cuenta la condición física y la aclimatación al calor al interpretar los resultados de estudios que comparan las respuestas de hombres y mujeres al estrés por calor e hipohidratación.

	Hombre 75 kg, 10% GC	Mujer 55 kg, 25% GC
ACT (L)	49.75	30.40
ACT (L) después de 2% PMC por sudoración	48.25	29.30
Porcentaje de cambio en ACT con 2% PMC	-3.0%	-3.6%





ACT, agua corporal total (estimada como 0.737 de la masa libre de grasa); GC, grasa corporal; PMC, pérdida de masa corporal

Tabla 1: Ejemplo de cálculos para ilustrar que un porcentaje dado de pérdida de masa corporal por sudoración representa un porcentaje ligeramente mayor del agua corporal total en las mujeres que en los hombres debido a las diferencias en la composición corporal.

Las fluctuaciones en las concentraciones de hormonas reproductivas femeninas ocurren a lo largo del ciclo menstrual e influyen en ciertos aspectos de la regulación de la temperatura corporal. Por ejemplo, las mujeres tienen un aumento de la temperatura corporal en reposo y durante el ejercicio en la fase media lútea en comparación con la fase folicular temprana (Stephenson & Kolka, 1985). El aumento de la temperatura central del cuerpo está probablemente mediada por concentraciones más altas de progesterona en la fase lútea, lo que aumenta el punto de referencia para los mecanismos de disipación de calor. Esto significa que las respuestas cutáneas vasodilatadoras y de sudoración se inician $\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ más altas en comparación con la fase folicular temprana (Kolka & Stephenson, 1997).

También hay algunos efectos mediados por hormonas en la regulación del agua corporal y los electrolitos. Durante la fase lútea,

el estrógeno puede disminuir el umbral osmótico para la sed y la liberación de vasopresina (Stachenfeld et al., 1999) y la progesterona puede aumentar la producción de aldosterona (Quinkler et al., 2002). Si bien hay efectos claros de las hormonas sexuales femeninas en la temperatura corporal y la regulación de líquidos, no necesariamente se traducen en diferencias significativas en la pérdida total de sudor o el equilibrio de líquidos/electrolitos entre hombres y mujeres, o a través del ciclo menstrual. Las secciones restantes de este SSE revisarán los estudios disponibles que investigan las pérdidas del sudor, la composición del sudor, la rehidratación, y los efectos fisiológicos/de rendimiento de la hipohidratación en mujeres. Los resultados se resumen en la **Figura 1**.

	Diferencias entre sexos	Efectos del ciclo menstrual
 <p>Tasa de sudoración</p>	<p>Las mujeres tienen una menor capacidad de sudoración máxima (es decir, con cargas de trabajo muy altas y ambientes secos y calientes). De lo contrario, las tasas de sudoración más bajas observadas en las mujeres generalmente se pueden atribuir a una menor masa corporal y menores cargas absolutas de trabajo.</p> <p>Las mujeres tienen menor producción por glándula y mayor densidad de GSAC. Esto se traduce en una mayor eficiencia de sudoración, que puede conducir a menos sudor desperdiciado (goteo) en ambientes húmedos.</p>	<p>Durante la fase lútea hay un aumento en el umbral (punto de ajuste de la T_c) para el inicio de la sudoración y/o disminución de la sensibilidad a la sudoración. Sin embargo, no hay diferencias en la TSTC durante el ejercicio a través de las fases del ciclo menstrual.</p>
<p>Composición del sudor</p>	<p>Las mujeres tienden a tener menos $[\text{Na}^+]$ y $[\text{Cl}^-]$ en sudor como población, pero no hay diferencias cuando se tiene en cuenta la carga de trabajo absoluta y/o la tasa de sudoración.</p>	<p>Ninguno</p>
 <p>Consumo de líquido</p>	<p>La hipohidratación significativa antes y durante el ejercicio es menos común en las mujeres. La HAE es más común en las mujeres, pero está más relacionada con el comportamiento de beber, el tamaño corporal más pequeño y los tiempos de carrera más largos, que con el sexo <i>per se</i>.</p>	<p>El umbral osmótico más bajo para la sed ocurre en la fase lútea, pero la fase del ciclo menstrual no parece afectar el balance general de líquidos.</p>
<p>Retención de líquido</p>	<p>Ninguno</p>	<p>Durante la fase lútea el estrógeno puede disminuir el umbral osmótico para la liberación de AVP y la progesterona puede aumentar la producción de aldosterona, pero no hay efecto de la fase del ciclo menstrual en la retención de líquidos en reposo y durante el ejercicio.</p>
 <p>Respuestas fisiológicas a la deshidratación</p>	<p>Las mujeres suelen tener un mayor % de grasa corporal y, por lo tanto, un menor % de agua corporal. El agua perdida en el sudor puede representar un mayor % del volumen total de plasma. Sin embargo, las mujeres exhiben respuestas fisiológicas similares (por ejemplo, FC y T_c) a la deshidratación durante el estrés por ejercicio en el calor en comparación con los hombres cuando se emparejan por la condición física, la aclimatación al calor y el % de grasa corporal.</p>	<p>Ninguno</p>
 <p>Rendimiento y cognición</p>	<p>La hipohidratación puede afectar negativamente la habilidad en deportes de equipo, el rendimiento cognitivo y de resistencia en las mujeres como lo hace en los hombres (es decir, cuando la PMC es $> 2\%$). Algunos estudios sugieren que las mujeres pueden ser más susceptibles a las disminuciones relacionadas con la deshidratación en el rendimiento cognitivo, pero se necesita más investigación.</p>	<p>ND</p>

AVP, arginina-vasopresina; PMC, pérdida de masa corporal; HAE, hiponatremia asociada al ejercicio; FC, frecuencia cardíaca; T_c , temperatura corporal central; Na, sodio; Cl, cloruro; GSAC, glándula sudorípara activada por el calor; TSTC, tasa de sudoración de todo el cuerpo; ND, no hay suficiente información disponible.

Figura 1: Resumen de la bibliografía que investiga el efecto del sexo y la fase del ciclo menstrual en los resultados relacionados con la hidratación. Ver el texto para referencias de apoyo.

PÉRDIDA DE LÍQUIDO

Densidad de las glándulas ecrinas y distribución regional del sudor

Durante el ejercicio, el calor es producido por los músculos que se contraen como un subproducto del metabolismo. La evaporación del sudor es la principal vía de pérdida de calor para mantener el equilibrio térmico durante el ejercicio. La tasa de sudoración de todo el cuerpo (TSTC) es un producto de la densidad de las glándulas sudoríparas ecrinas activas y la tasa de secreción por glándula en respuesta a estímulos térmicos. La densidad de las glándulas sudoríparas es generalmente mayor en las mujeres que en los hombres (debido en parte a la superficie inferior del cuerpo). Sin embargo, la distribución de las glándulas sudoríparas en las mujeres tiene un patrón similar al encontrado en los hombres, con la espalda teniendo la densidad más alta y el pecho el más bajo (Bar-Or et al., 1968).

Con respecto a las tasas de sudoración por región, los hombres y las mujeres tienen regiones de sudoración 'altas' y 'bajas' similares, con las tasas más altas en la espalda y las tasas más bajas en las extremidades (Baker et al., 2018). Sin embargo, hay ligeras diferencias entre los sexos en el patrón general de distribución del sudor. Por ejemplo, un estudio encontró que los hombres tenían una mayor distribución del sudor hacia el torso, mientras que, en las mujeres, los brazos, las manos y los pies contribuyeron relativamente más a la pérdida total de sudor (Smith & Havenith, 2012).

Curiosamente, las mujeres pueden usar un mayor porcentaje de sus glándulas sudoríparas mientras excretan menos sudor por glándula. Esta mayor eficiencia de sudoración puede reducir la cantidad de "sudor desperdiciado", es decir, el sudor que gotea de la piel y por lo tanto no contribuye al enfriamiento por evaporación del cuerpo. Desde una perspectiva de hidratación, menos sudor desperdiciado puede ser una ventaja para las mujeres en ambientes cálidos y húmedos, donde el goteo del sudor es más probable que ocurra debido a un gradiente de presión de vapor reducido para la evaporación. Al tener una tasa de sudoración más baja en condiciones de calor húmedo, las mujeres pierden menos líquido y limitan la hipohidratación, mientras que los hombres pueden gotear más sudor de sus cuerpos y deshidratarse más (Avellini et al., 1980; Shapiro et al., 1980).

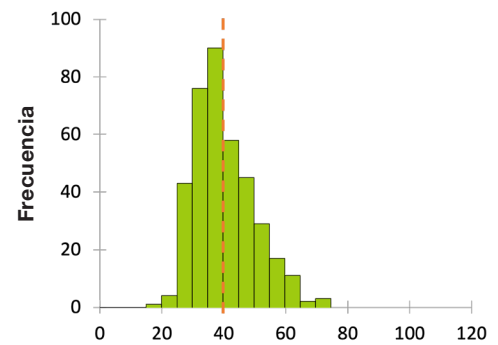
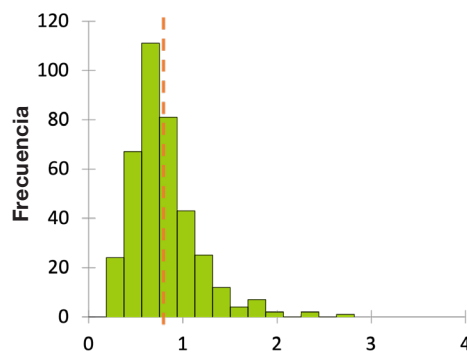
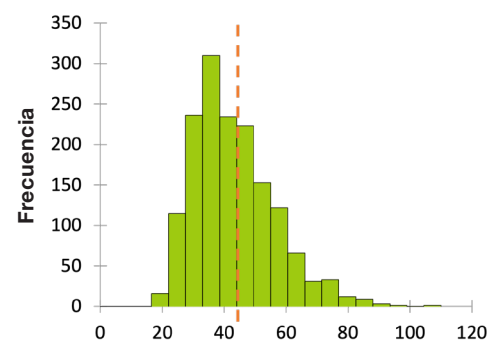
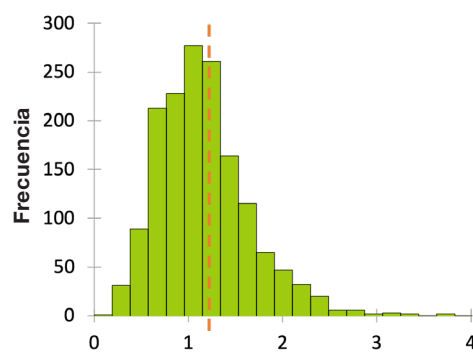
Tasa de sudoración

A menudo se informa de que los hombres presentan tasas de sudoración más altas que las mujeres. Sin embargo, en los estudios que investigan el efecto del sexo en las pérdidas de sudor durante el ejercicio se ha confundido a menudo por la intensidad del ejercicio prescrita para comparar grupos. La TSTC más alta observada en los hombres (por ejemplo, en estudios transversales) generalmente se puede atribuir a mayor masa corporal e intensidades absolutas de ejercicio (Sawka et al., 2007; Smith & Havenith, 2012). Estos factores aumentan la producción de calor metabólico, lo que a su vez aumenta el requerimiento de evaporación para el equilibrio de calor (cantidad de sudor evaporado necesario para regular la temperatura corporal) (Gagnon et al., 2013).

En estudios recientes se ha aislado el efecto del sexo a partir de diferencias en la producción de calor metabólico en adultos, emparejando sujetos por masa corporal, superficie y producción de calor metabólico. Esta investigación sugiere que la producción de sudor de todo el cuerpo es similar entre hombres y mujeres en la mayoría de las condiciones - es decir, a tasas fijas de producción de calor de hasta 250 W/m². Sin embargo, con cargas de calor más altas, las mujeres tienen una capacidad de sudoración más baja que los hombres. Estas diferencias de sexo son evidentes solo por encima de una cierta combinación de condiciones ambientales (35-40°C, 12% humedad relativa) y la producción de calor metabólico (300-500 W/m²) (Gagnon & Kenny, 2012; Jay, 2014). La diferencia de sexo en la capacidad máxima de sudoración se debe a las propiedades de la glándula sudorípara relacionadas con la respuesta colinérgica, lo que conduce a una menor producción de sudor por glándula. Sin embargo, no es indiscutible alguna evidencia en el mundo real de una desventaja termorreguladora que conduzca a la intolerancia al calor en las mujeres durante el ejercicio. Se remite al lector a otros documentos para obtener más información sobre las comparaciones sexuales con respecto a la termorregulación y la tolerancia al calor (Gifford et al., 2019; Yanovich et al., 2020). En conjunto, las mujeres no se encuentran en desventaja termorreguladora en comparación con los hombres en la mayoría de las actividades y condiciones ambientales en que suelen encontrarse.

Con respecto a la TSTC, es importante destacar la variación significativa entre individuos, así como las posibles diferencias de sexo. La **Figura 2** muestra histogramas de frecuencia para TSTC en participantes masculinos (1565 pruebas de sudoración) y femeninos (379 pruebas de sudor) medidos en una amplia gama de deportes/ actividades y condiciones ambientales en el laboratorio o campo por el Gatorade Sports Science Institute (GSSI) (Baker et al., 2022a). En promedio, la TSTC fue menor en mujeres (0.8 L/h) frente a los hombres (1.2 L/h), pero la diferencia media entre sexos (0.4 L/h) fue mucho menor que el rango general (>2 L/h) en la TSTC. Por lo tanto, es lógico que, independientemente del sexo, las evaluaciones de TSTC deben llevarse a cabo para aprender acerca de sus necesidades individuales de reposición de líquidos.

Varios estudios han investigado la respuesta de la sudoración al estrés del ejercicio-calor a través del ciclo menstrual. En general, esta investigación sugiere que, aunque el ciclo menstrual puede modular el control de la sudoración, no hay efectos sobre la TSTC. Durante la fase lútea, hay un cambio ascendente en el umbral de temperatura corporal central para el inicio de la sudoración regional durante el estrés por calor-ejercicio, particularmente en mujeres desentrenadas (Kolka & Stephenson, 1989; Kuwahara et al., 2005). Sin embargo, varios estudios no han reportado efectos de hormonas sexuales femeninas en la TSTC (Stachenfeld & Taylor, 2009) y no hay diferencias en la TSTC a través de las fases del ciclo menstrual (Freemas et al., 2023; Giersch et al., 2020; Notley et al., 2019). Este hallazgo es consistente en una variedad de intensidades de ejercicio y condiciones ambientales.

Atletas mujeres**Atletas hombres**

Tasa de sudoración de todo el cuerpo [L/h]

[Na⁺] en sudor de todo el cuerpo [mmol/L]

Figura 2: Histogramas de frecuencia que muestran la tasa de sudoración y la concentración de sodio en sudor de los participantes masculinos (1565 pruebas de sudor) y femeninos (379 pruebas de sudor) medidos en una amplia gama de deportes/ actividades y condiciones ambientales en el laboratorio o campo. La media está representada por la línea de puntos naranjas en cada panel. Datos tomados de Baker et al., 2022a, con permiso.

Concentraciones de electrolitos en sudor

Como población, las concentraciones de sodio y cloruro en el sudor ([Na⁺] y [Cl⁻]) tienden a ser ligeramente menores en mujeres que en hombres (Baker et al., 2018; Meyer et al., 1992), debido en parte al efecto confuso de la intensidad absoluta del ejercicio y las diferencias en la tasa de sudoración entre sexos (como se discutió anteriormente). La tasa de sudoración es un factor importante que determina la [Na⁺] y [Cl⁻] en sudor. Esto se debe a que la tasa de reabsorción de Na⁺ y Cl⁻ en el conducto del sudor depende del flujo. A medida que la tasa de sudoración aumenta la tasa de secreción de Na⁺ y Cl⁻ en el sudor precursor aumenta proporcionalmente más que la tasa de reabsorción de Na⁺ y Cl⁻ a lo largo del conducto, y por lo tanto conduce a una mayor [Na⁺] y [Cl⁻] en el sudor final. Así, existe una relación directa entre la tasa de sudoración y la [Na⁺] y [Cl⁻] en sudor (Buono et al., 2008). Dada la relación bien establecida entre la tasa de flujo de sudor y las concentraciones de electrolitos en el sudor, se deduce que cualquier factor que estimule aumentos agudos en la tasa de sudoración, como el aumento de la intensidad del ejercicio, resultaría en mayor [Na⁺] y [Cl⁻] en el sudor. En consecuencia, cuando los estudios tienen en cuenta la intensidad del ejercicio y/o la tasa de sudoración, no hay efecto del sexo sobre la [Na⁺] y [Cl⁻] en sudor (Baker et al., 2022a). Tampoco hay efectos de las hormonas sexuales femeninas sobre la [Na⁺] en sudor (Stachenfeld & Taylor, 2009).

Al igual que la TSTC, también es importante notar la variación significativa entre individuos en la [Na⁺] en sudor. Como se ilustra en la **Figura 2**, la [Na⁺] en sudor promedio medida en una amplia gama de deportes/actividades y condiciones ambientales fue menor en sujetos femeninos (40 mmol/L) versus masculinos (43 mmol/L). Sin embargo, la diferencia media entre sexos (3 mmol/L) fue mucho menor que el rango general (>80 mmol/L) de la [Na⁺] en sudor (Baker et al., 2022a). Debido a la variación en la [Na⁺] en sudor, así como la TSTC, se deben realizar pruebas de sudor individuales para estimar las pérdidas Na⁺ en sudor para cada ambiente (por ejemplo, interior/externo, temporada de verano/otoño) y condición de ejercicio (entrenamiento ligero/alta intensidad) para guiar los planes de reposición de líquidos. Si bien la intensidad del ejercicio y el entorno son los principales determinantes de la TSTC y la [Na⁺] en sudor, otros factores como la aclimatación al calor y el entrenamiento aeróbico también juegan un papel importante en la variación intra e interindividual para hombres y mujeres.

PROCESO DE REHIDRATACIÓN

Consumo y balance de líquidos

Regulación de la sensación de sed. La hipohidratación inducida por el ejercicio produce hipovolemia (disminución del volumen plasmático) hiperosmótica (aumento de la osmolalidad plasmática)

porque el sudor es hipotónico en relación a la sangre (Kozlowski & Saltin, 1964). Tanto la osmolalidad como el volumen del plasma están estrictamente regulados por ajustes de reflejo mediados por nervios y hormonas para ayudar a restaurar el agua corporal. Por ejemplo, en respuesta a la hiperosmolalidad, se estimula la sed fisiológica para aumentar la ingesta de líquidos. La aparición de la sed ocurre una vez que la osmolalidad del plasma alcanza un cierto umbral o punto de referencia. Aunque hay una variabilidad interindividual significativa, el umbral osmótico promedio de sed es similar entre hombres y mujeres durante la fase folicular. Durante la fase lútea, el estrógeno media un cambio hacia abajo en el umbral osmótico (por ~ 5 mosm/kg) para la sed en las mujeres (Stachenfeld, 2014; Vokes et al., 1988). Uno podría plantear la hipótesis de que el cambio del punto establecido podría conducir a una mayor ingesta de líquidos durante la fase lútea versus folicular. Sin embargo, un estudio reciente no encontró diferencias en el consumo de líquidos *ad libitum* durante el ejercicio entre las fases folicular temprana, folicular tardía y media lútea del ciclo menstrual (Freemas et al. 2023). Además, como se discute en las siguientes secciones, parece haber efectos mínimos del ciclo menstrual o el sexo en el balance total de líquidos. Cuando se observan diferencias, la evidencia apunta a explicaciones físicas y de comportamiento en lugar de cambios mediados por hormonas en la sed fisiológica.

Conducta de consumo de líquido pre-ejercicio y estado de hidratación. En varios estudios se ha intentado estimar el estado de hidratación y medir la adecuación del comportamiento de consumo de líquidos antes de una sesión de entrenamiento. Para hacer esto, los investigadores generalmente midieron la gravedad específica de la orina (GEO) de muestras recolectadas de atletas antes del ejercicio. Aunque la evaluación puntual de la GEO tiene limitaciones como marcador del estado de hidratación, da una indicación de si se han activado los mecanismos renales de conservación del agua (como sugiere una GEO alta, por ejemplo, 1.020) (véase Baker et al., 2022a para revisión). En general, los estudios sugieren que los valores de GEO ≥ 1.020 pueden ser menos prevalentes en mujeres atletas. Por ejemplo, en una Universidad de la División I de la NCAA (asociación que rige las competencias interuniversitarias en EUA), el 47% de los atletas masculinos ($n=138$) tenían GEO ≥ 1.020 antes de la práctica, mientras que solo el 28% de las muestras de orina de las atletas femeninas ($n=125$) fueron ≥ 1.020 (Volpe et al., 2009). En una revisión sistemática de 24 estudios que midieron la GEO pre-ejercicio en jugadores de fútbol, se encontró GEO elevada en el 66% de los jugadores masculinos ($n=468$) y solo el 47% de las jugadoras femeninas ($n=79$) (Chapelle et al., 2020). Sin embargo, en otro estudio, el 79% de las muestras de jugadores de baloncesto de la División II de la NCAA tenían GEO > 1.020 antes del acondicionamiento fuera de temporada y las prácticas de pretemporada, sin diferencias significativas entre hombres ($n=11$) y mujeres ($n=11$) (Thigpen et al., 2014).

Conducta de consumo de líquidos y estado de hidratación en ejercicio. Cuando hay un desajuste entre la pérdida de sudor y el consumo de líquidos, este desequilibrio conduce a un déficit (hipohidratación) o exceso (hiperhidratación) de agua corporal. Los cambios agudos en el balance de líquidos (es decir, estado de hidratación) durante/después del ejercicio se evalúan comparando la masa corporal del individuo con los valores basales o previos al ejercicio.

Por ejemplo, la hipohidratación del 2% se define como un déficit de agua igual al 2% de la masa corporal. Este método tiene limitaciones ya que una pequeña porción de la pérdida de masa corporal durante la actividad proviene de otras fuentes diferentes al agua (por ejemplo, oxidación del sustrato), pero es el índice más simple y más utilizado en tiempo real.

Varios estudios de campo observacionales han medido el consumo de líquido *ad libitum* y el balance de líquidos durante el ejercicio en las mujeres. En los deportes de equipo o de habilidad, el nivel de hipohidratación acumulado a lo largo del ejercicio suele ser leve, con un balance de líquidos promedio inferior al 1-2% de PMC (Nuccio et al., 2017). Sin embargo, donde se ha reportado el rango completo en el cambio de masa corporal se ha observado hipohidratación significativa (hasta 2-2.5%) en algunas mujeres élite de cricket, hockey sobre césped y atletas de baloncesto durante la competencia (Brandenburg & Gaetz, 2012; MacLeod & Sunderland, 2009; Soo & Naughton, 2007).

En los deportes de resistencia, como los maratones y la marcha atlética, la pérdida de masa corporal tiende a ser mayor en los hombres que en las mujeres (Periard et al., 2017; Rehrer et al., 1989). Sin embargo, también se ha reportado hipohidratación significativa ($> 2\%$ de PMC) en mujeres atletas de resistencia (Rehrer et al., 1989). Por otro lado, la incidencia de hiponatremia asociada al ejercicio (HAE; sodio en sangre < 135 mmol/L) es mayor en las mujeres que en los hombres (Almond et al., 2005). La causa principal de la HAE es la sobrecarga de agua (es decir, el consumo excesivo de líquido en relación con las pérdidas de sudor durante el ejercicio) y los estudios han encontrado que las mujeres tienden a sobre hidratarse más que los hombres (Baker et al., 2005; Hew, 2005). Otros factores que pueden aumentar el riesgo de una mujer para la HAE incluyen la masa corporal más baja y el agua corporal total (Stachenfeld & Taylor, 2009), los extremos del índice de masa corporal y los tiempos de carrera maratón más largos (Almond et al., 2005). Cuando estos factores se contabilizan en los análisis estadísticos, la diferencia de sexo en la incidencia de HAE se anula (Almond et al., 2005).

En conjunto, hay una variación considerable en la conducta de consumo de líquidos, con algunas mujeres que experimentan hipohidratación y otras que sobrestiman sus necesidades de líquidos durante el ejercicio. Por lo tanto, se debe tener cuidado para determinar las necesidades individuales de reposición de líquidos para un evento de resistencia determinado. Esto ayudará a informar una estrategia de consumo de líquido adecuada para que se pueda evitar un consumo excesivo o deficiente de líquido.

Entrega de líquido

Después del consumo de líquidos, el siguiente paso crítico en el proceso de rehidratación es la entrega de líquidos - es decir, vaciamiento gástrico y la absorción intestinal de líquido en la circulación. No está claro si la tasa de vaciamiento gástrico de los líquidos ingeridos está influenciada por el sexo, ya que en los pocos estudios disponibles se han reportado resultados mixtos en sujetos sanos en reposo (Caballero-Plasencia et al., 1999; Hellmig et al., 2006). Sin embargo, se ha informado constantemente que el vaciamiento gástrico de líquidos en reposo no se ve afectado por la fase del ciclo menstrual (Gill et al., 1987; Horowitz et al., 1985). En

ningún estudio se han investigado los efectos del sexo o la fase del ciclo menstrual sobre el vaciamiento gástrico de líquidos durante el ejercicio. Además, hasta donde los autores saben, en ningún estudio se han evaluado los efectos del sexo o de la fase del ciclo menstrual en la absorción de líquido intestinal en reposo o durante el ejercicio.

Aunque el efecto del sexo en la entrega de líquidos no ha sido bien estudiado, está claro que la composición del líquido (cantidad y tipo de carbohidrato) ingerido juega un papel significativo en la tasa de vaciamiento gástrico y absorción intestinal (Leiper, 2015). Por ejemplo, las bebidas hipertónicas con densidad de energía relativamente alta (8% de carbohidratos) reducen la tasa de vaciamiento gástrico y la aparición de líquido en la sangre. Así, la entrega de líquidos más lenta se asocia con un mayor riesgo de malestar gastrointestinal durante el ejercicio intermitente de alta intensidad. Es importante señalar que el efecto de las bebidas más concentradas en el suministro de líquidos se ha demostrado tanto en hombres como en mujeres (Evans et al., 2011; Shi et al., 2004).

Retención de líquido

Una vez que el líquido se absorbe en la circulación, el siguiente paso importante en el proceso de rehidratación es la retención del líquido ingerido en el cuerpo, en particular en el espacio vascular, para restaurar completamente el equilibrio hídrico. La arginina-vasopresina (AVP) y la aldosterona juegan un papel importante en la retención de líquidos al aumentar la reabsorción renal de agua y sodio, respectivamente. Durante la fase lútea, el estrógeno media un cambio hacia abajo en el umbral osmótico para la liberación de AVP (Stachenfeld et al., 1999) y se cree que la progesterona media un aumento en la concentración de aldosterona (Quinkler et al., 2002). Estos cambios podrían resultar en una mayor retención de líquidos y sodio en las mujeres durante la fase lútea. Sin embargo, varios estudios no han encontrado efectos del sexo (Sollanek et al., 2018), las hormonas sexuales (Calzone et al., 2001; Rodríguez-Giustiniani & Galloway, 2019; Stachenfeld et al., 1999), o la fase del ciclo menstrual (Freemas et al., 2023; Maughan et al., 1996) sobre el volumen plasmático o la retención de líquido de todo el cuerpo. Estos resultados sugieren que las hormonas sexuales femeninas alteran el punto de funcionamiento osmótico para el balance de agua corporal, pero no conducen a una mayor retención de líquidos. En conjunto, en las referencias científicas disponibles se sugiere que la reposición de las pérdidas de sudor inducidas por el ejercicio no se ve afectada por el ciclo menstrual normal en las mujeres eumenorreicas. Sin embargo, como muchas mujeres activas pueden tener amenorrea u oligomenorrea debido a alteraciones en el estado hormonal, las respuestas de esas personas pueden ser diferentes y requieren investigaciones futuras (Rodríguez-Giustiniani et al., 2022).

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS A LA HIPOHIDRATACIÓN

La hipohidratación se asocia con alteración de la función circulatoria y termorreguladora durante el ejercicio, particularmente cuando se acompaña de estrés por calor (Sawka et al., 2007). La hipovolemia lleva a una disminución en el volumen latido y a un aumento compensatorio en la frecuencia cardíaca para mantener el gasto cardíaco durante ejercicio. El aumento de la osmolalidad del plasma disminuye la capacidad de sudar y atenúa el flujo sanguíneo a la piel. A su vez, el deterioro de los mecanismos de disipación de calor resulta en un mayor aumento de la temperatura corporal para una tasa de trabajo determinada en comparación con la euidratación.

La hipohidratación también se asocia con una disminución en el flujo sanguíneo muscular y alteración del metabolismo energético, incluyendo aumento de lactato, glucogenólisis muscular y oxidación de carbohidratos durante el ejercicio prolongado (Gonzalez-Alonso et al., 1998; Sawka et al., 2007).

Aunque la mayoría de los estudios se han realizado en hombres, también se han observado respuestas fisiológicas similares a la hipohidratación en mujeres (Logan-Sprenger et al., 2012; Watanabe et al., 2020; Wickham et al., 2021). Sin embargo, pocos estudios han hecho comparaciones directas para investigar posibles diferencias entre sexos en la respuesta fisiológica a la hipohidratación. Sawka y colaboradores investigaron los efectos del 5% de PMC en hombres y mujeres durante el ejercicio en condiciones templadas, calientes/secas y calientes/húmedas. Los investigadores no encontraron diferencias entre sexos en los cambios en el volumen plasmático, la frecuencia cardíaca, la temperatura rectal o la temperatura de la piel en estos estudios (Cadarette et al., 1984; Sawka et al., 1983). Una consideración clave es que los participantes se aclimataron al calor antes de la prueba. Además, hombres y mujeres fueron emparejados por porcentaje de grasa corporal y $VO_2^{\text{máx}}$, eliminando así cualquier efecto de estos factores de confusión. El balance de la investigación también sugiere que no hay diferencias en los cambios de volumen plasmático entre las fases del ciclo menstrual durante el ejercicio (Rodríguez-Giustiniani et al., 2022).

En un estudio se comparó el efecto de la hipohidratación leve en las respuestas de la temperatura central del cuerpo al estrés por calor-ejercicio en hombres y mujeres (Giersch et al., 2021). En este estudio, se pidió a los sujetos que restringieran el líquido durante 24 h antes del ejercicio de intervalos (dos bloques de ejercicio de 30 minutos separados por 15 minutos de descanso). No hubo efectos de sexo o fase del ciclo menstrual sobre el nivel de hipohidratación alcanzado (~1% PMC). Sin embargo, aunque las mujeres hipohidratadas experimentaron un aumento más rápido de la temperatura rectal en el primer bloque de ejercicio que los hombres (0.06°C/min vs. 0.03°C/min), no hubo diferencias entre la fase folicular tardía y la fase lútea media. Estos resultados parecen sugerir que las mujeres pueden ser más sensibles a los efectos termorreguladores de la hipohidratación durante las primeras etapas del ejercicio en el calor (Giersch et al., 2021). Sin embargo, es importante señalar que en este estudio los hombres y las mujeres no fueron emparejados por condición física aeróbica y las mujeres se ejercitaron en un porcentaje más alto de su $VO_2^{\text{máx}}$. Estos factores pueden explicar en parte las diferencias de sexo en las respuestas a la temperatura rectal observadas en este estudio. En conjunto, el número limitado de estudios disponibles sugiere efectos mínimos del sexo en la respuesta fisiológica al ejercicio en un estado hipohidratado.

RENDIMIENTO EN EL EJERCICIO

Las mujeres atletas están sub-representadas en estudios que investigan los efectos de la hipohidratación en el rendimiento físico. Según una revisión narrativa, solo el 30% de los estudios sobre hidratación y rendimiento en deportes de equipo incluyeron a mujeres atletas (Nuccio et al., 2017). En los metanálisis de ciclismo, las mujeres representaron entre el 10% y el 18% de todos los

sujetos (Goulet, 2011; Holland et al., 2017). Además, las mujeres representaron solo el 6% de los participantes en los estudios incluidos en un meta-análisis de hipohidratación sobre resistencia muscular, fuerza, potencia y capacidad anaeróbica y capacidad de salto vertical (Savoie et al., 2015).

Con base en los estudios que han incluido a las mujeres, parece que la hipohidratación perjudica el rendimiento como lo hace en los hombres. Es decir, una PMC $\geq 2\%$ se asocia con el deterioro en el rendimiento de resistencia y en deportes de equipo, así como algunos aspectos de la fuerza y la potencia anaeróbica. Por ejemplo, los tiempos de carrera de 12 km en el calor fueron más lentos cuando los corredores (9 hombres, 8 mujeres) estaban hipohidratados (4.3% de PMC) en comparación con cuando se les permitió beber *ad libitum* (2.1% de PMC). Los autores informaron que no hubo diferencias entre los sexos en cuanto a cómo la hipohidratación afectó los resultados de rendimiento (Casa et al., 2010). En otro estudio que incluyó tanto a hombres (n=6) como a mujeres (n=2), el 3% de PMC afectó el rendimiento de resistencia durante una prueba de ciclismo de 30 minutos, en condiciones templadas pero no frías (Cheuvront et al., 2005).

En la investigación con atletas femeninas se han encontrado resultados mixtos con respecto a los efectos de la hipohidratación sobre el rendimiento en deportes de equipo, pero en conjunto sugiere que una PMC $\geq 2\%$ puede afectar la habilidad, la agilidad y la toma de decisiones. En los estudios con jugadoras de baloncesto se encontró que el 2.1% y el 2.3% de PMC se asoció con un menor porcentaje de tiro de campo (Brandenburg & Gaetz, 2012) y un deterioro de la agilidad reactiva de la parte inferior del cuerpo (Hoffman et al., 2012), respectivamente, en comparación con la euhidratación. El dos por ciento de PMC aumentó el tiempo de toma de decisiones en los jugadores de hockey sobre césped (MacLeod & Sunderland, 2012), mientras que el 2.2% y el 2.7% de PMC no tuvieron efecto sobre el rendimiento de las habilidades en fútbol (Ali et al., 2011) o tenis (Burke & Ekblom, 1984), respectivamente.

En algunos estudios se ha probado el efecto de la hipohidratación en la fuerza muscular, la resistencia y la potencia en las mujeres. Por ejemplo, en mujeres entrenadas en fuerza, el 3% de PMC tuvo un impacto negativo en el rendimiento de 1 RM de press de banca y las sensaciones perceptivas de recuperación, mientras que otras medidas como 1 RM de press de piernas y la altura de salto vertical no se vieron afectadas por la hipohidratación (Gann et al., 2021). En un estudio realizado con hombres (n=5) y mujeres (n=5) físicamente activos, el 4% de PMC redujo la resistencia muscular durante el ejercicio de extensión de rodilla de una pierna (Montain et al., 1998). En otro estudio, la hipohidratación leve inducida por la exposición a sauna redujo la potencia explosiva durante sentadilla con salto en mujeres (1.4% de PMC), pero no en hombres (1.8% de PMC). Curiosamente, la disminución en el desempeño de la sentadilla con salto se relacionó linealmente con el porcentaje de PMC entre las seis mujeres examinadas (Gutiérrez et al., 2003). Finalmente, en jugadoras de hockey sobre hielo el 1.7% de PMC llevó a una menor potencia de sprint durante un protocolo intermitente de ciclismo de alta intensidad (Driscoll et al., 2020).

SALUD GENERAL

La Ingesta Diaria Sugerida (AI, por sus siglas en inglés) de agua total del Instituto de Medicina de los Estados Unidos (IOM, por sus siglas en inglés), basada en la mediana de la ingesta total de agua de los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de los E.U.A. es de 2.7 L/día para las mujeres. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) define la ingesta adecuada de agua total como 2.0 L/día para las mujeres. Las hipótesis emergentes sugieren que el consumo subóptimo de líquidos de manera habitual, puede estar asociado con un mayor riesgo de ciertas afecciones agudas y enfermedades crónicas (Kavouras, 2019; Perrier, 2017). El lector se refiere al SSE 223 sobre Hidratación para la Salud y el Bienestar (Baker et al., 2022b) para una revisión más exhaustiva de este tema.

Una condición de salud particularmente relevante para las atletas es la infección del tracto urinario (ITU). Aproximadamente la mitad de las mujeres adultas tendrán por lo menos una infección urinaria en su vida, el 27% de las cuales tendrá una recurrencia confirmada dentro de los 6 meses. Algunos estudios descriptivos han encontrado que un menor consumo diario de líquidos (1.0-1.4 L/día) se asoció con un mayor riesgo de infección urinaria (Nygaard & Linder, 1997; Vyas et al., 2015). El aumento del consumo de líquidos aumenta el flujo de orina, lo que se cree que ayuda a prevenir el desarrollo de la infección urinaria al eliminar las bacterias del tracto urinario. En un estudio controlado aleatorizado con 140 mujeres premenopáusicas que padecían cistitis recurrente, hubo una reducción del 48% en los episodios de infección urinaria después de aumentar el consumo total de líquidos de 1.1 a 2.8 L/día durante 12 meses. Un beneficio secundario importante fue una reducción en los antibióticos utilizados para tratar las infecciones urinarias en las mujeres que aumentaron el consumo de líquidos (Hooton et al., 2018).

Cognición y estado de ánimo

Varios estudios sugieren que la reducción del consumo de líquidos que conduce a una hipohidratación leve puede tener efectos negativos sobre el estado de ánimo y ciertos aspectos de la cognición en las mujeres (Armstrong et al., 2012; D'Anci K et al., 2009; Pross et al., 2013; Stachenfeld et al., 2018). Los efectos perjudiciales del consumo inadecuado de líquidos parecen ser aplicables a las condiciones de vida libre, en reposo y durante el ejercicio. Esto es importante porque sugiere que la hidratación adecuada tiene implicaciones para las mujeres físicamente activas en su vida cotidiana, así como el rendimiento en el ejercicio. Además, reitera la importancia de comenzar el entrenamiento/competencia en un estado euhidratado para evitar posibles efectos adversos de la hipohidratación en la cognición o el estado de ánimo que alteren la disposición mental del atleta para rendir.

Un estudio bien diseñado con particular relevancia para la hidratación diaria fue publicado por Stachenfeld y colaboradores (2018). Este grupo midió los efectos de la restricción de líquidos (0.7 L/día) en comparación con la ingesta de líquidos suficiente para cumplir las recomendaciones de la IOM y la EFSA (2.6 L/día) sobre el rendimiento cognitivo en estudiantes universitarias en su vida libre. La hipohidratación leve (1.0% de PMC) acumulada durante 24 h de restricción de líquidos condujo a déficits en la memoria visual y de

trabajo, así como en la función ejecutiva, pero no hubo cambios en el estado de ánimo ni en el desempeño de tareas simples de tiempo de reacción o identificación (Stachenfeld et al., 2018). En otro estudio, la privación de líquidos durante 24 horas en mujeres jóvenes sanas condujo a una disminución del estado de alerta y un aumento de la somnolencia, la fatiga y la confusión (Pross et al., 2013). Es importante destacar que, en estos estudios, la rehidratación revirtió los trastornos asociados a la hipohidratación en la memoria, la función ejecutiva (Stachenfeld et al., 2018), el estado de alerta y la confusión (Pross et al., 2013), aunque no lo revirtió en otras medidas del estado de ánimo. En un estudio observacional se analizó la relación entre la ingesta habitual de agua (categorizada como baja: 1.5 L/día, moderada 2.25 L/día y alta: 3.1 L/día) y el estado de ánimo en 120 mujeres jóvenes sanas durante un período de 5 días. La perturbación total del estado de ánimo fue mayor en las mujeres que consumían habitualmente agua total baja en comparación con las que consumían una cantidad alta diariamente (Muñoz et al., 2015). Es importante señalar que en este estudio no se midió el estado de hidratación; sin embargo, los resultados sugieren que beber menos de la ingesta adecuada de agua puede estar asociado con estados de ánimo adversos.

En menos estudios se han investigado los efectos del estado de hidratación sobre la cognición y el estado de ánimo en las mujeres durante el ejercicio. La hipohidratación leve (1.4% de PMC) resultó en un estado de ánimo disminuido, una mayor percepción de la dificultad de la tarea, menor concentración y síntomas de dolor de cabeza en reposo y durante el ejercicio en un estudio con mujeres físicamente activas. Sin embargo, la mayoría de los aspectos del rendimiento cognitivo no se vieron afectados por la hipohidratación (Armstrong et al., 2012). En un estudio realizado con atletas universitarios, el 1.8% de PMC disminuyó el vigor, aumentó la fatiga y afectó la vigilancia en comparación con la euhidratación. Hubo un efecto significativo de la interacción de la condición de sexo por hidratación en el tiempo de reacción de elección ya que las mujeres cometieron más errores cuando estaban hipohidratadas, mientras que los hombres cometieron menos errores en la condición hipohidratada en comparación con la condición euhidratada (D'Anci K et al., 2009).

Curiosamente, en otros estudios se han sugerido posibles diferencias sexuales en el estado de ánimo y las respuestas cognitivas al estado de hidratación (Bethancourt et al., 2020; Suh et al., 2021; Szinnai et al., 2005). Por ejemplo, en las tareas de adición en serie y Stroop (memoria de trabajo, función ejecutiva), las mujeres tuvieron un tiempo de reacción más lento, mientras que los hombres tuvieron un tiempo de reacción más rápido después de la privación de agua de 24 horas, lo que resultó en un 2.6% de PMC (Szinnai et al., 2005). En otro estudio, las puntuaciones de alteración total del estado de ánimo aumentaron en mujeres, pero no en hombres, en respuesta a la deshidratación celular inducida por infusión salina hipertónica (Suh et al., 2021). La explicación de estos resultados no está clara, pero podría estar relacionada con diferencias fisiológicas y/o sociológicas entre hombres y mujeres. Un mecanismo fisiológico potencial fue sugerido por Suh y colaboradores (2021). En su estudio, las diferencias de sexo en el trastorno total del estado de ánimo se relacionaron con el aumento de la sed y concentraciones elevadas de

coceptina (sustituto de vasopresina) en las mujeres. Curiosamente, en la investigación sociológica, se ha propuesto que las mujeres están más dispuestas a aceptar sus estados de ánimo y a auto-informar sentimientos negativos que los hombres (Bird & Rieker, 2008). Los hombres pueden minimizar el impacto de la fatiga, mientras que las mujeres comunican más fácilmente sus síntomas (Courtenay, 2011).

FUTURAS TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación disponible sugiere que, al igual que los hombres, debe diseñarse un plan de hidratación de las mujeres para evitar el 2% de PMC. Sin embargo, el efecto de los niveles más bajos de hipohidratación (1-2% de PMC) en el rendimiento en el ejercicio de las mujeres es en gran parte desconocido. Los estudios de hipohidratación graduada con hombres generalmente han encontrado que el rendimiento no se ve afectado negativamente por la hipohidratación hasta que la PMC alcanza ~2% (Baker et al., 2007; Chevront & Kenefick, 2014). Más allá del 2% de PMC hay un deterioro progresivo en el rendimiento a medida que empeora la hipohidratación (Baker et al., 2007), que se acompaña de un aumento progresivo de la tensión termorreguladora y cardiovascular (Montain & Coyle, 1992; Sawka et al., 1985). Como se mencionó anteriormente, un porcentaje dado de PMC por pérdida de sudor en las mujeres representa un porcentaje ligeramente mayor de su agua corporal en comparación con los hombres. Por lo tanto, sería importante investigar el efecto de la hipohidratación progresiva leve (por ejemplo, 1%, 1.5%, 2%, etc.) en el rendimiento en las mujeres. Para determinar si las recomendaciones de hidratación deben diferir entre los sexos, se necesitan comparaciones directas (dentro del estudio). En el trabajo futuro también se debe investigar las posibles diferencias sexuales en el trastorno del estado de ánimo y el deterioro cognitivo relacionado con la hipohidratación. Además, se deben investigar los efectos de la amenorrea u oligomenorrea, que son problemas en muchas atletas femeninas, en el balance de líquidos. Finalmente, aunque algunos de los estudios discutidos anteriormente incluyeron a mujeres que utilizan anticonceptivos orales, en pocos estudios se han investigado los efectos de los anticonceptivos hormonales en la hidratación. Por lo tanto, se necesita investigación sobre la pérdida de sudor y el balance de líquidos en las mujeres que toman diferentes tipos de anticonceptivos hormonales.

CONCLUSIÓN

Aunque las hormonas sexuales femeninas alteran ciertos aspectos de la termorregulación y la regulación de los líquidos corporales, parece haber efectos mínimos de la fase del ciclo menstrual o del sexo *per se* en la TSTC, el balance de líquidos o los efectos fisiológicos/de rendimiento de la hipohidratación. En cambio, factores como el tamaño corporal, la carga de trabajo absoluta, la condición física aeróbica, el estado de aclimatación al calor y las diferencias de comportamiento generalmente juegan un papel más importante en la determinación de la pérdida de sudor y el balance de líquidos. Por lo tanto, las estrategias de hidratación deben adaptarse al individuo en función de las pérdidas de sudor del atleta y las condiciones ambientales/de ejercicio, con el objetivo general de prevenir desequilibrios significativos de líquidos/electrolitos.

APLICACIONES PRÁCTICAS

- Las atletas mujeres deben beber suficiente líquido durante el ejercicio para evitar una hipohidratación significativa, ya que el 2% de PMC se asocia con disminuciones del rendimiento en las mujeres.
- También es importante aconsejar a las atletas para evitar la ganancia de masa corporal durante/después del ejercicio, ya que las mujeres tienden a ser más propensas a sobrehidratarse en relación con las pérdidas de sudor.
- Hay una variación considerable en las tasas de sudoración y pérdidas de sodio entre las atletas mujeres. Se deben realizar pruebas de sudor individualizadas para guiar la estrategia de hidratación del atleta.
- La hipohidratación significativa ($\geq 2\%$ PMC) durante el ejercicio no se observa comúnmente en las mujeres. Sin embargo, debido a que las mujeres tienden a tener un mayor porcentaje de grasa corporal, el agua perdida en el sudor puede representar un porcentaje ligeramente mayor del volumen total de agua corporal y plasma en las mujeres que en los hombres. Por lo tanto, se necesita más investigación para determinar el efecto de los niveles más leves de hipohidratación (1-2% de PMC) en el rendimiento en atletas mujeres.
- Para las mujeres, la ingesta adecuada (AI, por sus siglas en inglés) para el agua total es de aproximadamente 2.0 L/día (EFSA) a 2.7 L/día (USDA). La AI no incluye la ingesta de líquidos necesaria para reponer las pérdidas individuales de sudor, que pueden variar día a día dependiendo de la duración del ejercicio/intensidad y el entorno.
- La hidratación adecuada en las mujeres puede tener beneficios para la salud diaria, incluyendo el rendimiento cognitivo y el estado de ánimo. Además, el aumento del consumo habitual de agua puede disminuir el riesgo de infecciones urinarias recurrentes.

El autor trabaja para el Gatorade Sports Science Institute, una división de PepsiCo R&D. Las opiniones expresadas son las del autor y no reflejan necesariamente la posición o política de PepsiCo, Inc.

REFERENCIAS

- Ali, A., R. Gardiner, A. Foskett, and N. Gant (2011). Fluid balance, thermoregulation and sprint and passing skill performance in female soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21:437-445.
- Almond, C.S., A.Y. Shin, E.B. Fortescue, R.C. Mannix, D. Wypij, B.A. Binstadt, C.N. Duncan, D.P. Olson, A.E. Salerno, J.W. Newburger, and D.S. Greenes (2005). Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N. Engl. J. Med.* 352:1550-1556.
- Armstrong, L.E., M.S. Ganio, D.J. Casa, E.C. Lee, B.P. McDermott, J.F. Klau, L. Jimenez, L. Le Bellego, E. Chevillotte, and H.R. Lieberman (2012). Mild dehydration affects mood in healthy young women. *J. Nutr.* 142:382-388.
- Avellini, B.A., E. Kamon, and J.T. Krajevski (1980). Physiological responses of physically fit men and women to acclimation to humid heat. *J. Appl. Physiol.* 49:254-261.
- Baker, L.B., T.A. Munce, and W.L. Kenney (2005). Sex differences in voluntary fluid intake by older adults during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37:789-796.
- Baker, L.B., K.A. Dougherty, M. Chow, and W.L. Kenney (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1114-1123.
- Baker, L.B., C.T. Ungaro, B.C. Sopena, R.P. Nuccio, A.J. Reimel, J.M. Carter, J.R. Stofan, and K.A. Barnes (2018). Body map of regional versus whole body sweating rate and sweat electrolyte concentrations in men and women during moderate exercise-heat stress. *J. Appl. Physiol.* 24(5):1304-1318.
- Baker, L.B., P.J.D. De Chavez, R.P. Nuccio, S.D. Brown, M.A. King, B.C. Sopena, and K.A. Barnes (2022a). Explaining variation in sweat sodium concentration: effect of individual characteristics and exercise, environmental, and dietary factors. *J. Appl. Physiol.* 133:1250-1259.
- Baker, L.B., C.D. Rehm, and M.A. King (2022b). Hydration for health and wellness, *Sports Science Exchange*. #223.
- Bar-Or, O., L.I. Magnusson, and E.R. Buskirk (1968). Distribution of heat-activated sweat glands in obese and lean men and women. *Hum. Biol.* 40:235-248.
- Bethancourt, H.J., W.L. Kenney, D.M. Almeida, and A.Y. Rosinger (2020). Cognitive performance in relation to hydration status and water intake among older adults, NHANES 2011-2014. *Eur. J. Nutr.* 59:3133-3148.
- Bird, C.E., and P.P. Rieker (2008). *Gender and health: The effects of constrained choices and social policies*. 1st Edition. Cambridge University Press. 274 pages.
- Brandenburg, J.P., and M. Gaetz (2012). Fluid balance of elite female basketball players before and during game play. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 22:347-352.
- Buono, M.J., R. Claros, T. Deboer, and J. Wong (2008). Na⁺ secretion rate increases proportionally more than the Na⁺ reabsorption rate with increases in sweat rate. *J. Appl. Physiol.* 105:1044-1048.
- Burke, E.R., and B. Ekblom (1984). Influence of fluid ingestion and dehydration on precision and endurance performance in tennis. *Proceedings of the World Congress of Sports Medicine, Vienna, 1982. Curr. Top. Sports Med.* p. 379-388.
- Caballero-Plasencia, A.M., M. Valenzuela-Barranco, J.L. Martín-Ruiz, J.M. Herreras-Gutiérrez, and J.M. Esteban-Carretero (1999). Are there changes in gastric emptying during the menstrual cycle? *Scand. J. Gastroenterol.* 34:772-776.
- Cadarette, B.S., M.N. Sawka, M.M. Toner, and K.B. Pandolf (1984). Aerobic fitness and the hypohydration response to exercise-heat stress. *Aviat. Space Environ. Med.* 55:507-512.
- Calzone, W.L., C. Silva, D.L. Keefe, and N.S. Stachenfeld (2001). Progesterone does not alter osmotic regulation of AVP. *Am. J. Physiol.* 281:R2011-2020.
- Casa, D.J., R.L. Stearns, R.M. Lopez, M.S. Ganio, B.P. McDermott, S. Walker Yeargin, L.M. Yamamoto, S.M. Mazerolle, M.W. Roti, L.E. Armstrong, and C.M. Maresh (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *J. Athl. Train.* 45:147-156.
- Chapelle, L., B. Tassinon, N. Rommers, E. Mertens, P. Mullie, and P. Clarys (2020). Pre-exercise hypohydration prevalence in soccer players: A quantitative systematic review. *Eur. J. Sport Sci.* 20:744-755.
- Cheuvront, S.N., R. Carter, 3rd, J.W. Castellani, and M.N. Sawka (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *J. Appl. Physiol.* 99:1972-1976.
- Cheuvront, S.N., and R.W. Kenefick (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr. Physiol.* 4: 257-285.
- Courtenay, W. (2011). *Dying to be men: Psychosocial, environmental, and biobehavioral directions in promoting the health of men and boys*. 1st Edition. Routledge. 526 pages.
- D'Anci K, E., A. Vibhakar, J.H. Kanter, C.R. Mahoney, and H.A. Taylor (2009). Voluntary dehydration and cognitive performance in trained college athletes. *Percept. Mot. Skills* 109:251-269.
- Driscoll, R.L., D.G. McCarthy, M.S. Palmer, and L.L. Spriet (2020). Mild dehydration impaired intermittent sprint performance and thermoregulation in females. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 45:1045-1048.
- Evans, G.H., S.M. Shirreffs, and R.J. Maughan (2011). The effects of repeated ingestion of high and low glucose-electrolyte solutions on gastric emptying and blood 2H₂O concentration after an overnight fast. *Br. J. Nutr.* 106:1732-1739.

- Freemas, J.A., Goss, C.S., Ables, R., Baker, T.B., Bruinvels, G., Mündel, T., Martin, B.J., Carter, S.J., Chapman, R.F., Schlader, Z.J. Fluid balance during physical work in the heat is not modified by the menstrual cycle when fluids are freely available. *J Appl Physiol* 2023. Online ahead of print.
- Gagnon, D., and G.P. Kenny (2012). Does sex have an independent effect on thermoeffector responses during exercise in the heat? *J. Physiol.* 590:5963-5973.
- Gagnon, D., O. Jay, and G.P. Kenny (2013). The evaporative requirement for heat balance determines whole-body sweat rate during exercise under conditions permitting full evaporation. *J. Physiol.* 591:2925-2935.
- Gann, J.J., T.L. Andre, A.R. Gallucci, and D.S. Willoughby (2021). Effects of hypohydration on muscular strength, endurance, and power in women. *J. Strength Cond. Res.* 35(Suppl 1):S102-S106.
- Giersch, G.E.W., M.C. Morrissey, R.K. Katch, A.T. Colburn, S.T. Sims, N.S. Stachenfeld, and D.J. Casa (2020). Menstrual cycle and thermoregulation during exercise in the heat: A systematic review and meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport.* 23:1134-1140.
- Giersch, G.E.W., M.C. Morrissey, C.R. Butler, A.T. Colburn, Z.S. Demarais, S.A. Kavouras, O. Jay, N. Charkoudian, and D.J. Casa (2021). Sex difference in initial thermoregulatory response to dehydrated exercise in the heat. *Physiol. Rep.* 9:e14947.
- Gifford, R.M., T. Todisco, M. Stacey, T. Fujisawa, M. Allerhand, D.R. Woods, and R.M. Reynolds (2019). Risk of heat illness in men and women: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Res.* 171:24-35.
- Gill, R.C., P.D. Murphy, H.R. Hooper, K.L. Bowes, and Y.J. Kingma (1987). Effect of the menstrual cycle on gastric emptying. *Digestion* 36:168-174.
- Gonzalez-Alonso, J., J.A. Calbet, and B. Nielsen (1998). Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J. Physiol.* 513:895-905.
- Goulet, E.D. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 45:1149-1156.
- Gutierrez, A., J.L. Mesa, J.R. Ruiz, L.J. Chiroso, and M.J. Castillo (2003). Sauna-induced rapid weight loss decreases explosive power in women but not in men. *Int. J. Sports Med.* 24:518-522.
- Hellmig, S., F. Von Schoning, C. Gadow, S. Katsoulis, J. Hedderich, U.R. Folsch, and E. Stuber (2006). Gastric emptying time of fluids and solids in healthy subjects determined by ¹³C breath tests: influence of age, sex and body mass index. *J. Gastroenterol. Hepatol.* 21:1832-1838.
- Hew, T.D. (2005). Women hydrate more than men during a marathon race: hyponatremia in the Houston marathon: a report on 60 cases. *Clin. J. Sport Med.* 15:148-153.
- Hoffman, J.R., D.R. Williams, N.S. Emerson, M.W. Hoffman, A.J. Wells, D.M. McVeigh, W.P. McCormack, G.T. Mangine, A.M. Gonzalez, and M.S. Fragala (2012). L-alanyl-L-glutamine ingestion maintains performance during a competitive basketball game. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 9:4.
- Holland, J.J., T.L. Skinner, C.G. Irwin, M.D. Leveritt, and E.D.B. Goulet (2017). The influence of drinking fluid on endurance cycling performance: a meta-analysis. *Sports Med.* 47:2269-2284.
- Hooton, T.M., M. Vecchio, A. Iroz, I. Tack, Q Dornic, I. Seksek, and Y. Lotan (2018). Effect of increased daily water intake in premenopausal women with recurrent urinary tract infections: A randomized clinical trial. *J. Am. Med Assoc. Intern. Med.* 178:1509-1515.
- Horowitz, M., G.J. Maddern, B.E. Chatterton, P.J. Collins, O.M. Petrucco, R. Seamark, and D.J. Shearman (1985). The normal menstrual cycle has no effect on gastric emptying. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 92:743-746.
- Jay, O. (2014). Unravelling the true influences of fitness and sex on sweating during exercise. *Exp. Physiol.* 99:1265-1266.
- Kavouras, S.A. (2019). Hydration, dehydration, underhydration, optimal hydration: are we barking up the wrong tree? *Eur. J. Nutr.* 58:471-473.
- Kenney, W.L. (1985). A review of comparative responses of men and women to heat stress. *Environ. Res.* 37:1-11.
- Kolka, M.A., and L.A. Stephenson (1989). Control of sweating during the human menstrual cycle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58:890-895.
- Kolka, M.A., and L.A. Stephenson (1997). Interaction of menstrual cycle phase, clothing resistance and exercise on thermoregulation in women. *J. Therm. Biol.* 22:137-141.
- Kozlowski, S., and B. Saltin (1964). Effect of sweat loss on body fluids. *J. Appl. Physiol.* 19:1119-1124.
- Kuwahara, T., Y. Inoue, M. Abe, Y. Sato, and N. Kondo (2005). Effects of menstrual cycle and physical training on heat loss responses during dynamic exercise at moderate intensity in a temperate environment. *Am. J. Physiol. Regul.* 288:R1347-R1353.
- Leiper, J.B. (2015). Fate of ingested fluids: factors affecting gastric emptying and intestinal absorption of beverages in humans. *Nutr. Rev.* 73(Suppl 2):57-72.
- Logan-Sprenger, H.M., G.J. Heigenhauser, K.J. Killian, and L.L. Spriet (2012). Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44:1949-1957.
- MacLeod, H., and C. Sunderland (2009). Fluid balance and hydration habits of elite female field hockey players during consecutive international matches. *J. Strength Cond. Res.* 23:1245-1251.
- MacLeod, H., and C. Sunderland (2012). Previous-day hypohydration impairs skill performance in elite female field hockey players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 22:430-438.
- Maughan, R.J., M. McArthur, and S.M. Shirreffs (1996). Influence of menstrual status on fluid replacement after exercise induced dehydration in healthy young women. *Br. J. Sports Med.* 30:41-47.
- McDermott, B.P., S.A. Anderson, L.E. Armstrong, D.J. Casa, S.N. Cheuvront, L. Cooper, W.L. Kenney, F.G. O'Connor, and W.O. Roberts (2017). National Athletic Trainers' Association position statement: fluid replacement for the physically active. *J. Athl. Train.* 52:877-895.
- Meyer, F., O. Bar-Or, D. MacDougall, and G.J. Heigenhauser (1992). Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:776-781.
- Montain, S.J., and E.F. Coyle (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.* 73:1340-1350.
- Montain, S.J., S.A. Smith, R.P. Mattot, G.P. Zientara, F.A. Jolesz, and M.N. Sawka (1998). Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a ³¹P-MRS study. *J. Appl. Physiol.* 84:1889-1894.
- Munoz, C.X., E.C. Johnson, A.L. McKenzie, I. Guelinckx, G. Graverholt, D.J. Casa, C.M. Maresh, and L.E. Armstrong (2015). Habitual total water intake and dimensions of mood in healthy young women. *Appetite* 92:81-86.
- Notley, S.R., S. Dervis, M.P. Poirier, and G.P. Kenny (2019). Menstrual cycle phase does not modulate whole body heat loss during exercise in hot, dry conditions. *J. Appl. Physiol.* 126:286-293.
- Nuccio, R.P., K.A. Barnes, J.M. Carter, and L.B Baker. (2017). Fluid balance in team sport athletes and the effect of hypohydration on cognitive, technical, and physical performance. *Sports Med.* 47:1951-1982.
- Nygaard, I., and M. Linder (1997). Thirst at work--an occupational hazard? *Int. Urogynecol. J. Pelvic Floor Dysfunct.* 8:340-343.
- Periard, J.D., S. Racinais, T. Timpka, O. Dahlstrom, A. Spreco, J. Jacobsson, V. Bargoria, K. Halje, and J.M. Alonso (2017). Strategies and factors associated with preparing for competing in the heat: a cohort study at the 2015 IAAF World Athletics Championships. *Br. J. Sports Med.* 51:264-270.
- Perrier, E.T. (2017). Shifting focus: From hydration for performance to hydration for health. *Ann. Nutr. Metab.* 70(Suppl 1):4-12.
- Pross, N., A. Demazieres, N. Girard, R. Barnouin, F. Santoro, E. Chevillotte, A. Klein, and L. Le Bellego (2013). Influence of progressive fluid restriction on mood and physiological markers of dehydration in women. *Br. J. Nutr.* 109:313-321.
- Quinkler, M., B. Meyer, C. Bumke-Vogt, C. Grossmann, U. Gruber, W. Oelkers, S. Diederich, and V. Bahr (2002). Agonistic and antagonistic properties of progesterone metabolites at the human mineralocorticoid receptor. *Eur. J. Endocrinol.* 146:789-799.
- Rehrer, N.J., G.M. Janssen, F. Brouns, and W.H. Saris (1989). Fluid intake and gastrointestinal problems in runners competing in a 25-km race and a marathon. *Int. J. Sports Med.* 10(Suppl 1):S22-S25.
- Rodriguez-Giustiniani, P., and S.D.R. Galloway (2019). Influence of peak menstrual cycle hormonal changes on restoration of fluid balance after induced dehydration. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 29:651-657.
- Rodriguez-Giustiniani, P., N. Rodriguez-Sanchez, and S.D.R. Galloway (2022). Fluid and

- electrolyte balance considerations for female athletes. *Eur. J. Sport Sci.* 22:697-708.
- Savoie, F.A., R.W. Kenefick, B.R. Ely, S.N. Cheuvront, and E.D. Goulet (2015). Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: A meta-analysis. *Sports Med.* 45:1207-1227.
- Sawka, M.N., M.M. Toner, R.P. Francesconi, and K.B. Pandolf (1983). Hypohydration and exercise: effects of heat acclimation, gender, and environment. *J. Appl. Physiol.* 55:1147-1153.
- Sawka, M.N., A.Y. Young, R.P. Francesconi, S.R. Muza, and K.B. Pandolf (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol.* 59:1394-1401.
- Sawka, M.N., L.M. Burke, E.R. Eichner, R.J. Maughan, S.J. Montain, and N.S. Stachenfeld (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:377-390.
- Shapiro, Y., K.B. Pandolf, B.A. Avellini, N.A. Pimental, and R.F. Goldman (1980). Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *J. Appl. Physiol.* 49:1-8.
- Shi, X., M.K. Horn, K.L. Osterberg, J.R. Stofan, J.J. Zachwieja, C.A. Horswill, D.H. Passe, and R. Murray (2004). Gastrointestinal discomfort during intermittent high-intensity exercise: effect of carbohydrate-electrolyte beverage. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:673-683.
- Smith, C.J., and G. Havenith (2012). Body mapping of sweating patterns in athletes: a sex comparison. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44: 2350-2361.
- Sollanek, K.J., M. Tsurumoto, S. Vidyasagar, R.W. Kenefick, and S.N. Cheuvront (2018). Neither body mass nor sex influences beverage hydration index outcomes during randomized trial when comparing 3 commercial beverages. *Am. J. Clin. Nutr.* 107:544-549.
- Soo, K., and G. Naughton (2007). The hydration profile of female cricket players during competition. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 17:14-26.
- Stachenfeld, N.S. (2014). Sodium ingestion, thirst and drinking during endurance exercise. *Sports Science Exchange.* #122.
- Stachenfeld, N.S., and H.S. Taylor (2009). Sex hormone effects on body fluid and sodium regulation in women with and without exercise-associated hyponatremia. *J. Appl. Physiol.* 107:864-872.
- Stachenfeld, N.S., C. Silva, D.L. Keefe, C.A. Kokoszka, and E.R. Nadel (1999). Effects of oral contraceptives on body fluid regulation. *J. Appl. Physiol.* 87:1016-1025.
- Stachenfeld, N.S., C.A. Leone, E.S. Mitchell, E. Freese, and L. Harkness. (2018). Water intake reverses dehydration associated impaired executive function in healthy young women. *Physiol. Behav.* 185:103-111.
- Stephenson, L.A., and M.A. Kolka (1985). Menstrual cycle phase and time of day alter reference signal controlling arm blood flow and sweating. *Am. J. Physiol.* 249:R186-R191.
- Suh, H., H.R. Lieberman, L.T. Jansen, A.T. Colburn, J.D. Adams, A.D. Seal, C.L. Butts, T.M. Kirkland, O. Melander, T. Vanhaecke, A. Dolci, G. Lemetals, E.T. Perrier, and S.A. Kavouras (2021). Cellular dehydration acutely degrades mood mainly in women: a counterbalanced, crossover trial. *Br. J. Nutr.* 125:1092-1100.
- Szinnai, G., H. Schachinger, M.J. Arnaud, L. Linder, and U. Keller, U. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *Am. J. Physiol.* 289:R275-R280.
- Thigpen, L.K., J.M. Green, and E.K. O'Neal (2014). Hydration profile and sweat loss perception of male and female division II basketball players during practice. *J. Strength Cond. Res.* 28:3425-3431.
- Visser, M., D. Gallagher, P. Deurenberg, J. Wang, R.N. Pierson, Jr., and S.B. Heymsfield (1997). Density of fat-free body mass: relationship with race, age, and level of body fatness. *Am. J. Physiol.* 272:E781-E787.
- Vokes, T.J., N.M. Weiss, J. Schreiber, M.B. Gaskill, and G.L. Robertson (1988). Osmoregulation of thirst and vasopressin during normal menstrual cycle. *Am. J. Physiol.* 254:R641-647.
- Volpe, S.L., K.A. Poule, and E.G. Bland (2009). Estimation of prepractice hydration status of National Collegiate Athletic Association Division I athletes. *J. Athl. Train.* 44:624-629.
- Vyas, S., D. Varshney, P. Sharma, R. Juyal, V. Nautiyal, and V. Shrotriya (2015). An overview of the predictors of symptomatic urinary tract infection among nursing students. *Ann. Med. Health Sci. Res.* 5:54-58.
- Watanabe, K., E.J. Stohr, K. Akiyama, S. Watanabe, and J. Gonzalez-Alonso (2020). Dehydration reduces stroke volume and cardiac output during exercise because of impaired cardiac filling and venous return, not left ventricular function. *Physiol. Rep.* 8:e14433.
- Wickham, K.A., D.G. McCarthy, L.L. Spriet, and S.S. Cheung (2021). Sex differences in the physiological responses to exercise-induced dehydration: consequences and mechanisms. *J. Appl. Physiol.* 131:504-510.
- Yanovich, R., I. Ketko, and N. Charkoudian (2020). Sex differences in human thermoregulation: Relevance for 2020 and beyond. *Physiology* 35:177-184

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Baker, L.B. (2023). Hydration in physically active women. *Sports Science Exchange* Vol. 36, No. 237, 1-10, por Lourdes Mayol Soto, M.Sc.